

Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

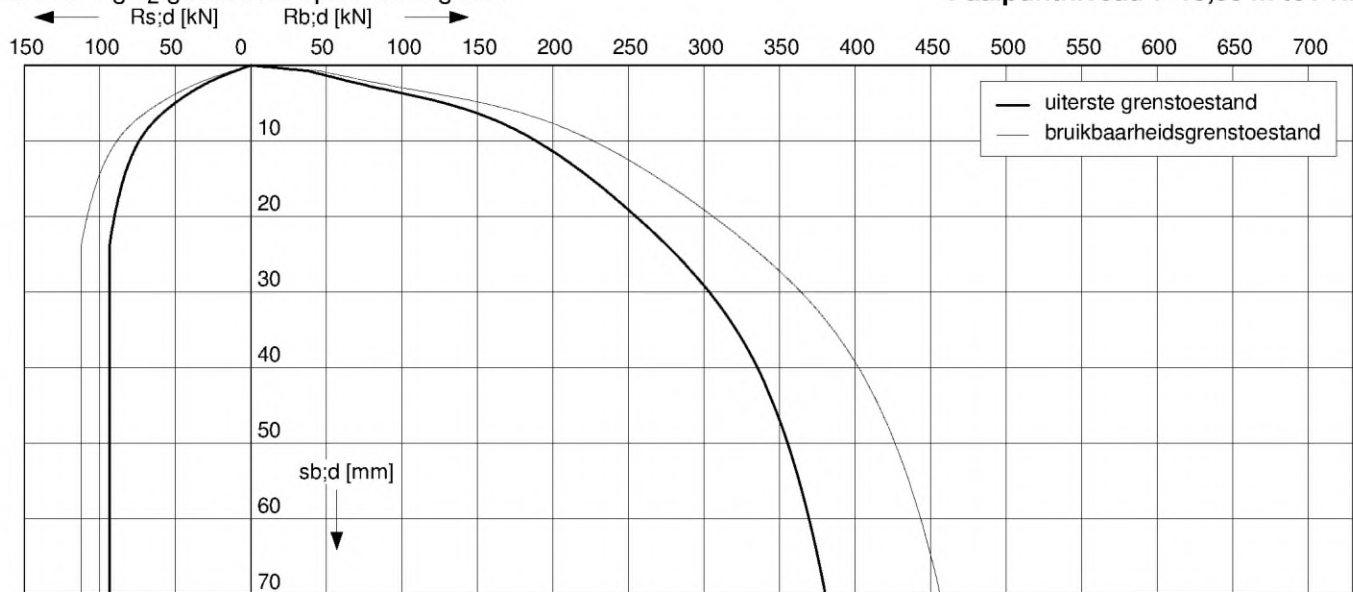
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S42

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S42

Paalafmeting : 0,350 m

Paalpuntniveau : -13,00 m tov NAP



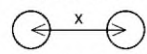
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d;netto}$ [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]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
386	87	473	67,7	3,6	71,3	1,5	72,8	16	15
348	87	435	42,0	3,3	45,4	1,4	46,7	18	17
309	87	396	29,2	3,0	32,2	1,2	33,5	20	18
270	87	357	21,7	2,7	24,4	1,1	25,5	22	20
232	87	319	16,1	2,4	18,5	1,0	19,5	24	22
193	87	280	11,6	2,1	13,7	0,9	14,6	25	23
154	87	241	8,3	1,8	10,1	0,8	10,9	26	24
116	87	203	6,0	1,5	7,5	0,6	8,2	27	24
77	87	164	4,5	1,3	5,7	0,5	6,2	28	25
39	87	126	3,2	1,0	4,1	0,4	4,5	30	27

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]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
297	87	384	16,4	2,4	18,8	1,2	20,0	20	19
267	87	354	13,2	2,2	15,4	1,1	16,5	23	21
238	87	325	10,6	2,1	12,7	1,0	13,7	26	24
208	87	295	8,5	1,9	10,4	0,9	11,3	28	26
178	87	265	7,0	1,7	8,6	0,8	9,5	31	28
149	87	236	5,7	1,5	7,2	0,7	8,0	33	30
119	87	206	4,7	1,3	6,0	0,6	6,6	34	31
89	87	176	3,9	1,1	5,0	0,5	5,6	35	32
59	87	146	3,1	0,9	4,0	0,5	4,5	36	33
30	87	117	2,3	0,7	3,0	0,4	3,4	39	35

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 (NEN1997-1:2025)

