

Paalpuntniveau

In de tabel worden per sondering de paalpuntniveaus gegeven waarvoor de draagkracht is berekend.

Tabel 1. Paalpuntniveau

Sondering nr.	Hoogte maaiveld ¹⁾ [m tov NAP]	Paalpuntniveau [m tov NAP]
DKM-4	0,92	-7,0 tot -8,0
DKM-5	1,00	-7,0 tot -8,0

1) Niveau ten tijde van onderzoek

Rekenwaarde maximum draagkracht in kN per sondering
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**

Paalklassefactor punt	: $\alpha_p = 0,63$	Bouwwerk	: niet stijf
Paalvoetvormfactor	: $\beta = 1,0$	Aantal sonderingen	: $N = 1$
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor	: $s = 1,0$	ξ -factor	: $\xi_3 = 1,39$; $\xi_4 = 1,39$
Paalklassefactor schacht	: $\alpha_s = 0,008$	Materiaalfactor	: $\gamma_b = \gamma_s = 1,20$
		Belastingsfactor neg.kleef	: $\gamma_{f, nk} = 1,0$

Paalafmeting : **0,200/0,200/0,200 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	126	6,8	213	50	158	32
		-7,50	160	7,4	232	88	192	32
		-8,00	172	6,8	215	126	204	32
DKM-5	1,00	-7,00	119	6,4	200	47	148	29
		-7,50	161	7,4	232	84	190	29
		-8,00	169	6,6	209	121	198	29

Paalafmeting : **0,250/0,250/0,250 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	187	6,4	315	63	227	40
		-7,50	222	6,7	327	110	262	40
		-8,00	237	6,2	304	157	276	40
DKM-5	1,00	-7,00	177	6,1	297	59	213	36
		-7,50	223	6,7	328	105	259	36
		-8,00	245	6,5	318	152	281	36

Paalafmeting : **0,300/0,300/0,300 m**

Sonderingen	Hoogte m.v. [m tov NAP]	Paalpunt [m tov NAP]	$R_{c;dnetto}$ [kN]	$q_{b,max}$ [MPa]	$R_{b;cal}$ [kN]	$R_{s;cal}$ [kN]	$R_{c;d}$ [kN]	$F_{nk;d}^*$ [kN]
DKM-4	0,92	-7,00	262	6,2	441	76	310	48
		-7,50	288	6,1	429	132	336	48
		-8,00	311	5,8	411	188	359	48
DKM-5	1,00	-7,00	248	5,9	416	70	292	44
		-7,50	288	6,1	428	126	332	44
		-8,00	326	6,2	435	182	370	44

* Negatieve kleef bepaald voor alleenstaande paal, aan de rand van groep, in één rij en in groep met $D > \sqrt{(10 \times d \times h)}$

Toelichting

Maximum puntweerstand	: $q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem})$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum draagkracht punt	: $R_{b;cal} = A_b * q_{b,max}$	[par. 7.6.2.3(e)]
Maximum schachtwrijvingskracht	: $R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a}$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde maximum draagkracht	: $R_{c;d} = (R_{b;cal} / \xi) / \gamma_b + (R_{s;cal} / \xi) / \gamma_s$	[par. 7.6.2.3]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d} = F_{nk} * \gamma_{f,nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde netto draagkracht	: $R_{c;dnetto} = R_{c;d} - F_{nk;d}$	[par. 7.6.2.3]

