

Vergelijking van de uitkomsten van de
berekening van twee leidingskruisingen
volgens de huidige methode met de methode
zoals voorgesteld door de commissie van
Douwen (plasticiteitsmethode)

Centrum voor Onderzoek Waterkeringen.

Vergelijking van de uitkomsten van de berekening van twee leidingkruisingen volgens de huidige methode met de methode zoals voorgesteld door de commissie van Douwen (plasticiteitsmethode)

Voor de vergelijking van de uitkomsten van de twee methodes is gebruik gemaakt van de kruising van een 42" gasleiding en een 48" drinkwaterleiding met de Noorder Lingedijk.

Beide leidingkruisingen waren reeds volgens de huidige methode berekend.

Uit de berekeningen volgens de huidige methode blijkt, dat voor:

- de 42" gasleiding de maximale spanning optreedt bij lage waarden voor de beddingskonstanten en hoge wrijvingswaarden,
- de 48" drinkwaterleiding de maximale spanning optreedt bij lage waarden voor de beddingskonstanten en lage wrijvingswaarden.

De berekeningen volgens de voorgestelde methode zijn uitgevoerd voor:

- de 42" gasleiding met hoge waarden voor de beddingskonstanten en wrijving, en met lage waarden voor de beddingskonstanten en hoge waarden voor de wrijving.
- de 48" drinkwaterleiding met hoge waarden voor de beddingskonstanten en de wrijving, en met lage waarden voor beide grootheden.

Uit de resultaten van de berekeningen blijkt, dat maatgevend is voor:

- de 42" gasleiding, een belastingsituatie met alleen inwendige overdruk en hoge waarden voor de beddingskonstanten en de wrijving.
- de 48" drinkwaterleiding, een belastingsituatie zonder inwendige overdruk met alle uitwendige belastingen en hoge waarden voor de beddingskonstanten en de wrijving.

Vergelijking van de berekende maximale spanningen.

* De 42" gasleiding, huidige methode: De berekende maximale spanning bedraagt 2262 kgf/cm². De toelaatbare spanning bedraagt 2380 kgf/cm². De maximale spanning is 5% lager dan de toelaatbare spanning.

voorgestelde methode: De berekende maximale spanning bedraagt 3002 kgf/cm². De toelaatbare spanning bedraagt 4200 kgf/cm².

De maximale spanning is 28,5% lager dan de toelaatbare spanning.

× De 48" drinkwaterleiding, huidige methode: De berekende maximale spanning bedraagt 1678 kgf/cm². De toelaatbare spanning bedraagt 2380 kgf/cm².

De maximale spanning is 29,5% lager dan de toelaatbare spanning,

voorgestelde methode: De berekende maximale spanning bedraagt 3375 kgf/cm². De toelaatbare spanning bedraagt 4200 kgf/cm².

De maximale spanning is 19,6% lager dan de toelaatbare spanning

Overzicht van de berekende belastingcombinaties.

Belastingcombinatie	Gas	42"	D.W.L.	48"
Inwendige Overdruk	H 65 P	H/L 71 P	H 68 P	L 74 P
Alle belastingen zonder inwendige overdruk	H 64 P	H/L 70 P	H 67 P	L 73 P
Alle belastingen met variërende inw. overdruk	H 63 P	H/L 69 P	H 66 P	L 72 P

De schadefactor voor deze kruising is vastgesteld op 0,85.

De belastingfactoren worden voor: (alle waarden hoog)

de maximale waarde van de te verwachten zettingen: $1,3 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 2,29$

de uitvoeringsverzakkingen: $1,5 \cdot 1/0,85 = 1,76$

de gemiddelde horizontale en verticale

beddingskonstante en de gemiddelde wrijving: $1,4 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 2,46$

het gemiddeld evenwichtsdraagvermogen en de

gemiddelde horizontale passieve weerstand : $1,5 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 2,64$

de gemiddelde passieve gronddruk : $1,3 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 2,29$

de gemiddelde neutrale gronddruk: $1,1 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 1,94$

de verkeersbelasting: $1,5 \cdot 1/0,85 = 1,76$

de belastingfaktor voor variërende inwendige overdruk :

$$\left. \begin{array}{l} \gamma'_0 = 0,4 (\gamma_0 - 1) + 1 \\ \gamma_0 = 3/2 \cdot 1/0,85 = 1,76 \end{array} \right\} \gamma'_0 = 1,304$$

De belastingfactoren voor de lage waarden worden:

de gemiddelde horizontale en verticale beddingskonstante en gemiddelde wrijving:
 $1/1,4 \cdot 1,5 \cdot 1/0,85 = 1,26$

De inwendige belastingen zijn voor de 42" gasleiding:

Inwendige overdruk plus drukstoot = $67,5 + 2,5 = 70$ ato.