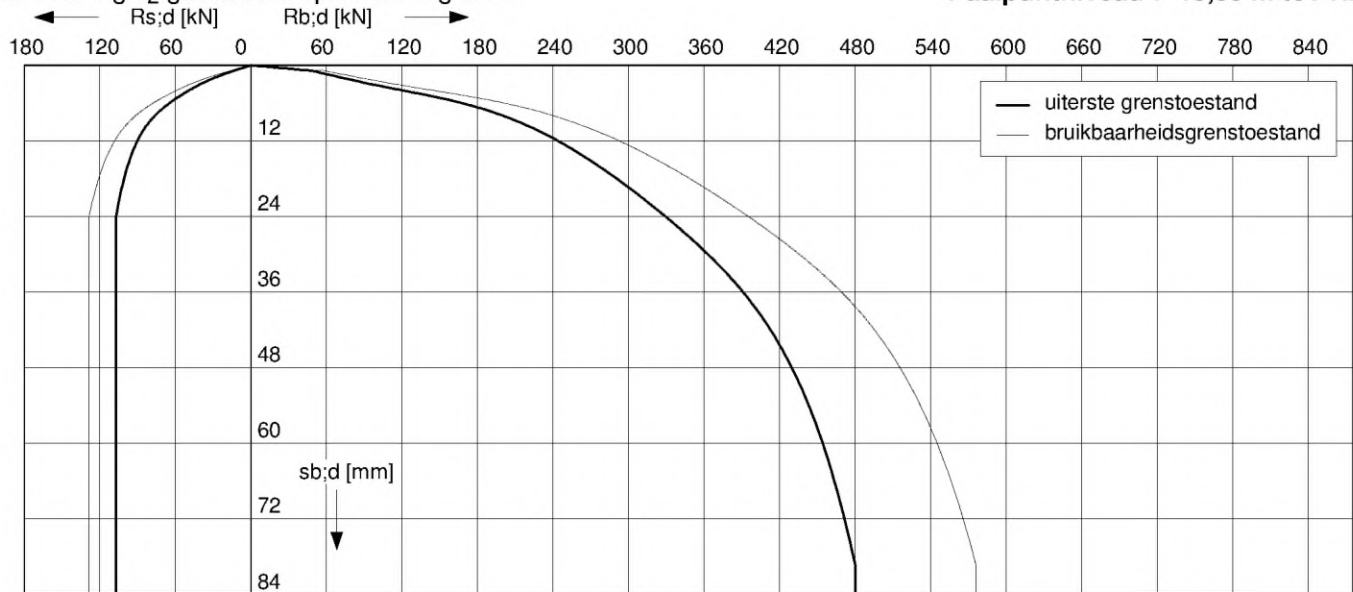
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S42

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S42

Paalafmeting : 0,400 m

Paalpuntniveau : -13,00 m tov NAP



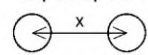
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d,netto}$ [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]	$k_{v,d}$ paal in groep [kN/mm]
487	99	587	77,3	3,4	80,8	1,5	82,3	18	17
439	99	538	48,0	3,2	51,2	1,4	52,6	20	19
390	99	489	33,9	2,9	36,8	1,3	38,0	22	21
341	99	440	24,4	2,6	26,9	1,1	28,1	25	23
292	99	392	17,9	2,3	20,2	1,0	21,2	27	25
243	99	343	12,7	2,0	14,7	0,9	15,6	29	27
195	99	294	8,9	1,7	10,6	0,8	11,4	30	27
146	99	245	6,4	1,4	7,9	0,6	8,5	31	28
97	99	197	4,7	1,1	5,9	0,5	6,4	33	30
48	99	148	3,3	0,9	4,2	0,4	4,6	35	32

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]	$k_{v,rep}$ paal in groep [kN/mm]
375	99	474	18,4	2,3	20,7	1,2	21,9	23	22
337	99	437	14,7	2,1	16,8	1,1	18,0	26	24
300	99	399	11,9	1,9	13,8	1,0	14,8	29	27
262	99	362	9,4	1,8	11,2	0,9	12,1	32	30
225	99	324	7,6	1,6	9,2	0,8	10,0	35	32
187	99	287	6,2	1,4	7,6	0,7	8,3	38	35
150	99	249	5,1	1,2	6,3	0,7	7,0	39	36
112	99	212	4,2	1,0	5,2	0,6	5,8	41	37
75	99	174	3,2	0,8	4,1	0,5	4,5	43	38
37	99	137	2,3	0,7	3,0	0,4	3,3	46	41

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 (NEN1997-1:2025)