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

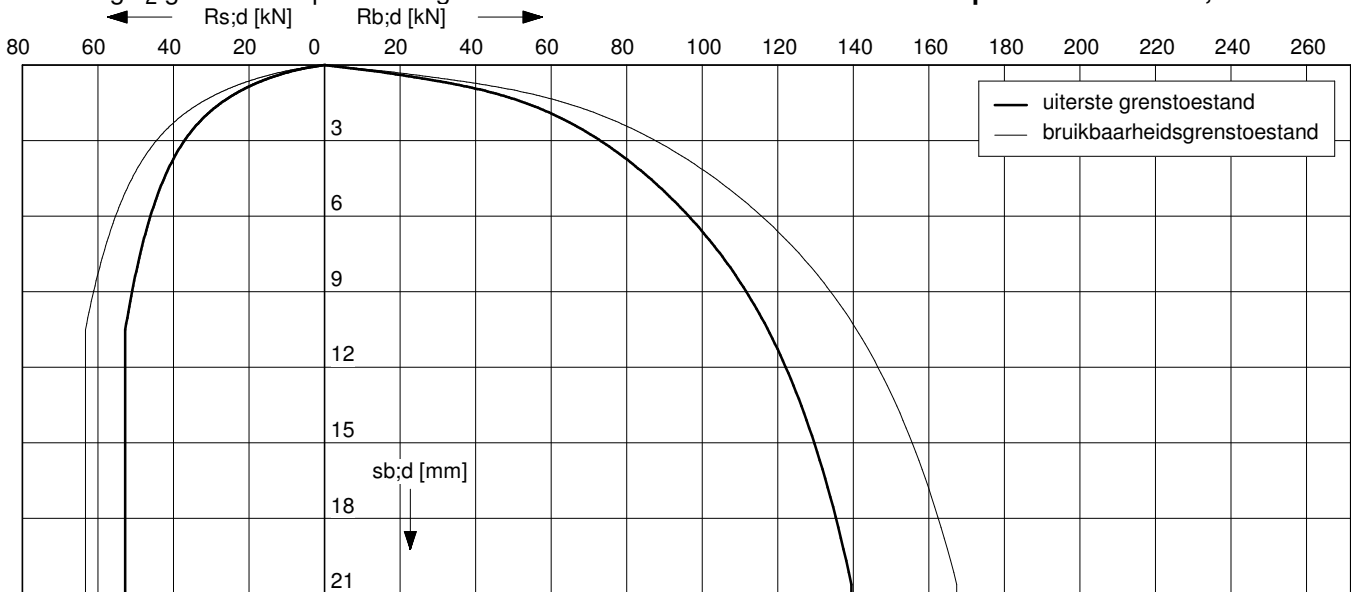
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

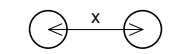


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$S_{b;d}$ [mm]	$S_{el;d}$ [mm]	$S_{1;d}$ [mm]	$S_{2;d}$ [mm]	S_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
160	32	192	20,1	2,7	22,9	3,1	26,0	19
144	32	176	12,2	2,5	14,7	2,9	17,6	21
128	32	160	8,5	2,3	10,8	2,6	13,4	23
112	32	144	6,2	2,0	8,2	2,3	10,5	25
96	32	128	4,4	1,8	6,2	2,1	8,3	27
80	32	112	3,1	1,6	4,7	1,8	6,5	29
64	32	96	2,2	1,4	3,5	1,6	5,1	31
48	32	80	1,5	1,1	2,6	1,3	3,9	32
32	32	64	1,0	0,9	1,9	1,0	3,0	34
16	32	48	0,7	0,7	1,3	0,8	2,1	35

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	S_b [mm]	S_{el} [mm]	S_1 [mm]	S_2 [mm]	S [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
123	32	155	4,5	1,8	6,4	2,5	8,9	24
111	32	143	3,6	1,7	5,3	2,3	7,6	27
99	32	130	2,9	1,5	4,4	2,1	6,5	30
86	32	118	2,3	1,4	3,7	1,9	5,6	32
74	32	106	1,8	1,2	3,0	1,7	4,7	35
62	32	94	1,4	1,1	2,5	1,5	4,0	38
49	32	81	1,1	0,9	2,0	1,3	3,4	40
37	32	69	0,8	0,8	1,6	1,1	2,8	42
25	32	57	0,6	0,7	1,3	0,9	2,2	44
12	32	44	0,5	0,5	1,0	0,7	1,7	45

Toelichting

- Paalbelasting : F_c [par. 7.7.1]
- Rekenwaarde negatieve kleef : $F_{nk;d}$ [par. 7.3.2.2]
- Netto paalbelasting : $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$ [par. 7.3.2.2]
- Rekenwaarde zakking boveinde paal : $S_{1;d} = S_{punt;d} + S_{el;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde samendrukking diepere lagen : $S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Rekenwaarde paalkopzakking : $S_d = S_{1;d} + S_{2;d}$ [par. 7.6.4.2]
- Representatieve statische secant veercoëfficiënt : $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / S_1$
- : $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (S_1 + S_2)$

