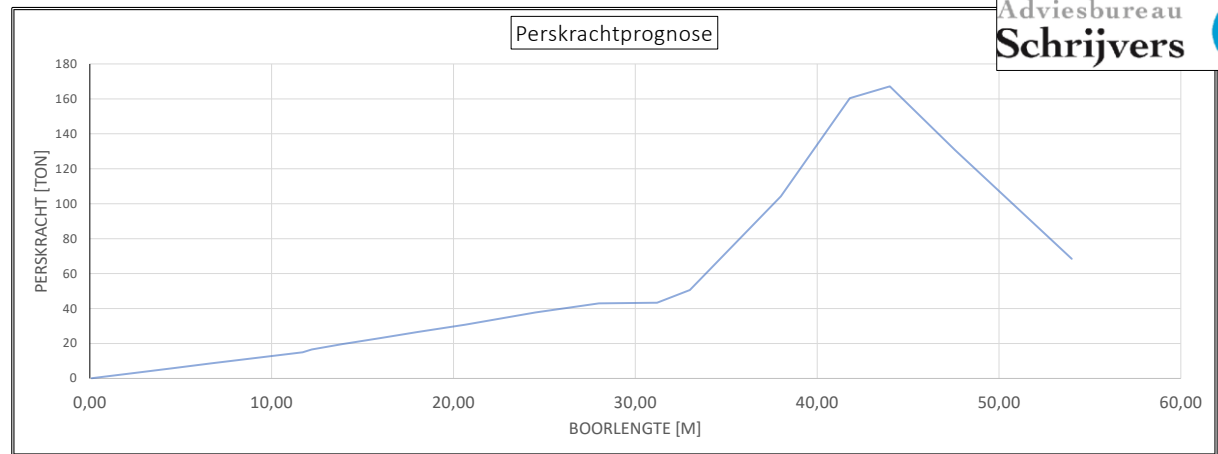


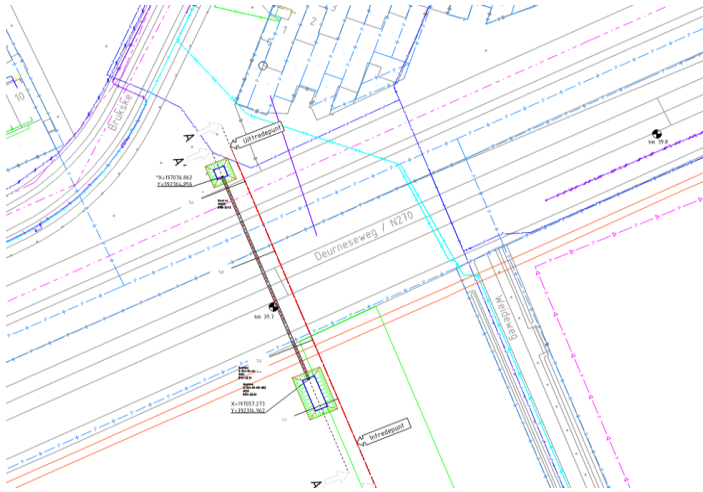
Te kruisen object:	:	Avegaarboring met kruising aarden wal
Importantiefactor	:	S 1,00 -
Te boren lengte	:	L 54 m
Materiaal te boren leiding	:	Staal
Rekgrens van het materiaal	:	Re 235 N/mm ²
Toelaatbare spanning	:	σ_{toel} 188 N/mm ²
Uitwendige diameter leiding	:	d_u 610 mm = 0,61 m
Uitwendige straal leiding	:	r 305 mm = 0,305 m
Wanddikte leiding	:	d_n 8,8 mm = 0,0088 m
Inwendige diameter leiding	:	d_{pi} 592,4 mm = 0,5924 m
Oppervlakte leiding	:	A_p 16.620,78 mm ² = 0,01662 m ²
Oppervlakte front	:	A_f 292.246,66 mm ² = 0,292 m ²
Passieve gronddrukfactor	:	K_p 0 -
Partiële factor grond	:	γ 1,1 -
Totaalfactor persing	:	f 1,1 -