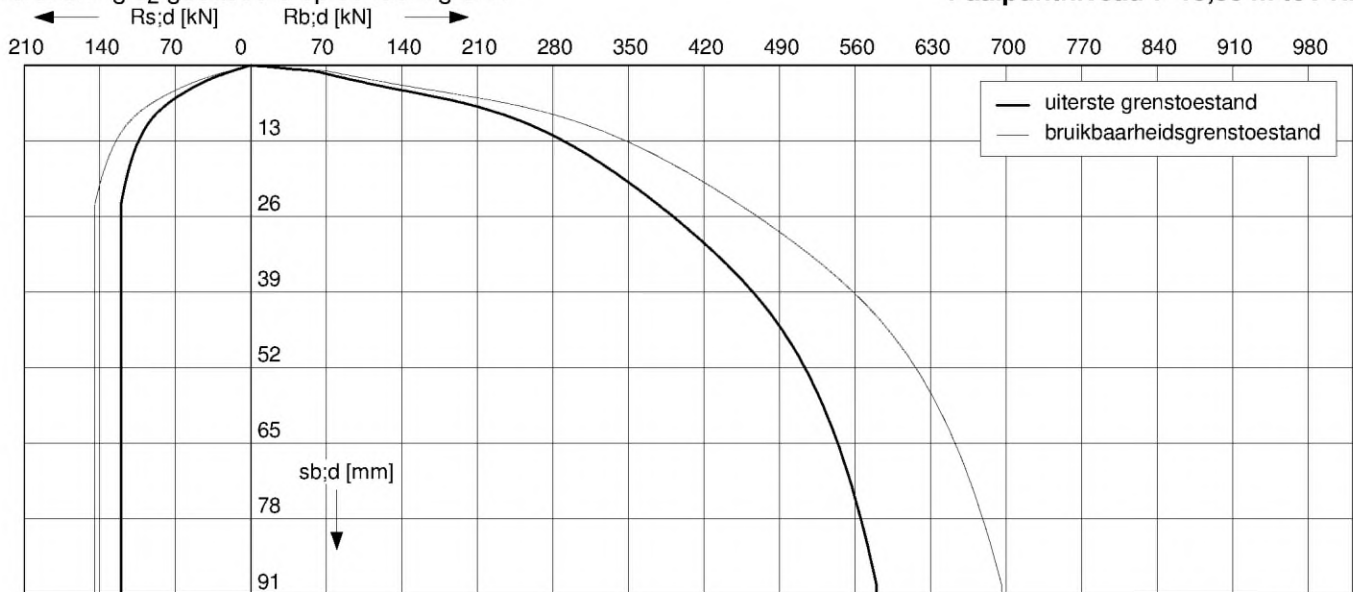
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S42

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S42

Paalafmeting : 0,450 m

Paalpuntniveau : -13,00 m tov NAP



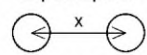
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d;netto}$ [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]	$k_{v;d}$ paal in groep [kN/mm]
588	112	700	87,0	3,3	90,3	1,6	91,9	19	18
529	112	641	54,0	3,0	57,0	1,5	58,5	22	21
470	112	582	38,1	2,7	40,8	1,3	42,2	24	23
412	112	523	27,4	2,4	29,8	1,2	31,0	28	26
353	112	465	19,9	2,1	22,0	1,1	23,1	30	28
294	112	406	14,0	1,9	15,8	0,9	16,8	33	30
235	112	347	9,8	1,6	11,4	0,8	12,2	34	31
176	112	288	6,9	1,3	8,3	0,7	8,9	35	32
118	112	230	5,1	1,1	6,2	0,5	6,7	37	33
59	112	171	3,5	0,8	4,3	0,4	4,7	40	36

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]	$k_{v;rep}$ paal in groep [kN/mm]
452	112	564	20,3	2,2	22,4	1,3	23,7	25	24
407	112	519	16,2	2,0	18,2	1,2	19,4	28	27
362	112	474	13,1	1,8	14,9	1,1	16,0	32	30
317	112	428	10,2	1,6	11,9	1,0	12,8	36	33
271	112	383	8,3	1,5	9,8	0,9	10,6	39	36
226	112	338	6,7	1,3	8,0	0,8	8,8	42	39
181	112	293	5,6	1,1	6,7	0,7	7,4	44	40
136	112	248	4,5	0,9	5,4	0,6	6,0	46	41
90	112	202	3,4	0,8	4,2	0,5	4,7	48	43
45	112	157	2,4	0,6	3,0	0,4	3,4	52	46

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 (NEN1997-1:2025)

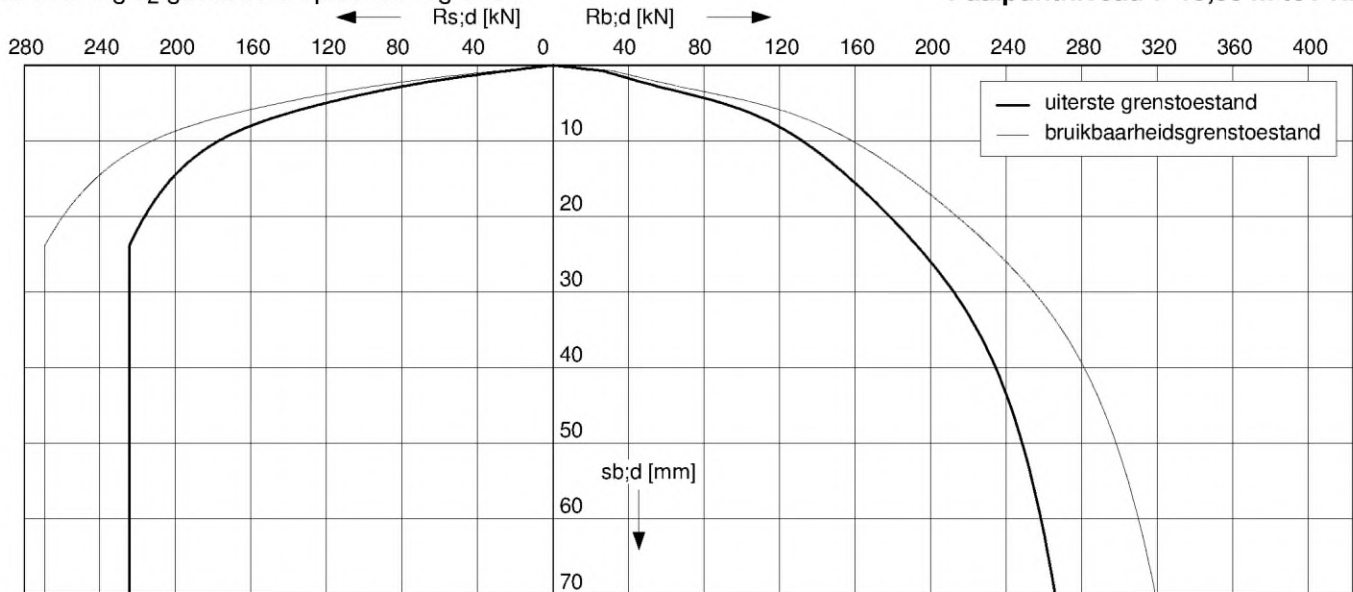
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S46