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

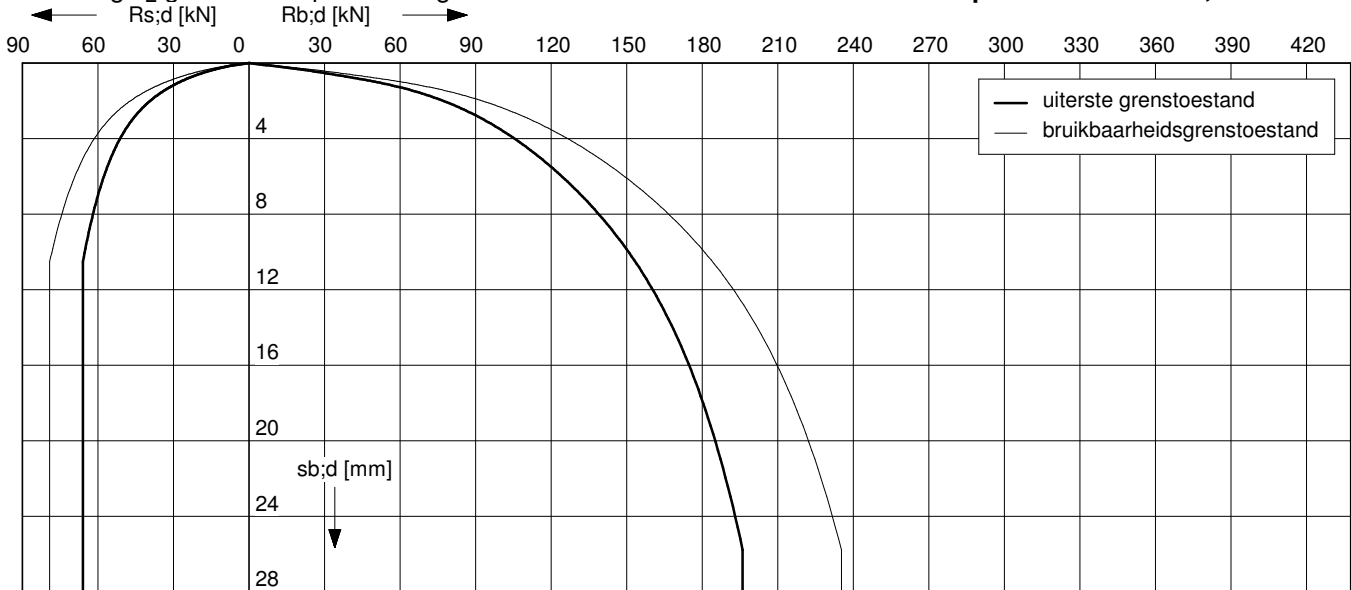
Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,250/0,250/0,250 m

Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

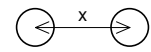


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
222	40	262	25,2	2,4	27,5	3,1	30,7	23
200	40	240	15,3	2,2	17,5	2,9	20,3	26
178	40	217	10,0	2,0	12,0	2,6	14,6	29
155	40	195	7,3	1,8	9,1	2,3	11,4	32
133	40	173	5,2	1,6	6,8	2,1	8,8	35
111	40	151	3,5	1,4	4,9	1,8	6,7	38
89	40	129	2,4	1,2	3,6	1,5	5,1	40
67	40	107	1,7	1,0	2,6	1,3	3,9	43
44	40	84	1,1	0,8	1,9	1,0	2,9	44
22	40	62	0,7	0,6	1,3	0,7	2,0	47

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
2-paalspoer



hoh-afstand x : 3D

Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
171	40	211	5,3	1,6	6,9	2,5	9,4	30
154	40	194	4,2	1,4	5,7	2,3	8,0	34
137	40	176	3,4	1,3	4,7	2,1	6,8	38
119	40	159	2,7	1,2	3,9	1,9	5,8	41
102	40	142	2,1	1,1	3,1	1,7	4,8	45
85	40	125	1,6	0,9	2,6	1,5	4,1	49
68	40	108	1,3	0,8	2,1	1,3	3,4	52
51	40	91	1,0	0,7	1,6	1,1	2,7	55
34	40	74	0,7	0,6	1,3	0,9	2,2	58
17	40	57	0,5	0,4	0,9	0,7	1,6	61

Toelichting

Paalbelasting	:	F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	:	$F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	:	$F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	:	$s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	:	$s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	:	$s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	:	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	:	$k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