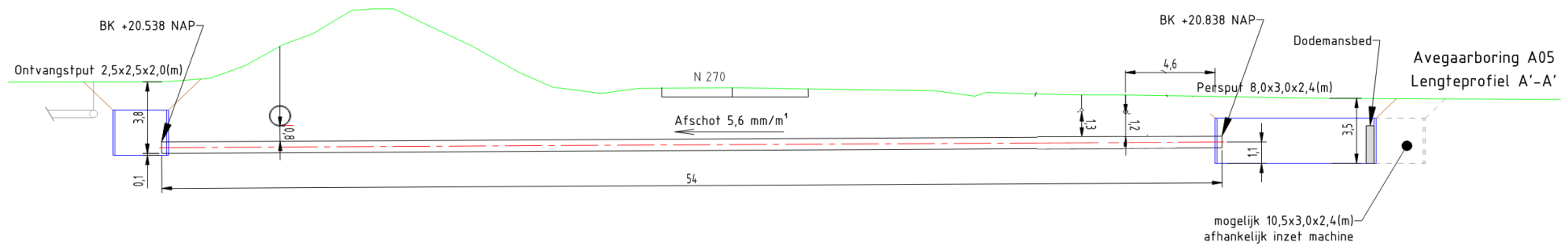
Gronddekkingen en grondparameters						Berekeningsresultaten												
Afstand locatie ten opzichte van persput in m	Gronddekking op de leiding in m	Grondsoort ter plaatse op de leiding	Gewicht grond in kN/m ³	Inwendige wrijvingshoek ϕ_r	Wrijvingsfactor buis μ_{int} (Staheli)	Grondbelasting σ'_v in kN/m ²	$\cos(45 + \phi_r/2)$	$\tan \phi_r$	Bijdrage t.g.v. grond op leiding	Bijdrage t.g.v. wrijving omtrek leiding	Perskracht JF_{frict} in kN	Grondbelasting σ'_v t.p.v. as leiding in kN/m ²	Horizontale gronddruk σ'_h in kN/m ²	Frontdruk $F_f = \sigma'_h \cdot A_f$ in kN	Totale perskracht in kN $JF_{frict} + F_f$	Perskracht * totaalfactor in kN	Perskracht incl. onz. factor in ton	
# 1	0,10	2,12	Zand	18,60	22,50	0,33	43,38	0,5556	0,4142	17,74	0,19	1,12	49,62	0,00	0,00	1,12	1,23	0,12
# 2	2,30	2,17	Zand	18,60	22,50	0,33	44,40	0,5556	0,4142	18,16	4,41	26,42	50,64	0,00	0,00	26,42	29,06	2,91
# 3	4,60	2,22	Zand	18,60	22,50	0,33	45,42	0,5556	0,4142	18,58	8,82	54,05	51,66	0,00	0,00	54,05	59,46	5,95
# 4	6,70	2,22	Zand	18,60	22,50	0,33	45,42	0,5556	0,4142	18,58	12,84	78,73	51,66	0,00	0,00	78,73	86,60	8,66
# 5	11,70	2,20	Zand	18,60	22,50	0,33	45,01	0,5556	0,4142	18,41	22,42	136,25	51,25	0,00	0,00	136,25	149,87	14,99
# 6	12,20	2,40	Zand	18,60	27,00	0,42	49,10	0,5225	0,5095	15,36	23,38	150,81	55,34	0,00	0,00	150,81	165,89	16,59
# 7	13,88	2,50	Zand	18,60	27,00	0,42	51,15	0,5225	0,5095	16,00	26,60	178,72	57,39	0,00	0,00	178,72	196,60	19,66
# 8	16,00	2,55	Zand	18,60	27,00	0,42	52,17	0,5225	0,5095	16,32	30,66	210,14	58,41	0,00	0,00	210,14	231,16	23,12
# 9	18,00	2,60	Zand	18,60	27,00	0,42	53,20	0,5225	0,5095	16,64	34,49	241,05	59,44	0,00	0,00	241,05	265,15	26,52
# 10	20,65	2,63	Zand	18,60	27,00	0,42	53,81	0,5225	0,5095	16,83	39,57	279,72	60,05	0,00	0,00	279,72	307,70	30,77
# 11	24,50	2,72	Zand	18,60	27,00	0,42	55,65	0,5225	0,5095	17,41	46,95	343,23	61,89	0,00	0,00	343,23	377,56	37,76
# 12	28,00	2,71	Zand	18,60	27,00	0,42	55,45	0,5225	0,5095	17,34	53,66	390,82	61,69	0,00	0,00	390,82	429,91	42,99
# 13	31,20	2,45	Zand	18,60	27,00	0,42	50,13	0,5225	0,5095	15,68	59,79	393,71	56,37	0,00	0,00	393,71	433,08	43,31
# 14	33,00	2,70	Zand	18,64	27,00	0,42	55,36	0,5225	0,5095	17,31	63,24	459,90	61,61	0,00	0,00	459,90	505,89	50,59
# 15	38,00	5,00	Zand	18,00	27,00	0,42	99,00	0,5225	0,5095	30,96	72,82	947,04	105,04	0,00	0,00	947,04	1041,74	104,17
# 16	41,80	7,00	Zand	18,00	27,00	0,42	138,60	0,5225	0,5095	43,35	80,10	1458,44	144,64	0,00	0,00	1458,44	1604,28	160,43
# 17	44,00	6,93	Zand	18,00	27,00	0,42	137,21	0,5225	0,5095	42,92	84,32	1519,84	143,25	0,00	0,00	1519,84	1671,83	167,18
# 18	47,60	5,00	Zand	18,00	27,00	0,42	99,00	0,5225	0,5095	30,96	91,22	1186,29	105,04	0,00	0,00	1186,29	1304,92	130,49
# 19	54,00	3,23	Veen/klei	12,89	27,00	0,42	45,80	0,5225	0,5095	14,32	103,48	622,57	50,12	0,00	0,00	622,57	684,83	68,48

