Rapport voor D-Geo Pipeline 24.1

Ontwerp van leidinginstallatie
Ontwikkeld door Deltares

Datum van rapport:	30-9-2026
Tijd van rapport:	15:24:14
Rapport met versie:	24.1.2.1914
Berekend met versie:	24.1.2.1914
Bestandsnaam:	DRI bestand - - Tracé 4-250822.04
Projectbeschrijving:	250822.04 Rozenburgweg Malden Muddruk- en sterkte berekening 3xø110 SDR 11

1 Inhoudsopgave

1 Inhoudsopgave 2
2 Berichten 4
2.1 Berekeningswaarschuwingen 4
3 Invoergegevens 5
3.1 Algemene Invoergegevens 5
3.2 Laagscheidingen 5
3.3 PN-Lijnen 7
3.4 Freatische Lijn 7
3.5 Grondprofielen 7
3.6 Grenslagen 7
3.7 Grondeigenschappen 7
3.8 Geometrie 8
3.8.1 Geometrie Sectie, Detail 8
3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht 8
3.9 Berekenings Verticalen 9
3.10 Verkeersbelasting 9
3.11 Configuratie van de Pijpleiding 9
3.12 Materiaalgegevens van de Leiding 10
3.13 Gegevens voor Leidingberekening 10
3.14 Boorvloeistof Gegevens 11
3.15 Factoren 11
3.16 Rekenopties 11
4 Boorvloeistofdrukken 12
4.1 Boorvloeistof Gegevens 12
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk 13
4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken 14
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring 14
4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen 14
4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie 15
5 Grondmechanische Data 16
5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1 16
5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 17
5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 18
5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal 19
6 Gegevens voor Sterkteberekening 21
6.1 Algemene Gegevens 21
6.2 Ballasten Leiding 21
6.3 Trekkrachtberekening 21
7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 23
7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 23
7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 24
7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 24
7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 24
7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 24
7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 25
7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1 26
8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 27
8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 27
8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 28
8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 28
8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 28
8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 28
8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 29
8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2 30
9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 31
9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie 31
9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie 32

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen 32
9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie 32
9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk 32
9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 33
9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3 34

2 Berichten

2.1 Berekeningswaarschuwingen

De diameter van buis "1x110 SDR 11" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 SDR 11 (1)" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.
De diameter van buis "1x110 SDR 11 (2)" (Do = 110 mm) voldoet niet aan de eisen zoals gesteld in figuur C.17 van norm NEN 3650-1:2020 voor de verkeersbelasting (200 mm < Do < 1600 mm). Het programma past een diameter van 200 mm toe voor de berekening van de verkeersbelasting.

3 Invoergegevens

3.1 Algemene Invoergegevens

Gebruikt model	Horizontaal Gestuurde Boring
Eindigt aan de oppervlakte	Ja
Norm voor spannings analyse	Nederlandse norm (NEN 3650)
Abrupt zakkingsverschil	Nee

3.2 Laagscheidingen

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	-10,000	-0,022	0,866	1,372	4,864
3 - Z -	7,292	7,292	7,277	7,277	7,377
3 - L -	6,605	8,862	11,838	12,860	16,166
3 - Z -	7,358	7,474	7,375	7,425	7,204
3 - L -	16,858	17,072	20,856	22,305	24,854
3 - Z -	7,197	7,200	7,331	7,338	7,488
3 - L -	27,538	28,852	32,771	33,107	36,848
3 - Z -	7,425	7,499	7,253	7,243	7,336
3 - L -	38,004	40,846	43,237	44,844	48,470
3 - Z -	7,350	7,484	7,444	7,548	7,320
3 - L -	48,843	50,047	52,841	53,703	56,839
3 - Z -	7,326	7,256	7,273	7,289	7,457
3 - L -	58,937	60,837	64,170	64,835	66,988
3 - Z -	7,431	7,562	7,395	7,414	7,298
3 - L -	68,833	69,403	72,831	74,636	76,829
3 - Z -	7,304	7,314	7,407	7,396	7,531
3 - L -	79,869	80,200	80,831	84,052	84,158
3 - Z -	7,368	7,381	7,405	7,190	7,189
3 - L -	84,858	85,082	88,117	88,930	90,259
3 - Z -	7,178	7,180	7,262	7,283	7,274
3 - L -	92,076	93,053	95,403	96,034	97,228
3 - Z -	7,386	7,445	7,368	7,402	7,466
3 - L -	99,993	100,517	101,459	103,951	105,604
3 - Z -	7,298	7,267	7,273	7,222	7,192
3 - L -	105,752	106,612	107,910	110,110	110,669
3 - Z -	7,191	7,207	7,270	7,374	7,363
3 - L -	111,869	114,539	115,716	115,827	119,043
3 - Z -	7,448	7,635	7,569	7,571	7,622
3 - L -	119,786	120,745	122,807	123,745	125,763
3 - Z -	7,616	7,610	7,675	7,680	7,694
3 - L -	127,703	128,314	130,773	131,662	133,098
3 - Z -	7,720	7,729	7,901	7,912	7,932
3 - L -	135,620	135,776	137,988	139,579	140,776
3 - Z -	7,979	7,981	7,997	8,020	8,038
3 - L -	142,993	143,537	145,777	147,496	148,135
3 - Z -	8,051	8,060	8,096	8,108	8,113
3 - L -	150,782	151,455	153,430	155,413	155,793
3 - Z -	8,143	8,147	8,160	8,162	8,163
3 - L -	158,878	159,372	160,814	163,331	164,524
3 - Z -	8,188	8,192	8,205	8,241	8,258
3 - L -	165,848	167,289	170,374	170,898	171,248
3 - Z -	8,270	8,294	8,346	8,352	8,353
3 - L -	173,627	175,206	175,969	176,471	179,165
3 - Z -	8,367	8,360	8,357	8,352	8,317
3 - L -	181,064	182,839	183,124	186,184	187,082
3 - Z -	8,292	8,277	8,274	8,237	8,228
3 - L -	189,559	191,041	191,335	194,999	196,167
3 - Z -	8,204	8,189	8,187	8,152	8,141
3 - L -	196,524	196,671	198,958	201,749	202,917
3 - Z -	8,137	8,135	8,108	8,073	8,048
3 - L -	204,273	206,875	207,017	210,834	212,067