Variërende inwendige overdruk: $1,304 \cdot 70 = 91,28$ ato.

Inwendige overdruk: $1,2 \cdot 1/0,85 \cdot 4200 \cdot 2,482/104,198 = 141$ ato.

De inwendige belastingen zijn voor de 48" gasleiding:

Voor de huidige methode is gehanteerd:

een bedrijfsdruk van 7,3 ato.

P Ontw 1 = P bedrijf + P drukstoot = 10 ato.

P ontw. 2. = 11 kgf/cm² (relatieve sterkte)

Volgens de voorgestelde methode wordt de:

Variërende inwendige overdruk : $1,304 \times 10 = 13,04$ ato.

Inwendige overdruk: $1,5 \times 1/0,85 \times 11 = 19,4$ kgf/cm².

Noorder Lingedijk, 42" GAS

Maximale spanningen

Vloegrens : 4200 kgf/cm²

Breukgrens : 5600 kgf/cm²

De toelaatbare spanning bedraagt: $0,85 \times \frac{2}{3} \times 4200 = 2380$ kgf/cm²

punt no.	σ_x	σ_y	$\sigma_{\text{vergelijk}}$
	Alle waarden hoog		
101	1104	2060	1902
102	1202	2197	2003
103	1000	1983	1802
126	1251	2006	1754
	Alle waarden hoog, lage wrijvingswaarde		
101	1273	2127	2032
102	1365	2138	2034
103	1191	2063	1947
126	1358	2016	1781
	Alle waarden hoog, lage beddingskonstanten		
101	1087	2081	1900
102	1205	2262	2042
103	1005	2022	1824
126	1269	1942	1708
	Alle waarden laag (lage beddingskonstanten) (lage wrijvingswaarde.)		
101	1290	2180	2060
102	1401	2224	2092
103	1230	2135	1999
126	1387	1949	1756

Spanningen in kgf/cm².

Noorder Lingedijk, 42" GAS

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk GAS alle waarden hoog

punt no.	huidige methode		alle belastingen met variërende inw. overdruk		alle belastingen zonder inw. overdruk		Inwendige overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normsp.	maxi vergelijksp.
79	1854	1606	2362	2046				
82	1698	1542	2299	2082	- 1043	1050	2582	2305
83	1702	1543	2310	2096	- 1115	1073	2575	2295
98	1726	1636	2122	2161	- 1032	1196	2532	2234
101	1671	1560	2004	1976	- 771	896	2554	2259
102	1716	1579	2031	1914	- 599	608	2963	2597
103	1594	1459	1888	1783	- 469	537	2563	2271
106	1440	1268	1634	1433			2566	2278
120	1944	1918	2703	2821	- 1751	2065	2580	2299
124	1873	1744	2501	2332	- 1382	1435	2610	2348
126	1906	1672	2462	2150	- 1035	1020	2998	2629

Spanningen in kgf/cm²

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm².

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm²

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm².

geen verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk, 42" GAS

Vergelijking berekening volgens de plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk GAS, alle waarden hoog

Punt no.	huidige methode		alle belastingen met variërende inw. druk		alle belastingen zonder inw. druk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
101	2060	1902	2657	2673	- 1649	1725
102	2197	2003	2822	2611	- 1872	1944
103	1983	1802	2541	2360	- 1412	1391

Spanningen in kgf/cm².

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm²

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm²

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm²

er is verkeersbelasting in rekening gebracht.

(de spanningstoename t.g.v. de verkeersbelasting is bepaald uit de berekeningen 69 P en 70 P en vervolgens opgeteld bij de spanningen zonder verkeersbelasting van de berekeningen 63 P en 64 P).

Noorder Lingedijk, 42" GAS.

maximale spanningen.

Berekening volgens voorstel voor de inpassing van de berekeningsmethode volgens de plasticiteitsleer in de T.A.W.- leidraden.

Vloegrens : 4200 kgf/cm².

Breukgrens : 5600 kgf/cm².

Alle waarden hoog.

punt no.	σ_x	σ_y	$\sigma_{\text{vergelijk}}$
Alle belastingen met variërende inw. overdruk 63 P			
101	1448	2657	2673
102	1503	2827	2611
119	2153	2666	2831
120	2152	2703	2821
121	2093	2689	2751
Alle belastingen zonder inwendige overdruk : 64 P			
101	- 1071	- 1649	1725
102	- 1079	- 1872	1944
116	- 1370	448	1610
117	- 1638	635	1644
120	- 1721	- 1751	2065
Inwendige Overdruk 65 P			
102	1741	2963	2597
125	1715	3002	2635
126	1673	2998	2629

Spanningen in kgf/m²

Noorder Lingedijk, 42" Gas.