Maximaal optredende perskracht : **167,18 ton = 1671,83 kN**
 Optredende spanning in de leiding = Perskracht/ A_p = **100,59 N/mm²**
 Toelaatbare spanning persing is $\sigma_{toel} * S$ = **188,00 N/mm²**
 Veiligheidsfactor toelaatbaar/optredend: **1,869 Conclusie: Perskracht is toelaatbaar**

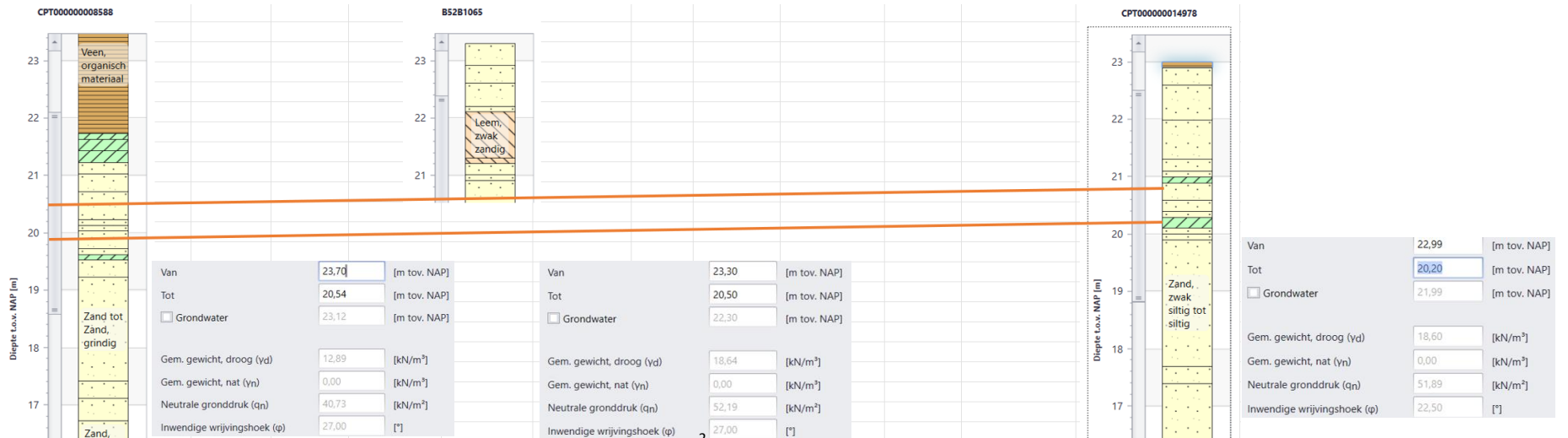
Berekening perskrachten pilotgestuurde boring (methode Staheli) met grondparameters volgens NEN 3650:2020 inclusief verrekening effect frontdruk (worst case benadering).