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - Z -	8,018	7,977	7,974	7,891	7,863
3 - L -	212,339	212,505	214,792	217,711	218,751
3 - Z -	7,850	7,835	7,701	7,522	7,547
3 - L -	221,564	222,710	223,142	225,143	226,668
3 - Z -	7,606	7,580	7,570	7,602	7,651
3 - L -	228,643	230,627	231,804	234,210	234,585
3 - Z -	7,712	7,736	7,749	7,768	7,767
3 - L -	236,553	238,544	239,864	242,503	243,900
3 - Z -	7,766	7,774	7,778	7,779	7,780
3 - L -	245,602	246,461	246,847	250,420	251,439
3 - Z -	7,790	7,801	7,806	7,862	7,877
3 - L -	254,379	256,293	257,384	258,337	259,594
3 - Z -	7,895	7,906	7,910	7,933	7,962
3 - L -	262,296	263,450	265,114	266,254	269,645
3 - Z -	8,012	8,033	8,061	8,081	8,140
3 - L -	270,213	273,426	274,172	275,996	278,130
3 - Z -	8,152	8,218	8,226	8,245	8,239
3 - L -	281,318	282,089	282,505	286,047	288,858
3 - Z -	8,229	8,236	8,240	8,262	8,279
3 - L -	289,209	290,006	293,965	296,101	297,923
3 - Z -	8,282	8,284	8,293	8,298	8,290
3 - L -	301,882	303,091	303,291	305,841	309,799
3 - Z -	8,274	8,269	8,269	8,238	8,191
3 - L -	310,735	313,758	316,425	317,716	318,512
3 - Z -	8,184	8,178	8,174	8,162	8,155
3 - L -	321,675	322,822	325,634	326,686	329,067
3 - Z -	8,171	8,177	8,187	8,191	8,184
3 - L -	329,592	333,551	334,810	335,167	335,339
3 - Z -	8,184	8,183	8,183	8,182	8,183
3 - L -	337,509	338,844	341,152	341,468	342,464
3 - Z -	8,177	8,173	8,171	8,170	8,165
3 - L -	344,578	345,427	347,017	349,385	350,507
3 - Z -	8,168	8,162	8,153	8,161	8,165
3 - L -	352,788	353,344	354,585	357,302	358,463
3 - Z -	8,162	8,164	8,170	8,159	8,155
3 - L -	361,261	362,598	364,058	365,220	365,596
3 - Z -	8,179	8,191	8,192	8,199	8,201
3 - L -	369,178	369,580	372,853	373,137	375,029
3 - Z -	8,109	8,100	8,118	8,115	8,091
3 - L -	377,095	378,088	380,421	381,054	381,905
3 - Z -	8,131	8,151	8,106	8,135	8,176
3 - L -	385,013	385,756	388,971	390,155	391,046
3 - Z -	8,148	8,142	8,266	8,313	8,317
3 - L -	392,785	396,325	398,137	401,603	406,120
3 - Z -	8,339	8,333	8,338	8,311	8,284
3 - L -	406,882	408,372	412,161	414,102	417,440
3 - Z -	8,278	8,295	8,170	8,312	8,305
3 - L -	419,090	422,719	423,959	427,998	430,067
3 - Z -	8,290	8,352	8,364	8,356	8,357
3 - L -	433,277	438,049	438,556	439,546	443,835
3 - Z -	8,335	8,361	8,357	8,370	8,348
3 - L -	446,032	449,114	454,014	454,393	455,134
3 - Z -	8,341	8,296	8,367	8,363	8,368
3 - L -	459,672	461,996	464,951	469,979	470,230
3 - Z -	8,262	8,276	8,228	8,293	8,289
3 - L -	470,721	475,509	477,961	480,788	485,944
3 - Z -	8,303	8,290	8,319	8,252	8,221
3 - L -	486,067	486,308	491,346	493,926	496,625
3 - Z -	8,218	8,220	8,153	8,151	8,117
3 - L -	501,895	507,183	509,891	512,462	517,482
3 - Z -	8,160	8,146	8,175	8,162	8,243
3 - L -	517,741	517,873	523,020	525,856	528,299
3 - Z -	8,244	8,247	8,248	8,318	8,307
3 - L -	533,069	533,578	533,838	538,857	541,821
3 - Z -	8,398	8,397	8,402	8,369	8,387

Laagscheidingnummer	Coördinaten [m]				
3 - L -	544,136	548,656	549,415	549,803	553,630
3 - Z -	8,340	8,382	8,377	8,380	8,340
3 - L -	590,000				
3 - Z -	8,340				
2 - L -	-10,000	590,000			
2 - Z -	5,600	5,600			
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	3,400	3,400			
0 - L -	-10,000	590,000			
0 - Z -	-24,416	-24,416			

3.3 PN-Lijnen

PN-lijnnummer	Coördinaten [m]				
1 - L -	-10,000	590,000			
1 - Z -	6,200	6,200			

3.4 Freatische Lijn

Piezo lijn 1 is gebruikt als freatische lijn (grondwater).