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk GAS.

lage beddingskonstanten, hoge wrijving

punt no.	huidige methode		alle belastingen met variërende inw. overdruk		alle belastingen zonder inw. overdruk		Inwendige overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
79	1813	1572	2261	1959	- 686	625	2969	2594
82	1623	1478	2108	1914	- 844	828	2559	2274
83	1622	1475	2111	1918	- 854	837	2551	2263
87	1853	1606	2313	2008	- 786	707	2975	2576
98	1732	1613	2144	2081	- 839	1044	2543	2247
101	1692	1557	2045	1933	651	782	2566	2276
102	1781	1616	2085	1934	- 448	597	2950	2597
103	1633	1480	1918	1759	442	498	2574	2286
106	1513	1332	1673	1460	- 220	218	2570	2285
109	1771	1534	2056	1862	- 720	746	2940	2583
120	1845	1784	2484	2522	- 1447	1695	2554	2265
121	1847	1781	2475	2485	- 1410	1616	2577	2297
124	1801	1690	2351	2225	- 1191	1289	2589	2318
126	1842	1627	2307	2043	- 768	863	2974	2615

Spanningen in kgf/cm².

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm².

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm²

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm²

geen verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk, 42" GAS

Vergelijking berekening volgens de plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk GAS. lage beddingskonstanten hoge wrijving

punt no.	huidige methode		alle belastingen met variërende inw. overdruk		alle belastingen zonder inw. overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
79	1946	1686	2479	2147	- 1127	1016
101	2081	1900	2698	2505	- 1652	1611
102	2262	2042	2876	2631	2046	1933
103	2022	1824	2571	2336	1443	1352
126	1942	1708	2471	2176	- 1099	1134

Spanningen in kgf/cm^2 .

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm^2 .

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm^2 .

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm^2

er is verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk, 42" GAS.

Maximale spanningen

Berekening volgens voorstel voor de inpassing van de berekeningsmethode volgens de plasticiteitsleer in de T.A.W.- leidraden.

Vloeigrens: 4200 kgf/cm²

Breukgrens: 5600 kgf/cm².

Lage beddingskonstanten, hoge wrijving.

punt no.	σ_x	σ_y	σ vergelijk
	Alle belastingen met variërende inw. overdruk : 69 P		
101	1385	2698	2505
102	1476	2876	2631
103	1206	2571	2336
120	1927	2484	2522
121	1900	2475	2485
	Alle belastingen zonder inwendige overdruk : 70 P		
101	- 907	- 1652	1611
102	- 978	2046	1933
120	- 1396	- 1447	1695
121	- 1324	- 1410	1615
124	- 964	- 1191	1289
	Inwendige Overdruk : 71 P		
79	1620	2969	2594
87	1496	2975	2576
118	1561	2989	2589
126	1688	2974	2615
127	1649	2969	2608

Spanningen in kgf/m²

Noorder Lingedijk 48" D.W.L.

Maximale spanningen

Vloegrens : 4200 kgf/cm².

Breukgrens : 5600 kgf/cm².

De toelaatbare spanning bedraagt : $0,85 \times 2/3 \times 4200 = 2380 \text{ kgf/cm}^2$.

punt no.	σ_x	σ_y	σ vergelijk
21	535	1436	1257
39	662	1600	1529
64	650	1512	1314
Alle waarden hoog, lage wrijvingswaarde			
39	677	1593	1532
40	647	1561	1492
64	652	1509	1311
Alle waarden hoog, lage beddingskonstanten			
21	558	1333	1160
39	614	1600	1496
64	700	1405	1217
Alle waarden laag, lage beddingskonstanten, (lage wrijvingswaarde)			
21	626	1344	1165
39	734	1678	1609
64	739	1407	1219
Alle waarden laag zonder inwendige overdruk			
21	429	1411	1253
39	559	1393	1274
64	597	1540	1340

Spanningen in kgf/cm².

Noorder Lingedijk, 48" D.W.L.

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk. D.W.L.

Alle waarden hoog

punt no.	huidige methode		Alle belastingen met variërende inw. overdruk		Alle belastingen zonder inw. overdruk		Inwendige Overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
21	1110	969	1887	1679	- 2252	2018	657	569
25	913	791	1665	1444	- 1567	1447	447	394
36	822	860	1190	1380	1042	1277	434	380
38	865	911	1268	1490	1122	1383	442	388
39	845	884	1230	1441	1076	1325	444	390
45	378	328	304	377	- 305	302	449	396
46	289	276	480	567	- 534	539	447	394
47	293	354	654	838	- 777	813	443	390
56	1259	1272	2316	2418	- 2326	2479	438	384
61	1095	956	1912	1661	- 1845	1791	459	408
64	1186	1028	2049	1802	- 2510	2225	655	567

Spanningen in kgf/cm².

de toelaatbare spanningen volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm².