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S46

Paalafmeting : 0,350 m

Paalpuntniveau : -15,00 m tov NAP



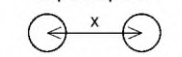
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d,netto}$ [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]	$k_{v,d}$ paal in groep [kN/mm]
356	133	490	67,7	4,1	71,8	1,6	73,4	20	19
321	133	454	36,8	3,8	40,6	1,5	42,1	22	20
285	133	418	24,2	3,5	27,7	1,4	29,1	24	22
249	133	383	18,0	3,2	21,1	1,3	22,4	26	23
214	133	347	13,3	2,9	16,2	1,2	17,3	27	24
178	133	311	10,2	2,6	12,7	1,0	13,8	28	25
142	133	276	7,8	2,3	10,1	0,9	11,0	29	26
107	133	240	6,1	2,0	8,1	0,8	8,9	30	27
71	133	204	4,8	1,7	6,5	0,7	7,2	31	27
35	133	169	3,7	1,4	5,1	0,6	5,7	32	28

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]	$k_{v,rep}$ paal in groep [kN/mm]
274	133	407	12,6	2,8	15,4	1,4	16,8	26	24
247	133	380	10,4	2,6	13,0	1,3	14,3	29	27
219	133	353	8,9	2,4	11,3	1,2	12,5	31	28
192	133	325	7,5	2,2	9,8	1,1	10,9	33	30
164	133	298	6,4	2,1	8,5	1,0	9,5	35	31
137	133	270	5,5	1,9	7,4	0,9	8,3	37	33
110	133	243	4,7	1,7	6,4	0,8	7,2	38	34
82	133	216	4,0	1,5	5,5	0,7	6,2	39	35
55	133	188	3,4	1,3	4,7	0,6	5,3	40	36
27	133	161	2,7	1,1	3,9	0,5	4,4	42	37

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 (NEN1997-1:2025)

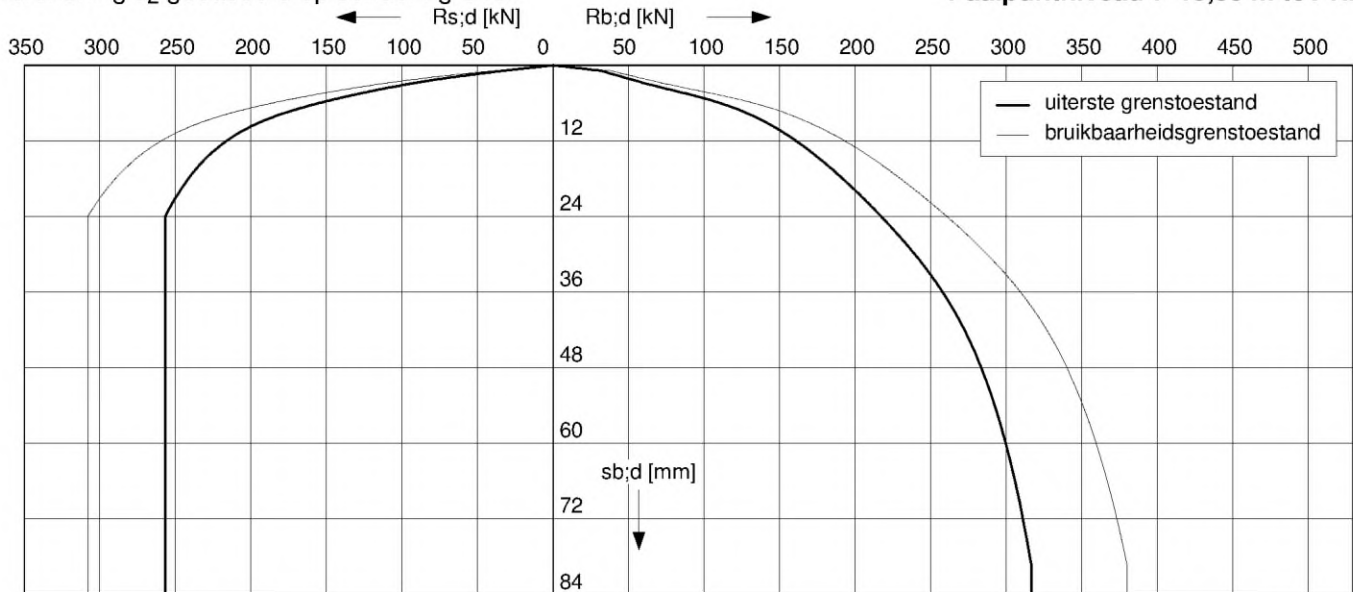
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S46