3.5 Grondprofielen

Laag nummer	Materiaalnaam	Piezo lijn op boven	Piezo lijn op onder
3	Clay, clean, moderate	1	1
2	Sand, clean, moder...	1	1
1	Sand, sl sil, moderate	1	1

3.6 Grenslagen

De grens tussen (cohesieve) ongedraineerde toplagen en onderliggende (niet-cohesieve) gedraineerde lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate
De grens tussen compressibele toplagen en de onderliggende niet-compressibele lagen ligt aan de bovenzijde van laag nummer 3: Clay, clean, moderate

3.7 Grondeigenschappen

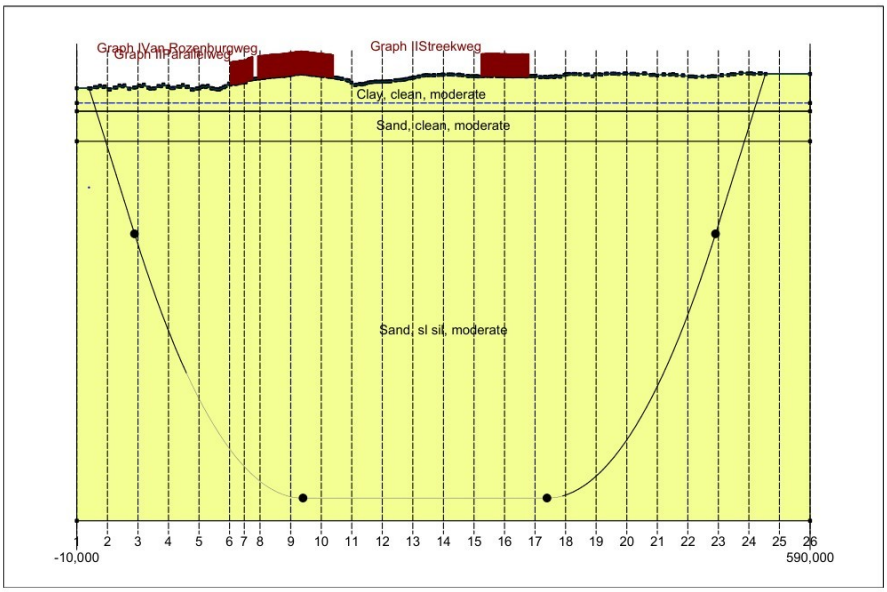
Naam	Gamma onverz [kN/m³]	Gamma verz [kN/m³]	Cohesie [kN/m²]	Phi [gr]	Su top [kN/m²]	Su onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	18,00	18,00	9,00	17,50	75,00	75,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00
Sand, ve sil, loose	18,50	20,50	0,00	27,50	0,00	0,00
Sand, sl sil, moderate	18,50	20,50	0,00	29,75	0,00	0,00
Sand, clean, moder...	18,50	20,50	0,00	33,75	0,00	0,00

Naam	Grondtype	Emod 100 [kN/m²]	Emod top [kN/m²]	Emod onder [kN/m²]
Clay, clean, moderate	-	-	3000,00	3000,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00
Sand, ve sil, loose	-	-	22500,00	22500,00
Sand, sl sil, moderate	-	-	42500,00	42500,00
Sand, clean, moder...	-	-	60000,00	60000,00

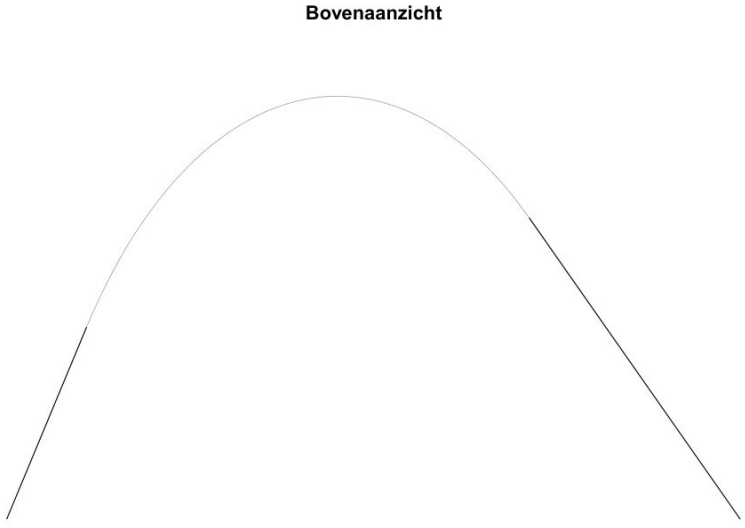
Naam	Adhesie A [kN/m²]	Delta D [gr]	Nu [-]
Clay, clean, moderate	-	-	0,45
Sand, clean, moder...	-	-	0,35
Sand, ve sil, loose	-	-	0,35
Sand, sl sil, moderate	-	-	0,35
Sand, clean, moder...	-	-	0,35

3.8 Geometrie

3.8.1 Geometrie Sectie, Detail



3.8.2 Geometrie Bovenaanzicht



3.9 Berekenings Verticalen

Verticaal nr.	L-coörd. [m]	Z-coörd. [m]
1	-10,000	n.a.
2	15,000	2,991
3	40,000	-4,169
4	65,000	-10,494
5	90,000	-15,471
6	115,000	-19,140
7	127,011	-20,447
8	140,000	-21,531
9	165,000	-22,662
10	190,000	-22,764
11	215,000	-22,764
12	240,000	-22,764
13	265,000	-22,764
14	290,000	-22,764
15	315,000	-22,764
16	340,000	-22,764
17	365,000	-22,764
18	390,000	-22,533
19	415,000	-21,147
20	440,000	-18,497
21	465,000	-14,564
22	490,000	-9,316
23	515,000	-2,717
24	540,000	4,451
25	565,000	n.a.
26	590,000	n.a.

Locaties berekenings verticalen; L is de horizontale coördinaat langs de leiding geprojecteerd op het horizontale vlak, opgehoogd met de intrede coördinaat.