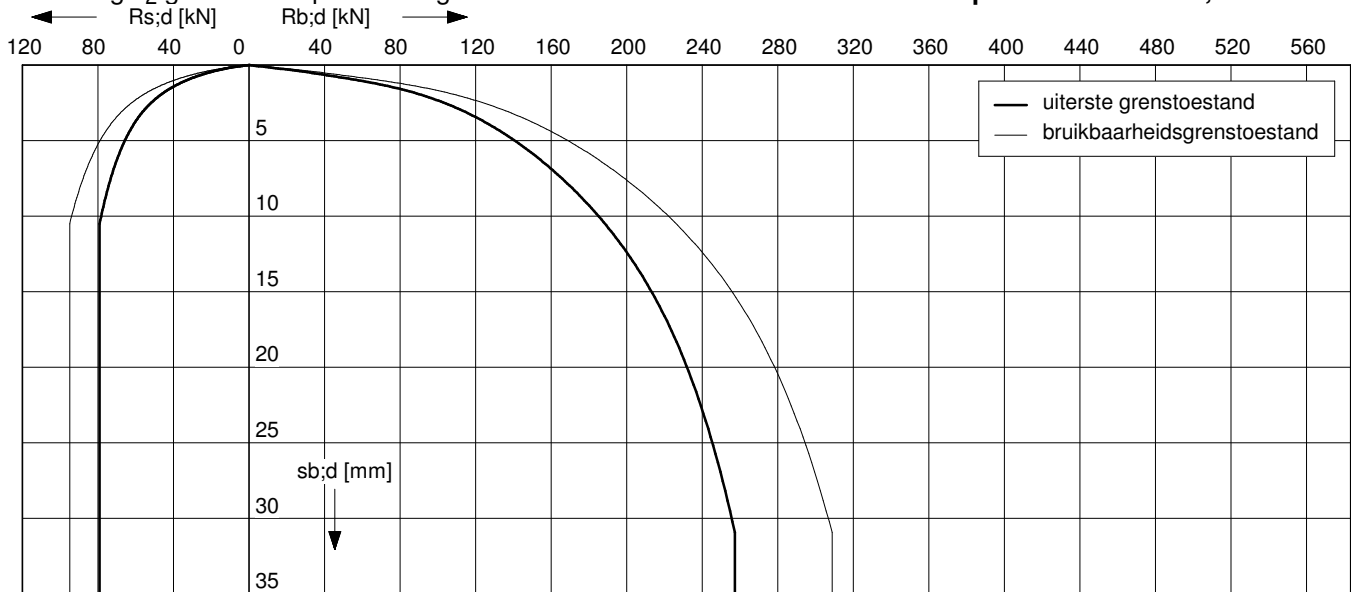
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : Schroefinjectiepaal

Sonderingen: DKM-4

Berekening s_2 gebaseerd op sondering DKM-4

Paalafmeting : 0,300/0,300/0,300 m
 Paalpuntniveau : -7,50 m tov NAP

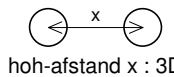


Uiterste grenstoestand

$F_{c;d,netto}$ [kN]	$F_{nk;d}$ [kN]	$F_{c;d}$ [kN]	$s_{b;d}$ [mm]	$s_{el;d}$ [mm]	$s_{1;d}$ [mm]	$s_{2;d}$ [mm]	s_d [mm]	$k_{v;d}$ paal vrijstaand [kN/mm]
288	48	336	30,2	2,1	32,3	3,2	35,5	27
259	48	307	18,7	1,9	20,6	2,9	23,6	30
231	48	279	12,1	1,8	13,8	2,7	16,5	34
202	48	250	8,4	1,6	10,0	2,4	12,3	38
173	48	221	5,9	1,4	7,3	2,1	9,4	43
144	48	192	4,1	1,2	5,4	1,8	7,2	47
115	48	163	2,7	1,0	3,8	1,6	5,3	50
87	48	134	1,9	0,8	2,7	1,3	4,0	53
58	48	106	1,2	0,7	1,9	1,0	2,9	55
29	48	77	0,8	0,5	1,3	0,7	2,0	58

Configuratie paalgroep

voor bepaling s_2
 2-paalspoer



Bruikbaarheidsgrenstoestand

$F_{c;netto}$ [kN]	F_{nk} [kN]	$F_{c;rep}$ [kN]	s_b [mm]	s_{el} [mm]	s_1 [mm]	s_2 [mm]	s [mm]	$k_{v;rep}$ paal vrijstaand [kN/mm]
222	48	270	6,2	1,4	7,6	2,6	10,1	36
200	48	247	5,0	1,3	6,3	2,4	8,6	40
177	48	225	3,9	1,2	5,0	2,2	7,2	45
155	48	203	3,0	1,1	4,1	1,9	6,0	50
133	48	181	2,3	0,9	3,2	1,7	5,0	56
111	48	159	1,8	0,8	2,6	1,5	4,1	61
89	48	137	1,4	0,7	2,1	1,3	3,4	65
67	48	114	1,1	0,6	1,7	1,1	2,8	68
44	48	92	0,8	0,5	1,3	0,9	2,2	72
22	48	70	0,6	0,4	0,9	0,7	1,6	76