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S46

Paalafmeting : 0,400 m

Paalpuntniveau : -15,00 m tov NAP



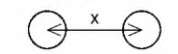
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d,netto}$ [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]	$k_{v,d}$ paal in groep [kN/mm]
420	152	573	77,3	3,7	81,0	1,6	82,7	23	21
378	152	531	42,8	3,4	46,3	1,5	47,8	25	23
336	152	489	27,7	3,1	30,8	1,4	32,2	27	25
294	152	446	19,6	2,8	22,5	1,3	23,8	29	26
252	152	404	14,4	2,6	17,0	1,2	18,2	31	28
210	152	362	10,7	2,3	13,0	1,0	14,1	32	29
168	152	320	8,2	2,0	10,2	0,9	11,1	33	30
126	152	278	6,4	1,8	8,2	0,8	9,0	34	31
84	152	236	5,0	1,5	6,5	0,7	7,2	36	32
42	152	194	3,9	1,2	5,1	0,6	5,7	37	33

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]	$k_{v,rep}$ paal in groep [kN/mm]
323	152	476	13,6	2,5	16,1	1,4	17,4	30	27
291	152	443	11,3	2,3	13,6	1,3	14,9	33	30
259	152	411	9,4	2,2	11,6	1,2	12,8	35	32
226	152	379	7,9	2,0	9,9	1,1	11,0	38	34
194	152	346	6,8	1,8	8,7	1,0	9,7	40	36
162	152	314	5,9	1,7	7,5	0,9	8,4	42	37
129	152	282	5,0	1,5	6,5	0,8	7,3	43	39
97	152	249	4,3	1,3	5,6	0,7	6,3	45	40
65	152	217	3,5	1,1	4,7	0,6	5,3	46	41
32	152	185	2,8	1,0	3,8	0,5	4,3	48	43

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 (NEN1997-1:2025)