3.10 Verkeersbelasting

Parallelweg		
L begin	116,00	[m]
L einde	134,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	
Van Rozenburgweg		
L begin	138,00	[m]
L einde	200,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph I	
Streekweg		
L begin	321,00	[m]
L einde	360,00	[m]
Belastingsmodel (grafiektype)	Graph II	

3.11 Configuratie van de Pijpleiding

X coördinaat linker punt	0,000	[m]
Y coördinaat linker punt	0,000	[m]
Z coördinaat linker punt	7,292	[m]
X coördinaat rechter punt	458,216	[m]
Y coördinaat rechter punt	0,000	[m]
Z coördinaat rechter punt	8,341	[m]
Hoek links	16,0000	[gr]
Hoek rechts	16,0000	[gr]
Kromtestraal links	500,000	[m]
Kromtestraal rechts	500,000	[m]
Kromtestraal rollenbaan (intrekboog)	500,000	[m]

Diepste punt van de pijpleiding (hart boortracé)	-22,764	[m]
Hoek van de pijpleiding (tussen de stralen)	0,0000	[gr]
Aantal horizontale bochten	1	

De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bocht nr.	X1-coörd. [m]	Y1-coörd. [m]	X2-coörd. [m]	Y2-coörd. [m]	Kromtestraal [m]	Richting
1	49,806	62,860	326,501	98,704	200,000	links

3.12 Materiaalgegevens van de Leiding

Invoergegevens leiding no. 1		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 2		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

Invoergegevens leiding no. 3		
Materiaal	Polyetheen	
Kwaliteit	PE100	
Elasticiteitsmodulus (kort)	975,00	[N/mm²]
Elasticiteitsmodulus (lang)	350,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (kort)	10,00	[N/mm²]
Toelaatbare spanning (lang)	8,00	[N/mm²]
Tensile factor (alfa)	0,65	[-]
Lineaire uitzettingscoëff. (alfa_g)	0,0001600	[mm/mmK]
Uitwendige diameter leiding	110,00	[mm]
Wanddikte (Nominaal)	10,00	[mm]
Volumegewicht leidingmateriaal	9,54	[kN/m³]
Ontwerpdruk	0,00	[bar]
Incidentele druk	0,00	[bar]
Temperatuur variatie	0,00	[gr C]

3.13 Gegevens voor Leidingberekening

Leiding gevuld met water op rollenbaan	Ja	
Percentage leiding gevuld met vloeistof	100	[%]
Volume gewicht vloeistof	10,00	[kN/m³]

Opleghoek	30	[gr]
Belastingshoek	30	[gr]
Relatieve verplaatsing	10,00	[mm]
Samendrukkingsconstante	6,00	[-]
Beddingsconstante boorvloeistof (Kv)	500,00	[kN/m³]
Hoek van inwendige wrijving boorvloeistof	15,00	[gr]
Wrijvingsfactor leiding-rollenbaan (f1)	0,10	[-]
Wrijvingscoefficient leiding-boorvloeistof (f2)	0,000050	[N/mm²]
Wrijvingsfactor leiding-grond (f3)	0,20	[-]

3.14 Boorvloeistof Gegevens

Uitwendige diameter boorgat pilotboring	0,270	[m]
Uitwendige diameter pilotbuis	0,127	[m]
Uitwendige diameter boorgat voorruimen	0,450	[m]
Uitwendige diameter buis voorruimen	0,127	[m]
Uitwendige diameter uiteindelijke boorgat	0,450	[m]
Uitwendige diameter leiding	0,191	[m]
Debiet tijdens pilotboring	1500,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens voorruimen	700,0000	[liter/minuut]
Debiet tijdens intrekken	750,0000	[liter/minuut]
Factor debietverlies tijdens pilotboring	0,30	[-]
Factor debietverlies tijdens voorruimen	0,20	[-]
Factor debietverlies tijdens intrekken	0,20	[-]
Volumegewicht boorvloeistof	11,1	[kN/m³]
Zwichtspanning boorvloeistof	0,014	[kN/m²]
Viscositeit boorvloeistof	0,000040	[kN.s/m²]

3.15 Factoren

(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Lang)	3,0	[-]
(Polyetheen)Veiligheidsfactor implosie (Kort)	1,5	[-]
Onzekerheidsfactor volumegewicht van materiaaltypen onder en boven freatische lijn	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor (gedraineerde) cohesie C	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor ongedraineerde schuifsterkte Su	1,40	[-]
Onzekerheidsfactor Phi	1,10	[-]
Onzekerheidsfactor E-modulus	1,25	[-]
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	2,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie) (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor testdruk (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor aanlegbelasting (Polyetheen)	1,00	[-]
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r (Polyetheen)	1,50	[-]
Belastingsfactor temperatuur (Polyetheen)	1,10	[-]
Belastingsfactor verkeersbelasting (Polyetheen)	1,35	[-]
Importantie factor (S)	1,00	[-]
Toelaatbare deflectie stalen leiding	15,00	[%]
Toelaatb. deflectie stalen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Toelaatbare deflectie polyetheen leiding	8,00	[%]
Toelaat. deflectie polyetheen leiding bij inspectie ('piggability')	5,00	[%]
Volumegewicht water	10,00	[kN/m³]
Veiligheidsfactor dekking (gedraineerde lagen)	0,50	[-]
Veiligheidsfactor dekking (ongedraineerde lagen)	0,50	[-]
Verhouding H/Do voor grens tussen ondiepe en diepe situatie	7,50	[-]

3.16 Rekenopties

Stress analyse optie : Standaard

4 Boorvloeistofdrukken

4.1 Boorvloeistof Gegevens

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken pilot [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	241	316	56	335
2	474	814	148	401
3	657	1107	232	459
4	789	1315	300	501
5	895	1484	353	529
6	932	1542	374	537
7	968	1601	392	543
8	1002	1658	418	543
9	1003	1659	431	531
10	990	1633	444	518
11	992	1638	457	506
12	1000	1652	469	493
13	1006	1663	482	480
14	1003	1657	495	468
15	1003	1657	507	455
16	1003	1658	520	442
17	1000	1655	530	427
18	965	1601	527	399
19	899	1498	511	357
20	792	1329	480	301
21	648	1099	435	229
22	456	793	374	143
23	265	340	308	50

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken voorruimen [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	250	254	51	56
2	474	803	135	148
3	657	1107	210	232
4	789	1315	270	300
5	895	1484	315	353
6	932	1542	332	374
7	968	1601	346	392
8	1002	1658	364	417
9	1003	1658	369	413
10	990	1633	374	409
11	992	1637	379	404
12	1000	1651	383	399
13	1005	1663	388	395
14	1003	1657	393	390
15	1003	1657	397	385
16	1003	1658	402	381
17	1000	1655	404	374
18	965	1600	393	354
19	899	1498	357	320
20	792	1329	301	271
21	647	1099	229	208
22	456	772	143	130
23	252	252	50	46