Locatie te maken persing en beschikbaar grondonderzoek



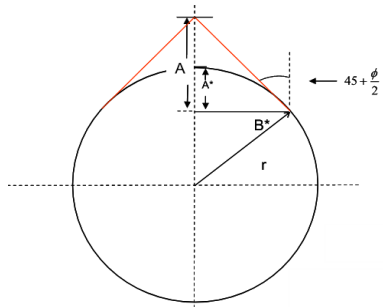
Dwarsdoorsnede te maken boring



Wrijvingscoëfficiënten grond/buis volgens Staheli

Table 2.1 Interface Friction Coefficients for Numerous Pipe Materials and Residual Friction Angles (Staheli 2006)

Soil at Interface Residual Angle of Friction	Soil-Pipe Interface Friction Coefficient					
	Hobas	Polycrrete	Permalok Steel	Wet Cast Concrete	Vitrified Clay Pipe	Packerhead Concrete
25	0.37	0.40	0.38	0.43	0.42	0.49
26	0.39	0.41	0.40	0.45	0.44	0.50
27	0.41	0.42	0.42	0.47	0.46	0.52
27.9 Ottawa 20/30	0.43	0.43	0.44	0.48	0.48	0.53
28	0.43	0.43	0.44	0.48	0.48	0.53
29	0.45	0.44	0.46	0.50	0.50	0.55
30	0.47	0.45	0.48	0.51	0.52	0.56
31	0.49	0.46	0.51	0.53	0.54	0.57
32	0.51	0.47	0.53	0.55	0.56	0.59
33	0.53	0.48	0.55	0.56	0.58	0.60
34	0.55	0.49	0.57	0.58	0.60	0.61
34.6 Atlanta Blasting	0.56	0.49	0.58	0.59	0.61	0.62
35	0.57	0.49	0.59	0.60	0.62	0.63
36	0.59	0.50	0.61	0.61	0.64	0.64
37	0.61	0.51	0.63	0.63	0.66	0.65
38	0.62	0.52	0.65	0.65	0.68	0.67
39	0.64	0.53	0.67	0.66	0.70	0.68
40	0.66	0.54	0.69	0.68	0.72	0.69



B* Factor for use in Vertical Stress Calculations

Model om de verticale grondspanning te berekenen (Staheli)