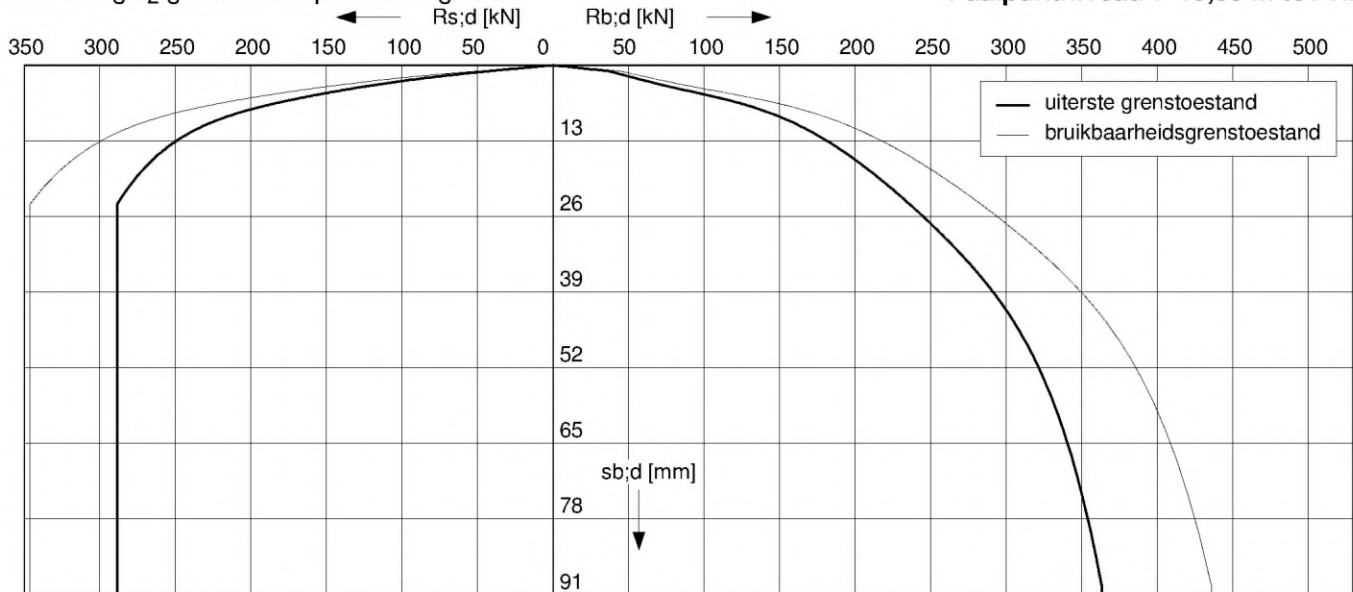
Paaltype : Avegaarpaal

Sonderingen: S46

Berekening s_2 gebaseerd op sondering S46

Paalafmeting : 0,450 m

Paalpuntniveau : -15,00 m tov NAP



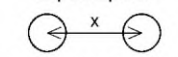
Uiterste grenstoestand

$F_{c,d,netto}$ [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]	$k_{v,d}$ paal in groep [kN/mm]
480	172	651	87,0	3,3	90,3	1,4	91,8	25	23
432	172	603	48,2	3,1	51,3	1,3	52,6	28	26
384	172	555	31,6	2,8	34,5	1,2	35,7	30	28
336	172	507	21,1	2,6	23,7	1,1	24,8	32	30
288	172	459	15,5	2,3	17,9	1,0	18,9	34	31
240	172	412	11,4	2,1	13,5	0,9	14,4	36	33
192	172	364	8,6	1,8	10,5	0,8	11,3	37	34
144	172	316	6,8	1,6	8,4	0,7	9,1	38	35
96	172	268	5,3	1,3	6,7	0,6	7,3	40	36
48	172	220	4,1	1,1	5,2	0,5	5,6	42	37

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]	$k_{v,rep}$ paal in groep [kN/mm]
369	172	540	14,6	2,3	16,8	1,2	18,0	32	30
332	172	504	11,9	2,1	14,0	1,1	15,1	36	33
295	172	467	10,0	1,9	11,9	1,0	13,0	39	36
258	172	430	8,4	1,8	10,2	0,9	11,1	42	39
221	172	393	7,1	1,6	8,8	0,9	9,6	45	41
184	172	356	6,1	1,5	7,6	0,8	8,4	47	42
148	172	319	5,3	1,3	6,6	0,7	7,3	48	44
111	172	282	4,5	1,2	5,7	0,6	6,3	50	45
74	172	245	3,7	1,0	4,7	0,5	5,3	52	47
37	172	208	3,0	0,9	3,8	0,5	4,3	55	49

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 S23
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : **Avegaarpaal**
Paalpuntniveau : -14,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,350 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 : $\alpha_p = 0,3$ (f)
 Paalvoetvormfactor : $\beta = 1,0$ (g)
 Paalvoetdwarsdoorsnedefactor : $s = 1,0$ (h)
 Traject I / II / III : 27,8 / 20,7 / 6,8 MPa

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

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 : -10,3 m tov NAP
 paalklassefactor : $\alpha_s = 0,006$ [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]	α_s	$R_{s;cal}$ [kN]	$\Sigma R_{s;cal}$ [kN]
-10,75	7,8	1,10	0,4	0,006	23	23
-11,20	10,6	1,10	0,4	0,006	32	55
-11,65	9,1	1,10	0,4	0,006	27	82
-12,10	9,8	1,10	0,4	0,006	29	111
-12,55	8,4	1,10	0,4	0,006	25	136
-13,00	8,8	1,10	0,4	0,006	26	162
-13,45	4,6	1,10	0,4	0,006	14	176
-13,90	8,4	1,10	0,4	0,006	25	201
-14,35	15,0	1,10	0,4	0,006	45	245
-14,50	15,0	1,10	0,2	0,006	15	260

Berekening maximum draagkracht

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

$$\text{Oppervlakte paalpunt} : A_b = 0,0962 \text{ m}^2$$

$$R_{c;cal} = 448 + 260 = 708 \text{ kN}$$

Voorbeeldberekening gebaseerd op sondering S23
Berekening volgens Eurocode 7-1 (NEN1997-1:2025)

Paaltype : **Avegaarpaal**
Paalpuntniveau : -14,5 meter tov NAP

paalafmeting : 0,350 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:

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

[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	: 0,40 m tov NAP
Huidig maaiveld	: 0,54 m tov NAP
Grondwater	: -2,30 m tov NAP
Bovenbelasting	: 0 kN/m ²
Voorbeeldsondering	: S25
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]	$K_0 \cdot \tan \delta_j$	$\sigma'_{v;j}$ [kN/m ²]	$F_{nk;j;rep}$ [kN]	$\Sigma F_{nk;rep}$ [kN]
-1,00	1,40	1,10	16,0	16,0	25,0	0,269	22	5	5
-3,00	2,00	1,10	18,0	18,0	27,5	0,280	51	24	29
-5,00	2,00	1,10	16,0	16,0	25,0	0,269	63	34	63
-8,00	3,00	1,10	18,0	18,0	27,5	0,280	87	70	132
-11,30	3,30	1,10	16,0	16,0	25,0	0,269	107	95	228

BIJLAGE G

Algemene richtlijnen uitvoering
avegaarpalen

Controle uitgangspunten

Voorafgaand aan de uitvoering moet worden gecontroleerd:

- de relatie tussen: maaiveldhoogte, werkhoogte, bouwpeil t.o.v. Ref/NAP,
- diameter avegaar en te realiseren paallengte in relatie tot grondonderzoek en funderingsadvies,
- overige relevante uitgangspunten geotechnische rapportages.