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
1	250	254	51	51
2	474	803	137	135

Verticaal nr.	Boorvloeistofdrukken intrekken [kN/m²]			
	Max, deformatie	Max, gronddruk	Min, links	Min, rechts
3	657	1107	213	210
4	789	1315	274	270
5	895	1484	321	315
6	932	1542	338	332
7	968	1601	353	346
8	1002	1658	372	364
9	1003	1658	379	369
10	990	1633	385	374
11	992	1637	391	379
12	1000	1651	396	383
13	1005	1663	395	388
14	1003	1657	390	393
15	1003	1657	385	396
16	1003	1658	381	390
17	1000	1655	374	382
18	965	1600	354	361
19	899	1498	320	325
20	792	1329	271	276
21	647	1099	208	211
22	456	772	130	132
23	252	252	46	46

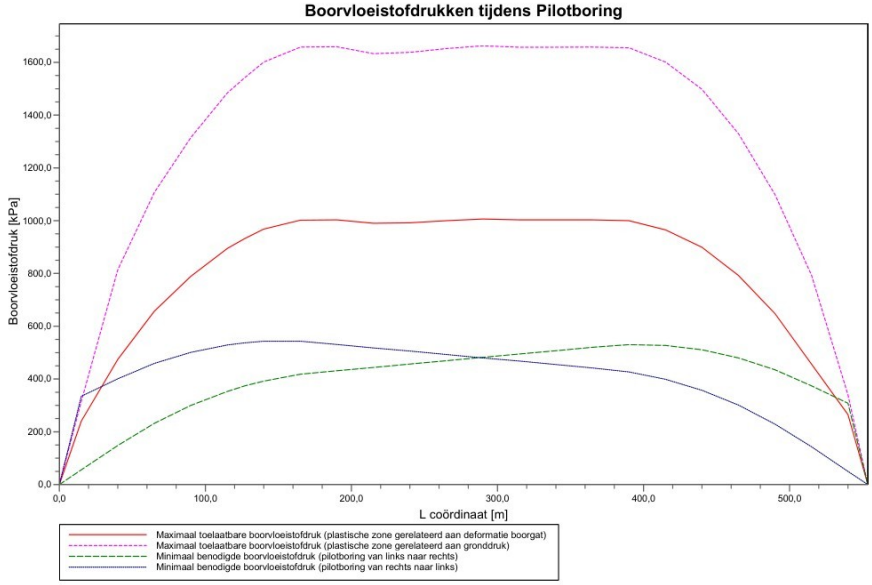
4.2 Evenwicht tussen Waterdruk en Boorvloeistofdruk

Verticaal nr.	Hydrostatische kolomdruk			
	Boorvloeistof [kN/m²]	Water [kN/m²]	Veiligheidsfactor [-]	Resultaat
1	48	32	1,49	voldoet
2	127	104	1,23	voldoet
3	198	167	1,19	voldoet
4	254	217	1,17	voldoet
5	295	253	1,17	voldoet
6	310	266	1,16	voldoet
7	322	277	1,16	voldoet
8	336	289	1,16	voldoet
9	337	290	1,16	voldoet
10	338	290	1,17	voldoet
11	339	290	1,17	voldoet
12	339	290	1,17	voldoet
13	340	290	1,17	voldoet
14	340	290	1,18	voldoet
15	341	290	1,18	voldoet
16	342	290	1,18	voldoet
17	340	287	1,18	voldoet
18	325	273	1,19	voldoet
19	296	247	1,20	voldoet
20	253	208	1,22	voldoet
21	195	155	1,26	voldoet
22	123	89	1,38	voldoet
23	43	17	2,47	voldoet

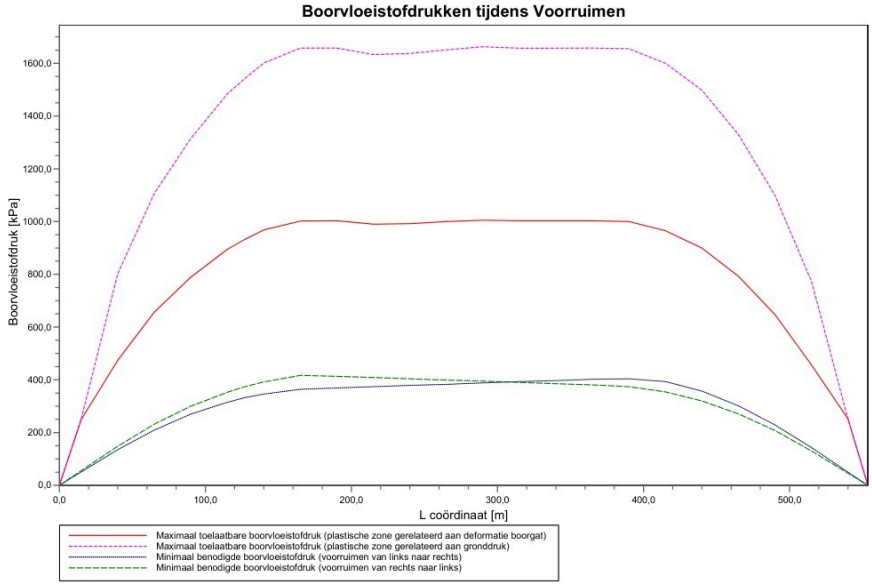
De statische boorvloeistofdruk is berekend en kan worden vergeleken met de berekende grondwater druk. De veiligheids factor wordt bepaald door de verhouding van boorvloeistofdruk en grondwater druk. Deze moet hoger zijn dan de vereiste veiligheidsfactor van 1,10