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm².

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm².

er is geen verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk. 48" D.W.L.

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk D.W.L. alle waarden hoog.

punt no.	huidige methode		Alle belastingen met variërende inw. overdruk		Alle belastingen zonder inw. overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
21	1436	1257	2429	2161	- 3117	2786
25	1080	936	1953	1696	- 1898	1739
39	1600	1529	2535	2517	2575	2552
45	1134	996	1555	1366	1445	1304
64	1512	1314	2591	2284	- 3375	2994

Spanningen in kgf/cm^2 .

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm^2 .

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm^2 .

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm^2 .

Er is verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk, 48" D.W.L.

Maximale spanningen.

Berekening volgens voorstel voor de inpassing van de berekeningsmethode volgens de plasticiteitsleer in de TAW - leidraden.

Vloegrens : 4200 kgf/cm^2 .

Breukgrens : 5600 kgf/cm^2 .

Alle waarden hoog.

punt no.	σ_x	σ_y	σ vergelijk
	Alle belastingen met variërende inw. overdruk 66 P		
21	722	2429	2161
39	- 1323	2535	2517
56	1729	2316	2418
64	872	2591	2284
	Alle belastingen zonder inwendige overdruk 67 P		
21	- 1058	- 3117	2786
39	- 1499	2575	2552
56	- 1893	- 2326	2479
64	- 1038	- 3375	2994
	Inwendige Overdruk 68 P		
21	333	657	569
54	312	668	579
55	328	671	581
64	328	655	567

Spanningen in kgf/m^2

Noorder Lingedijk 48" D.W.L.

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk D.W.L.
alle waarden laag.

punt no.	huidige methode		Alle belastingen met variërende inw. overdruk		Alle belastingen zonder inwendige overdruk		Inwendige Overdruk	
	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.	maxi normaalsp.	maxi vergelijksp.
21	1018	882	1605	1411	- 1829	1626	343	563
25	885	777	1294	1121	- 1145	1060	449	396
27	793	687	1154	1003	- 994	903	436	383
28	584	507	895	787	- 722	640	401	347
29	1145	1009	1705	1525	- 1982	1783	652	564
36	876	904	1186	1241	- 1027	1116	442	389
38	931	974	1251	1323	- 1094	1193	453	400
39	922	964	1225	1290	- 1060	1151	457	404
56	1142	1111	1967	1972	- 1932	2048	442	388
61	1037	951	1667	1475	- 1562	1562	465	415
62	1140	1010	1931	1685	- 2334	2221	655	569
64	1081	942	1796	1556	- 2134	1952	650	565

Spanningen in kgf/cm^2 .

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm^2 .

de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm^2 .

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm^2 .

er is geen verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk 48" D.W.L.

Vergelijking berekening volgens plasticiteitsmethode met huidige methode voor Noorder Lingedijk D.W.L. alle waarden laag.

punt no.	huidige methode		Alle belastingen zonder variërend inw, overdruk		Alle belastingen zonder inw. overdruk	
	max normsp.	max vergelijksp.	max normaalsp.	max vergelijksp.	max normaalsp.	max vergelijksp.
21	1344	1165	2147	1893	- 2694	2394
25	1051	911	1582	1373	- 1476	1352
39	1678	1609	2530	2406	- 2560	2428
64	1407	1219	2338	2030	- 2999	2719

Spanningen in kgf/cm^2 .

de toelaatbare spanning volgens de huidige methode bedraagt 2380 kgf/cm^2 .
de vloeigrens bedraagt 4200 kgf/cm^2 .

de breukgrens bedraagt 5600 kgf/cm^2 .

er is verkeersbelasting in rekening gebracht.

Noorder Lingedijk, 48" D.W.L.

Maximale spanningen.

Berekening volgens voorstel voor de inpassing van de berekeningsmethode volgens de plasticiteitsleer in de T.A.W.-leidraden.

Vloegrens : 4200 kgf/cm².

Breukgrens : 5600 kgf/cm².

Alle waarden laag.

punt no.	σ_x	σ_y	$\sigma_{\text{vergelijk}}$
	Alle belastingen met variërende inw. overdruk		72 P.
21	721	2147	1893
39	- 1088	2530	2406
40	- 1027	2480	2343
64	- 1029	2338	2030
	Alle belastingen zonder inwendige overdruk		73 P.
21	- 847	- 2694	2394
39	- 1253	- 2560	2428
40	- 1185	- 2499	2355
64	1100	- 2999	2719
	Inwendige Overdruk		74 P.
29	319	652	564
54	317	660	572
55	334	662	573
62	365	655	569

Spanningen in kgf/m²