Uitvoering in relatie tot omgeving

Voor zover het in het advies niet aan de orde is gesteld, dient te worden nagegaan of de palen gemaakt kunnen worden zonder risico's voor bebouwing en infrastructuur in de omgeving. Hiertoe is informatie noodzakelijk omtrent de constructieve opbouw van bebouwing en infra en over de funderingswijze. Uiteraard is ook de bouwkundige staat van belang.

Werkterrein/bouwput

Het werkterrein dient dermate droog en stabiel te zijn dat verantwoord kan worden gewerkt.

Voorkomen moet worden dat eenmaal gemaakte palen beschadigen doordat deze horizontaal worden belast door bijvoorbeeld het manoeuvreren van materieel of door graafwerk rond de paal. Dit geldt vooral bij gedeeltelijk gewapende palen.

De ondergrond dient vrij te zijn van obstakels en verstoringen die van invloed kunnen zijn op de uiteindelijke paalkwaliteit. De ligging van kabels en leidingen dient in beeld te zijn gebracht.

Uitvoering in relatie tot bodemopbouw en geohydrologie

De uitvoerende partij dient zich tijdig te vergewissen van de bodemopbouw, de geohydrologie en de condities van het terrein.

De aanwezigheid van slappe lagen beneden maaiveld legt beperkingen op aan de vervaardiging van avegaarpalen. Van belang is dat de uitvoerende partij aantoonbare expertise heeft in vergelijkbare grondslag. De expertise dient eruit te bestaan dat men de betonsamenstelling en uitvoering (wijze van trekken, treksnelheid en betontoevoer) weet af te stemmen op de beperkte steundruk van de boorgatwand. Dit om 1) het beton omhoog te kunnen krijgen en het oververbruik te beperken, 2) te komen tot een schachtdoorsnede die zich laat controleren door middel van akoestisch doormeten en 3) te komen tot een paalschacht via welke de belasting op de diepere zandlagen kan worden overgedragen.

Let op: in beginsel dienen de palen gemaakt te worden vanaf een zodanig werkniveau dat er geen potentiaalsprong is tussen de freatische grondwaterspiegel en de stijghoogte van het grondwater in dieper gelegen watervoerende lagen (hydrostatisch verloop vanaf het werkniveau).

Paalafstanden

Het maken van een paal mag de verse schacht van een naburige paal niet beïnvloeden. Wanneer twee palen onmiddellijk na elkaar worden vervaardigd moet volgens NEN-EN 1536 de onderlinge hart op hart afstand ten minste vier maal de paaldiameter bedragen met een minimum van 2 m. Een kleinere afstand is toegestaan indien de tijd tussen het maken van de nieuwe paal en de naburige paal zodanig lang is dat de naburige paal voldoende is uitgehard (minstens 4 uur).

Tijdens de uitvoering van de palen moet het niveau van de specie in de reeds gemaakte naburige paal worden gecontroleerd. Wanneer er nazakking of oppersing wordt geconstateerd, moet een andere uitvoeringsvolgorde of een langere verhardingstijd worden aangehouden. De paal waarbij oppersing of nazakking is geconstateerd moet, indien geen vervangende paal wordt gemaakt, na verharding worden gecontroleerd.

Overige uitvoeringsaspecten

- Op de avegaar moet een markering worden aangebracht waaruit de juiste paallengte kan worden afgeleid.
- De avegaar dient voordat met het boren wordt begonnen te worden gecontroleerd op rechtheid en rechtstand, dan wel op de juiste schoorstand. Tevens dient het functioneren van de klep aan de onderzijde van de avegaar te worden gecontroleerd.
- De volgorde van uitvoering dient zodanig te zijn dat door het aanbrengen van een paal, de positie, de draagkracht en de integriteit van nabij gelegen palen niet negatief wordt beïnvloed.
- De eerste paal moet zo dicht mogelijk bij of op een sondering worden gemaakt.
- Het inboren moet geleidelijk geschieden met zo min mogelijk opwaarts grondtransport. Hiervoor dient de boormotor voldoende vermogen te leveren opdat een zo gering mogelijke schraapfactor wordt verkregen.
- De schraapfactor is het aantal omwentelingen van de boor dat nodig is om de boor over de lengte van eenmaal de spoed te doen zakken. Als indicatie geldt dat een schraapfactor van 2 à 3 veelal voldoet.
- Zodra de avegaar op diepte is en gevuld is met beton onder voldoende overdruk mag, indien nodig, deze avegaar maximaal 0,1 meter worden gelicht om de deksel te lossen.
- De avegaar behoort tijdens het trekken óf dezelfde draairichting te hebben als bij het boren óf stil te staan.
- De treksnelheid dient in overeenstemming te zijn met de specietoever, zodanig dat een continu gevulde schacht verzekerd is. Met name in bodemlagen met een lage sondeerweerstand en een geringere stabiliteit van de boorgatwand is dit van belang.
- De betondruk moet gemeten en continu geregistreerd worden. Bij het meten aan de bovenzijde van de avegaar zal tijdens het trekken een continue overdruk van 10-20 kN/m² over het algemeen voldoende zijn. Bij toepassing van een avegaar met grote binnenbuisdiameter (type buisschroefpaal) dient de buis tot tenminste het werkniveau met beton gevuld te zijn.
- Na het vervaardigen van een paal moet de verwerkte hoeveelheid beton worden vergeleken met de berekende inhoud.
- Aan de hand van de opgeboorde grond ter plaatse van de punt wordt inzicht verkregen in grondsoort ter hoogte van het gekozen paalpuntniveau. Deze grond moet overeenkomen met hetgeen kan worden afgeleid uit het grondonderzoek.