4.3 Boorvloeistofdruk Grafieken

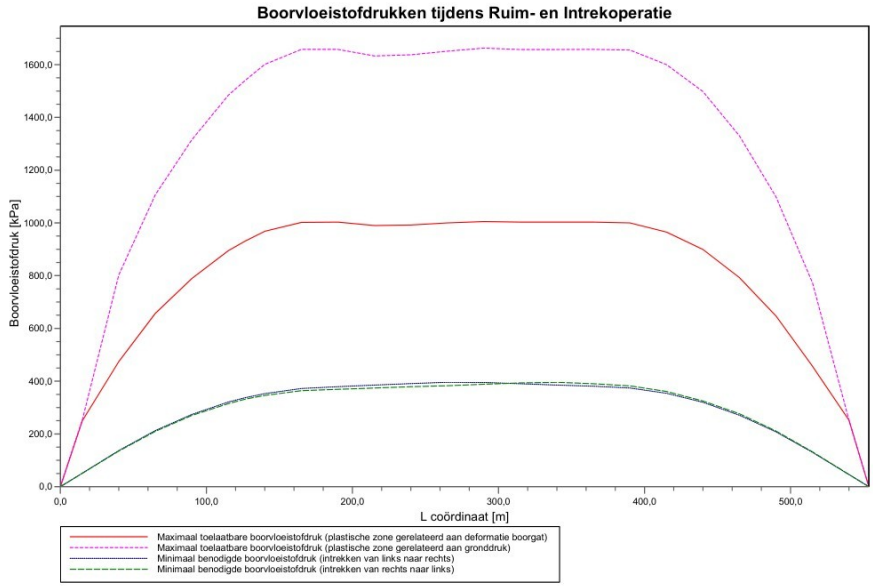
4.3.1 Boorvloeistofdrukken tijdens Pilotboring



4.3.2 Boorvloeistofdrukken tijdens Voorruimen



4.3.3 Boorvloeistofdrukken tijdens Ruim- en Intrekoperatie



5 Grondmechanische Data

5.1 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.2 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.3 Grondmechanische Parameters 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:
Merk op: veiligheidsfactoren niet toegepast.

q_v;p	Passieve grondspanning	kN/m²
q_v;n	Neutrale grondspanning	kN/m²
q_h;n	Neutrale horizontale grondspanning	kN/m²
q_v,r;n	Gereduceerde neutrale grondspanning	kN/m²
q_verkeer	Verkeersbelasting	kN/m²
q_v;e	Verticaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
q_h;e	Horizontaal evenwichtsdraagvermogen	kN/m²
k_v;bot	Verticaal beddingsgetal omlaag	kN/m³
k_v;top	Verticaal beddingsgetal omhoog	kN/m³
k_h	Horizontaal beddinggetal	kN/m³
t_max	Maximale wrijving leiding-boorvloeistof	kN/m²
d_max	Corresponderende verplaatsing bij mobilisatie maximale wrijving	mm

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
1	515	51	6	10	0	1330
2	992	129	6	9	0	3359
3	1306	195	6	9	0	5065
4	1521	245	5	8	0	6362
5	1701	289	5	9	0	7518
6	1761	305	5	9	0	7922
7	1827	322	6	9	2	8365
8	1887	338	6	9	1	8783
9	1887	338	6	9	1	8782
10	1853	329	5	9	0	8543

Verticaal nr.	q_v;p [kN/m²]	q_v;n [kN/m²]	q_h;n [kN/m²]	q_v;r;n [kN/m²]	q_verkeer [kN/m²]	q_v;e [kN/m²]
11	1859	331	5	9	0	8585
12	1878	336	6	9	0	8716
13	1893	340	6	9	0	8821
14	1885	338	6	9	0	8771
15	1885	338	6	9	0	8769
16	1887	338	6	9	0	8781
17	1885	338	6	9	0	8769
18	1831	323	6	9	0	8392
19	1728	296	6	9	0	7697
20	1553	253	6	9	0	6559
21	1313	196	6	9	0	5102
22	983	128	6	9	0	3317
23	642	56	8	12	0	2253

Verticaal nr.	q_h;e [kN/m²]	k_v;bot [kN/m³]	k_v;top [kN/m³]	k_h [kN/m³]	t_max [kN/m²]	d_max [mm]
1	515	277393	322586	194175	0,05	7,5
2	992	277393	277393	194175	0,05	7,5
3	1306	277393	277393	194175	0,05	7,5
4	1521	277393	277393	194175	0,05	7,5
5	1701	277393	277393	194175	0,05	7,5
6	1761	277393	277393	194175	0,05	7,5
7	1827	277393	277393	194175	0,05	7,5
8	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
9	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
10	1853	277393	277393	194175	0,05	7,5
11	1859	277393	277393	194175	0,05	7,5
12	1878	277393	277393	194175	0,05	7,5
13	1893	277393	277393	194175	0,05	7,5
14	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
15	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
16	1887	277393	277393	194175	0,05	7,5
17	1885	277393	277393	194175	0,05	7,5
18	1831	277393	277393	194175	0,05	7,5
19	1728	277393	277393	194175	0,05	7,5
20	1553	277393	277393	194175	0,05	7,5
21	1313	277393	277393	194175	0,05	7,5
22	983	277393	277393	194175	0,05	7,5
23	694	405931	405931	284152	0,05	7,5

Maximale grondspanning : q_v;n;max = 340 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning (incl. verkeersbelastingen) : q_verkeer;max = 12 kN/m²
Maximale gereduceerde grondspanning : q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 405931 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (veiligheidsfactor toegepast) alleen voor verticalen in diepe situatie : k_v;max = 811862 kN/m³

5.4 Young's Modulus per Laag per Verticaal

Laag nummer	Materiaalnaam	Bepalingtype
3	Clay, clean, moderate	Gebruikerswaarden
2	Sand, clean, moderate	Gebruikerswaarden
1	Sand, sl sil, moderate	Gebruikerswaarden