Wrijvingsfactoren tabel Staheli met uitbreiding inw. wrijvingshoeken vanaf 15°

	Inw. wrijvingshoek grond	Staal	GVK	Polymeerbeton	Beton	Gres
Adviesbureau Schrijvers b.v.	15,00	0,18	0,17	0,30	0,30	0,22
	16,00	0,20	0,19	0,31	0,31	0,24
	17,00	0,22	0,21	0,32	0,32	0,26
	17,50	0,23	0,22	0,33	0,33	0,27
	18,00	0,24	0,23	0,33	0,33	0,28
	19,00	0,26	0,25	0,34	0,34	0,30
	20,00	0,28	0,27	0,35	0,35	0,32
	21,00	0,30	0,29	0,36	0,36	0,34
	22,00	0,32	0,31	0,37	0,37	0,36
	22,50	0,33	0,32	0,38	0,38	0,37
	23,00	0,34	0,33	0,38	0,39	0,38
	24,00	0,36	0,35	0,39	0,41	0,40
	Staheli (2006)	25,00	0,38	0,37	0,40	0,43
26,00		0,40	0,39	0,41	0,45	0,44
27,00		0,42	0,41	0,42	0,47	0,46
27,5 *		0,43	0,42	0,43	0,48	0,47
28,00		0,44	0,43	0,43	0,48	0,48
29,00		0,46	0,45	0,44	0,50	0,50
30,00		0,48	0,47	0,45	0,51	0,52
31,00		0,51	0,49	0,46	0,53	0,54
32,00		0,53	0,51	0,47	0,55	0,56
32,5 *		0,54	0,52	0,48	0,56	0,57
33,00		0,55	0,53	0,48	0,56	0,58
34,00		0,57	0,55	0,49	0,58	0,60
35,00		0,59	0,57	0,49	0,60	0,62
36,00		0,61	0,59	0,51	0,61	0,64
37,00		0,63	0,61	0,51	0,63	0,66
37,5 *		0,64	0,62	0,52	0,64	0,67
38,00		0,65	0,62	0,52	0,65	0,68
39,00	0,67	0,64	0,53	0,66	0,70	
40,00	0,69	0,66	0,54	0,68	0,72	

* deze waarden zijn toegevoegd aan de tabel van Staheli

Fragment van tabel B1 van NEN 3650:2020

Grondsoort						
Hoofdnaam	Bijmengsel	Consistentie ^b	γ^c	γ_{sat}	q_c^d	ϕ'
			kN/m ³	kN/m ³	MPa	Graden
Grind	Zwak siltig	Los	17	19	15	32,5
		Matig	18	20	25	35,0
	Vast	19 20	21 22	30	37,5 40,0	
		Sterk siltig	Los	18	20	10
Zand	Schoon	Matig	18	20	15	32,5
		Vast	19 20	21 22	25	35,0 40,0
	Zwak siltig, kleilig	18 19	20 21	12	27,0 32,5	
		Sterk siltig, kleilig	18 19	20 21	8	25,0 30,0
Leem ^e	Zwak zandig	Slap	19	19	1	27,5 30,0
		Matig	20	20	2	27,5 32,5
	Vast	21 22	21 22	3	27,5 35,0	
		Sterk zandig	19 20	19 20	2	27,5 35,0
Klei	Schoon	Slap	14	14	0,5	17,5
		Matig	17	17	1,0	17,5
		Vast	19 20	19 20	2,0	17,5 25,0
	Zwak zandig	Slap	15	15	0,7	22,5
		Matig	18	18	1,5	22,5
		Vast	20 21	20 21	2,5	22,5 27,5
Sterk zandig	18 20	18 20	1,0	27,5 32,5		
	Organisch	Slap	13	13	0,2	15,0
Veen	Niet voorbelast	Slap	10 12	10 12	0,1	15,0
	Matig voorbelast	Matig	12 13	12 13	0,2	15,0

$$B^* = r \cdot \cos\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)$$

$$\sigma_v = \sigma_{vso} = \frac{\gamma \cdot r \cdot \cos\left(45 + \frac{\phi}{2}\right)}{\tan \phi}$$

$$JF_{frict} = \mu_{int} \frac{\gamma \cdot r \cdot \cos\left(45 + \frac{\phi_r}{2}\right)}{\tan \phi_r} \cdot \pi \cdot d \cdot l$$

B* volgens Terzaghi

Substitutie B* in Terzaghi's formule om verticale grondspanning te berekenen

JF_{frict} = Frictional Component of Jacking Force [tons force]
 μ_{int} = Pipe-Soil Residual Interface Friction Coefficient [unit-less]
 γ = Total Unit Weight of the Soil [tons/ft³]
 ϕ_r = Residual Friction Angle of the Soil [degrees]
 d = Pipe Diameter [feet]
 r = Pipe Radius [feet]
 l = Length of the Pipe [feet]

Horizontale gronddruk bij boorfront op buis-as niveau: $\sigma_h' = K_p \cdot \sigma_v'$ Frontdruk ter plaatse van de gekozen locatie: $F_t = \sigma_h' \cdot A_f$