Toelichting

Paalbelasting	: F_c	[par. 7.7.1]
Rekenwaarde negatieve kleef	: $F_{nk;d}$	[par. 7.3.2.2]
Netto paalbelasting	: $F_{c;netto} = F_c - F_{nk}$	[par. 7.3.2.2]
Rekenwaarde zakking boveinde paal	: $s_{1;d} = s_{punt;d} + s_{el;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde samendrukking diepere lagen	: $s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Rekenwaarde paalkopzakking	: $s_d = s_{1;d} + s_{2;d}$	[par. 7.6.4.2]
Representatieve statische secant veercoëfficiënt	: $k_{v;rep}$ paal vrijstaand = $F_{c;rep} / s_1$	
	: $k_{v;rep}$ paal in groep = $F_{c;rep} / (s_1 + s_2)$	

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Correctie conusweerstand bij ontgraving

Geen ontgraving, geen correctie van de conusweerstand.

Berekening maximum puntweerstand

$$q_{b,max} = 0,5 * \alpha_p * \beta * s * (0,5[q_{c,I;gem} + q_{c,II;gem}] + q_{c,III;gem}) \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Paalklassefactor : $\alpha_p = 0,63$ (f)
Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
Paalvoetdwarsdoorsnedefactor : $s = 1,0$ (h)

$$q_{b,max} = 7,4 \text{ MPa}$$

Berekening maximum schachtwrijving

$$R_{s;cal} = O_p * \Delta L * \alpha_s * q_{c;z;a} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

Startdiepte schachtwrijving : -5,8 m tov NAP
paalklassefactor : $\alpha_s = 0,008$ [tabel 7.d]
 O_p : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
 ΔL : traject schachtwrijving

diepte [m tov NAP]	$q_{c;z;a}$ [MPa]	O_p [m]	ΔL [m]	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-6,00	5,0	0,63	0,2	5	5
-6,50	7,6	0,63	0,5	19	24
-7,00	10,5	0,63	0,5	26	50
-7,50	14,9	0,63	0,5	37	88

Berekening maximum draagkracht

$$R_{c;cal} = A_b * q_{b,max} + R_{s;cal} \quad [\text{par. 7.6.2.3(e)}]$$

$$\text{Oppervlakte paalpunt} : A_b = 0,0314 \text{ m}^2$$

$$R_{c;cal} = 232 + 88 = 320 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering DKM-4
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN 9997 - 1 + C2 : 2017)

Paaltype : **Schroefinjectiepaal**
 Paalpuntniveau : -7,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,200/0,200/0,200 m

Berekening negatieve kleef, geen groepswerking

De representatieve waarde van de totale belasting ten gevolge van negatieve kleef ($F_{nk;rep}$) moet zijn bepaald met de formule:

$$F_{nk;rep} = O_s * \sum h_j * K_{0;j;rep} * \tan \delta_j * \frac{\sigma'_{v;j-1;rep} + \sigma'_{v;j;rep}}{2}$$

[par. 7.3.2.2(d)]

Dit geldt voor:

- alleenstaande palen;
- palen in één rij of aan de rand van een paalgroep;
- palen binnen een paalgroep waarbij de hart-op-hart afstand van de palen (D) voldoet aan:

$$D > \sqrt{10 \times d \times h}$$

waarin:

d is de middellijn van de paalschacht, of de equivalente middellijn van de paalschachten van de groep, in m.

h is de dikte van de laag of lagen waarin de negatieve kleef werkt, in m.

Uitgangspunten

- Toekomstig maaiveld : 1,00 m tov NAP
- Huidig maaiveld : 0,92 m tov NAP
- Grondwater : -0,50 m tov NAP
- Bovenbelasting : 0 kN/m²
- Voorbeeldsondering : DKM-4
- O_s : omtrek dwarsdoorsnede paalschacht
- $K_{v;j;rep}$: representatieve waarde van de neutrale gronddruk in laag j
- $\tan \delta_j$: representatieve waarde van de wrijvingshoek tussen paalschacht en grond in laag j
- $\sigma'_{0;j;rep}$: representatieve waarde van de effectieve verticale spanning onderin laag j

diepte [m tov NAP]	h_j [m]	O_s [m]	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	ϕ [graden]	$K_0 * \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
0,92	0,08	0,63	18,0	20,0	32,5	0,295	1	0,0	0,0
0,00	0,92	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	14	1	1
-4,00	4,00	0,63	15,0	15,0	22,5	0,256	39	19	20
-5,80	1,80	0,63	14,0	14,0	17,5	0,250	47	12	32