Laag nummer	Verticaal 1 (L=-10 m)		Verticaal 2 (L=15 m)		Verticaal 3 (L=40 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 4 (L=65 m)		Verticaal 5 (L=90 m)		Verticaal 6 (L=115 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 7 (L=127,011 m)		Verticaal 8 (L=140 m)		Verticaal 9 (L=165 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 10 (L=190 m)		Verticaal 11 (L=215 m)		Verticaal 12 (L=240 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 13 (L=265 m)		Verticaal 14 (L=290 m)		Verticaal 15 (L=315 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 16 (L=340 m)		Verticaal 17 (L=365 m)		Verticaal 18 (L=390 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 19 (L=415 m)		Verticaal 20 (L=440 m)		Verticaal 21 (L=465 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500	42,500

Laag nummer	Verticaal 22 (L=490 m)		Verticaal 23 (L=515 m)	
	E-top [MPa]	E-onder [MPa]	E-top [MPa]	E-onder [MPa]
3	3,000	3,000	3,000	3,000
2	60,000	60,000	60,000	60,000
1	42,500	42,500	42,500	42,500

6 Gegevens voor Sterkteberekening

6.1 Algemene Gegevens

Aantal leidingen in bundel	:	Npipes = 3 [-]
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Diameter leiding	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Equivalente diameter leiding	:	Do = 237,34 mm
Equivalente nominale wanddikte	:	t = 13,40 mm
Equivalente volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 218633 kN/m³
Volumegewicht boorvloeistof	:	gamma_b = 11,10 kN/m³
Kromtestraal op rollenbaan (intrekboog)	:	Rrol = 500,000 m
Wrijvingscoëfficiënt leiding/rollenbaan	:	f1 = 0,10
Wrijving tussen leiding en boorvloeistof	:	f2 = 0,000050 N/mm²
Wrijvingscoëfficiënt leiding/grond	:	f3 = 0,20

6.2 Ballasten Leiding

Het opdrijvend vermogen van de productbuis in de boorvloeistof heeft invloed op de wrijving tussen de grond en de leiding. Door het ballasten van de leiding neemt de opwaartse kracht van de leiding in de boorvloeistof af. Bij een optimaal vullingpercentage is de wrijvingskracht tussen de leiding en de wand van het boorgat minimaal

Bij een vulling percentage van 100% ontstaat het volgende resulterende gewicht.

Opwaartse kracht	:	32,26	[kg/m]	
Gewicht productbuis (inclusief vulling)	:	28,62	[kg/m]	

Resultaat	:	3,64	[kg/m]	(Leiding beweegt opwaarts)

6.3 Trekkrachtberekening

Tijdens het intrekken van de leiding door het boorgat ondervindt de buis een wrijving die is opgebouwd uit:

- wrijving tussen buis en rollenbaan (f1 = 0,10)
- wrijving tussen buis en boorvloeistof (f2 = 0,000050 [N/mm²])
- wrijving tussen buis en grond (f3 = 0,20)

Door het optreden van wrijving tijdens het intrekken ontstaat een trekkracht in de leiding.
De pijpleiding wordt van rechts naar links ingetrokken.

Bij het berekenen van de trekkrachten wordt rekening gehouden met het feit dat de lengte van de buis op de rollenbaan afneemt naarmate de doortrekoperatie vordert. Bij het berekenen van de trekkracht wordt uitgegaan van een stabiel boorgat.

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T1	0	16
T2	43	16
T3	182	20
T4	382	29
T5	522	36

Karakteristieke punten	Lengte leiding in gat (m)	Karakteristieke waarde voor de trekkracht (kN)
T6	560	36

De berekende waarden van de trekkracht zijn karakteristieke waarden waarop nog een totaalfactor voor stochastische variatie en modelonzekerheid (f) van tenminste 1.4 moet worden toegepast in de sterkte berekening, volgens art. E.1.2.1 van NEN 3650-1:2020. In de sterkteberekening (volgend hoofdstuk) is een factor van 1,80 gebruikt en een belasting factor van 1,00.

7 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

7.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0,65
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

7.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

7.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

7.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

7.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

7.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

7.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	

sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))

Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

7.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

7.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11: leiding no. 1

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

8 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

8.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0,65
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

8.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

8.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

8.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

8.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

8.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

8.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

8.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

8.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (1): leiding no. 2

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

9 Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

9.1 Materiaalgegevens van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

De volgende gegevens en uitgangspunten zijn gehanteerd voor de sterkteberekening:

Leiding materiaal	:	Polyetheen PE100
Buitendiameter	:	Do = 110,00 mm
Nominale wanddikte	:	t = 10,00 mm
Tensile factor	:	alpha_sigma = 0,65
Ontwerpdruk	:	pd = 0,00 bar
Test druk	:	pt = 0,00 bar
Temperatuur variatie	:	dt = 0,00 graden Celsius
Lengte leiding	:	L = 560 m
Elasticiteitsmodulus (kort)	:	E = 975 N/mm²
Elasticiteitsmodulus (lang)	:	E = 350 N/mm²
Toelaatbare spanning (kort)	:	S = 10 N/mm²
Toelaatbare spanning (lang)	:	S = 8 N/mm²
Importantie factor (S)	:	S = 1,00
Volumegewicht leidingmateriaal	:	gamma_s = 9,54 kN/m³
Opleghoek	:	beta = 30 graden
Belastingshoek	:	alfa = 30 graden
Momentcoëfficiënt grond top (indirect)	:	kt' = 0,078
Momentcoëfficiënt grond bodem (indirect)	:	kb' = 0,179
Momentcoëfficiënt grond top (direct)	:	kt = 0,257
Momentcoëfficiënt bodem (direct)	:	kb = 0,257
Deflectiecoëfficiënt (indirect)	:	ky' = 0,071
Deflectiecoëfficiënt (direct)	:	ky = 0,143
Maximale gereduc. vert. grondbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v;r;n;max = 12 kN/m²
Verkeersbelasting (zonder veiligheidsfactor)	:	q_v = 0 kN/m²
Maximale verticale beddingsconstante (zonder veiligheidsfactor)	:	k_v;max = 405931 kN/m³
Gebruikte straal (exclusief veiligheidsfactoren)	:	Rmin = 185,695 m
Belastingsfactor aanlegbelasting	:	f_install = 1,00
Belastingsfactor gereduc. neutr. grondspan. q_n;r	:	f_Qnr = 1,50
Belastingsfactor ontwerpdruk	:	f_pd = 1,00
Belastingsfactor ontwerpdruk (combinatie)	:	f_pd;comb = 1,00
Belastingsfactor testdruk	:	f_pt = 1,00
Belastingsfactor temperatuur	:	f_temp = 1,10
Belastingsfactor verkeersbelasting	:	f_v = 1,35
Onzekerheidsfactor kromte straal	:	f_R = 1,10
Onzekerheidsfactor beddingsconstante	:	f_kv = 2,00
Onzekerheidsfactor buigend moment	:	f_k = 1,40
Totaalfactor op trekkracht voor stoch. varia. en modelonzekerheid	:	f = 1,80
Lineaire uitzettingscoëfficiënt gemiddeld tussen t1 en t2	:	alfa_g = 0,0001600 mm/mmK