Vastlegging uitvoeringgegevens

- Datum en nummer palenplan en overige relevante werktekeningen.
- Conditie werkterrein.
- Werkniveau t.o.v. Ref/NAP, aanwezigheid eventuele bemalingen.
- Ingezet materieel.
- Samenstelling boorploeg.
- Vermogen boormotor (oliedruk, toerental).
- Rechtheid avegaar, positie en functioneren van de klep.
- Boorvolgorde met data.
- Paaltype, schachtafmeting, paalpuntniveau en wapening(code).
- Samenstelling specie (sterkteklasse, milieuklasse, cementgehalte, hulpstoffen e.d.).
- Datum en tijdstip vervaardiging palen.
- Bereikt paalpuntniveau t.o.v. Ref/NAP.
- Schraapfactor per eenheid van diepte.
- Draaimoment en axiale druk per eenheid van diepte.
- Speciedrukstaten en plaats van meting per eenheid van diepte.
- Specieverbruik in relatie tot theoretisch paalvolume /mixerwissel.

- Inboor- en treksnelheid (begintijd en eindtijd boren en trekken).
- Wijze van trekken (draaiend of stilstaand).
- Opgeboorde grond ter plaatse van de paalpunt.
- Wijze afwerking paalkoppen.
- Bijzonderheden tijdens uitvoering (verschoven piketten, verloop van de avegaar, plaatsafwijkingen, scheefstand, onderbrekingen tijdens trekken of het niet lossen van de deksel en de vervolgens gehanteerde werkwijze, water en/of grond in de boorbuis, stagnatie tijdens uitvoering paal, mee omhoog trekken of wegzakken van de wapening, veranderingen in specieniveau van nabijgelegen palen, plaatsafwijkingen, welpalen, bleeding, rijp op de wapening e.d.).

Controle

Door middel van akoestisch doormeten dient de integriteit van palen te worden beoordeeld. Deze metingen kunnen desgewenst door ons bureau worden uitgevoerd vanaf 5 dagen na productie. De meetgegevens geven informatie over o.a. discontinuïteiten, zoals scheuren, insnoeringen en uitstulpingen, over de lengte van de paal en over de kwaliteit van de paalkop.

Aan palen waarbij tijdens de uitvoering bijzonderheden werden geconstateerd dient tijdens de kwaliteitscontrole extra aandacht te worden besteed. Visuele controle van de paalkop kan plaatsvinden door deze vrij te graven. Hiervoor dient de paal wel voldoende te zijn gewapend.

Indien twijfel bestaat ten aanzien van het draagvermogen van een paal kan afhankelijk van de situatie worden nagesondeerd binnen 1,0 m van de paal, of kan een paal worden proefbelast.

Boortoezicht

Gezien de vele factoren die het installatieproces en daarmee de kwaliteit van de palen kunnen beïnvloeden wordt geadviseerd om per project na te gaan of onafhankelijk deskundig boortoezicht gewenst is. Desgewenst kan toezicht door ons bureau worden verzorgd.

Milieu

Er wordt op gewezen dat milieu aspecten met betrekking tot eventuele aan- en afvoer van grond en lozing van grondwater niet binnen het kader van deze opdracht vallen.

Tot slot

Voor meer algemene richtlijnen wordt verwezen naar:

- NEN-EN 1536 "uitvoering van bijzonder geotechnisch werk –boorpalen",
- CUR-aanbeveling 109 "akoestisch doormeten van betonnen funderingspalen",
- CUR 2004-1 "beoordelingssysteem voor de begaanbaarheid van bouwterreinen",
- CUR-aanbeveling 114 "toezicht op de realisatie van paalfunderingen",
- CROW Funderingshandboek,
- CROW-CUR Richtlijn 3 Voorkomen van schade aan in de grond gevormde palen,
- NVN 6724 "in de grond gevormde funderingselementen van beton of mortel", formeel ingetrokken,
- BRL-2356 van het KIWA met bijlage A/B, formeel ingetrokken.

December 2024



Voor meer informatie zie: www.socotec.nl

SOCOTEC NEDERLAND, SPECIALIST IN:

Geotechniek en milieu-expertise

Grondonderzoek

Geotechnisch laboratoriumonderzoek

Geotechnisch- en geohydrologisch advies

Bouwplaats- en grondwater monitoring

Waterveiligheid

Uitvoeringsbegeleiding

Milieutechniek

Risicobeheer, verzekering en inspecties

Claims

Controle van de omgeving

Risicoanalyses

Waardebepalingen

Gebouw veiligheid & duurzaamheid

Binnenklimaat

Drinkwaterveiligheid

Gebouw- en techniekinspecties

Gebouwprestatie

Gebouwinformatie