9.2 Resultaten Sterkteberekening van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Voor de berekening worden 5 belasting fasen onderscheiden:

- Belasting combinatie 1A: begin trekoperatie
- Belasting combinatie 1B: einde van trekoperatie
- Belasting combinatie 2: intern op druk brengen
- Belasting combinatie 3: bedrijfsfase, niet op druk
- Belasting combinatie 4: bedrijfsfase, op druk

De wanddikte is 10,0 mm. Hierna wordt door middel van een berekening conform NEN 3650 serie aangetoond dat deze wanddikte voldoet

9.2.1 Belasting Combinatie 1A: Begin Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rrol·Wb)	=	0,15	N/mm²

sigma_t = f·f_install·T1/A = f·f_install·(Lrol·Q·f1)/A	=	3,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	3,10	N/mm²

De tangentiele spanning is in deze fase verwaarloosbaar.

9.2.2 Belasting Combinatie 1B: Einde Trekoperatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,40	N/mm²
sigma_t = f·f_install·Tmax/A	=	6,96	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	7,22	N/mm²

Tangentiele spanning:

Belasting qr op de leiding ten gevolge van grondreactie bij bochten (volgens NEN 3650-1:2020 D.3.3):

qr = kv·y = (0.322·lambda^2·E·I)/(Do·R/f_R)

lambda = (f_kv·kv·Do/(4·E·I))^0.25	=	8,7E-3	1/mm
qr	=	0,0051	N/mm²
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,30	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	0,20	N/mm²

9.2.3 Belasting Combinatie 2: Intern op Druk Brengen

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²

9.2.4 Belasting Combinatie 3: Bedrijfstoestand in Drukloze Situatie

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²

Tangentiele spanning:

sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

9.2.5 Belasting Combinatie 4: Bedrijfstoestand met Inwendige Druk

Axiale spanning:

sigma_b = Mb/Wb = f_k·E·Ib/(Rmin·Wb)	=	0,15	N/mm²

Ten gevolge van inwendige druk:

sigma_py = f_pd·pd·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_px = 0.5·sigma_py	=	0,00	N/mm²
sigma_ptest = f_pt·pt·((ru^2 + ri^2)/(ru^2 - ri^2))	=	0,00	N/mm²
sigma_temp = dt·gamma_t·alpha_g·E	=	0,00	N/mm²
Maximale axiale spanning sigma_a;max	=	0,09	N/mm²
Tangentiele spanning:			
sigma_qr = k'·qr·(rg/Ww)·Do	=	0,18	N/mm²
sigma_qn = k·qn·(rg/Ww)·Do	=	1,58	N/mm²
'Rerounding'-factor Frr	=	1,000	
'Rerounding'-factor F'rr	=	1,000	
sigma_t;max = sigma_py + alpha_sigma·((F'rr·sigma_qr) + (Frr·sigma_qn))			
Maximale tangentiele spanning sigma_t;max	=	1,15	N/mm²

9.3 Controle van de Berekende Spanningen van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Belasting combinatie 1
- sigma_a;max < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < ShortStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 2
- sigma_ptest < ShortStrength·FactorOfImportance
- sigma_py < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 3
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Belasting combinatie 4
- sigma_a;max < LongStrength·FactorOfImportance
- sigma_t;max < LongStrength·FactorOfImportance

Voor alle spanningssituaties zijn de spanningen toelaatbaar.

	Max toelaatbare spanning [N/mm²]	Spannings combinatie 1A	Spannings combinatie 1B	Spannings combinatie 2	Spannings combinatie 3	Spannings combinatie 4
sigma_ptest	10,00 (kort)	-	-	0,00	-	-
sigma_py	8,00 (lang)	-	-	0,00	-	-
sigma_axiaal	10,00 (kort)	3,10	7,22	-	-	-
sigma_axiaal	8,00 (lang)	-	-	-	0,09	0,09
sigma_tangent	10,00 (kort)	-	0,20	-	-	-
sigma_tangent	8,00 (lang)	-	-	-	1,15	1,15

Spanningen in de leiding [N/mm²]

De deflectie van de leiding is 0,8 mm (0,82% x Dg). De maximaal toelaatbare deflectie van de leiding bij ovalisatie is 8,0 mm (8,00% x S x Dg). De deflectie is toelaatbaar.
De maximaal toelaatbare deflectie bij inspectie ('piggability') is 5,0 mm (5,00% x Dg). De deflectie is toelaatbaar.

9.4 Toetsing op Implosie van 1x110 SDR 11 (2): leiding no. 3

Tijdens het intrekken wordt de leiding belast door de heersende bentonietdruk. De hoogste minimaal benodigde druk tijdens het intrekken is gelijk aan 396 kN/m², dit is kleiner dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 1548 kN/m².

Omdat de leiding tijdens dit intrekken geheel gevuld is met vloeistof geeft dit een tegendruk van 301 kN/m². De maximaal toelaatbare druk wordt dan 1848 kN/m².

Tijdens de bedrijfstoestand wordt de leiding belast door de heersende waterdruk. De uitwendige waterdruk op de leiding is gelijk aan 290 kN/m², dit is groter dan de toelaatbare alzijdige uitwendige druk van 278 kN/m².

Einde Rapport