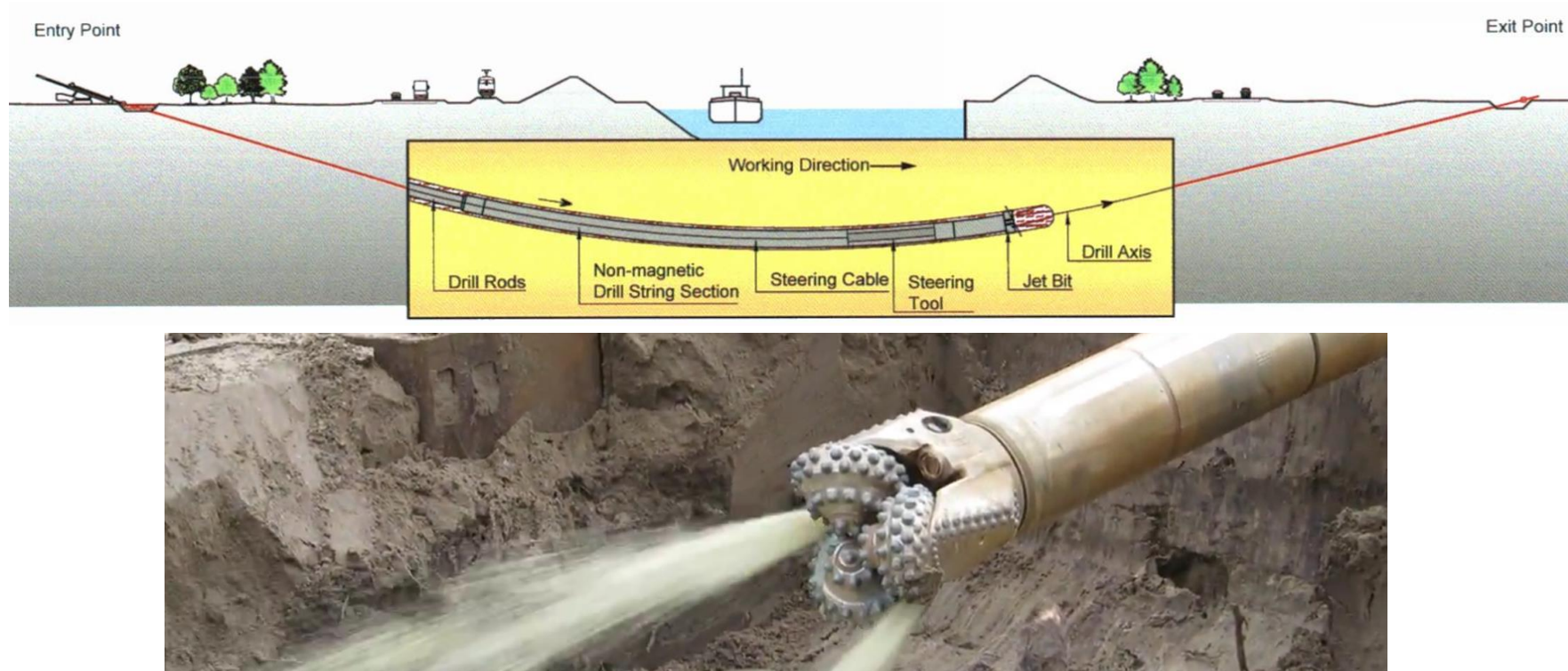


Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boerspoeldruck / blow-outs

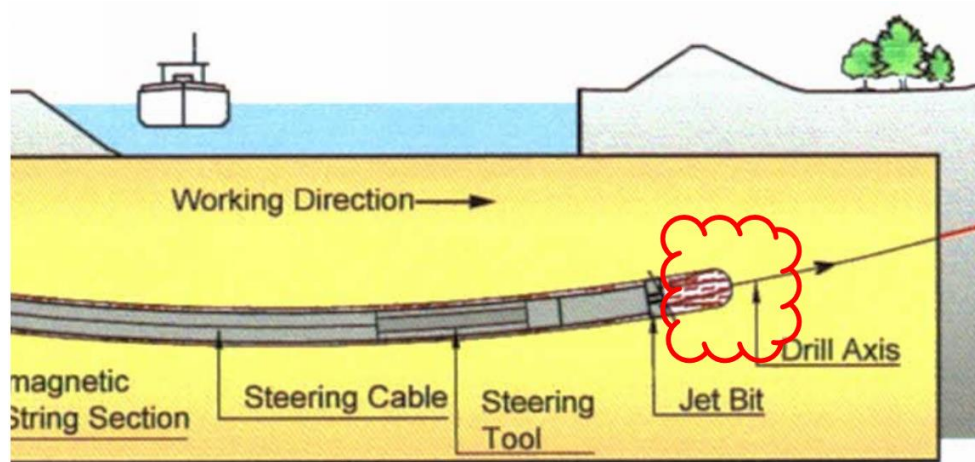


Zowel bij de pilotboring, tijdens het ruimen en het intrekken van de leiding wordt boerspoeeling onder hoge druk gebruikt. Het ontwerp van de boring moet zo gemaakt worden dat het risico op uittreden van boerspoeeling zo klein mogelijk is.



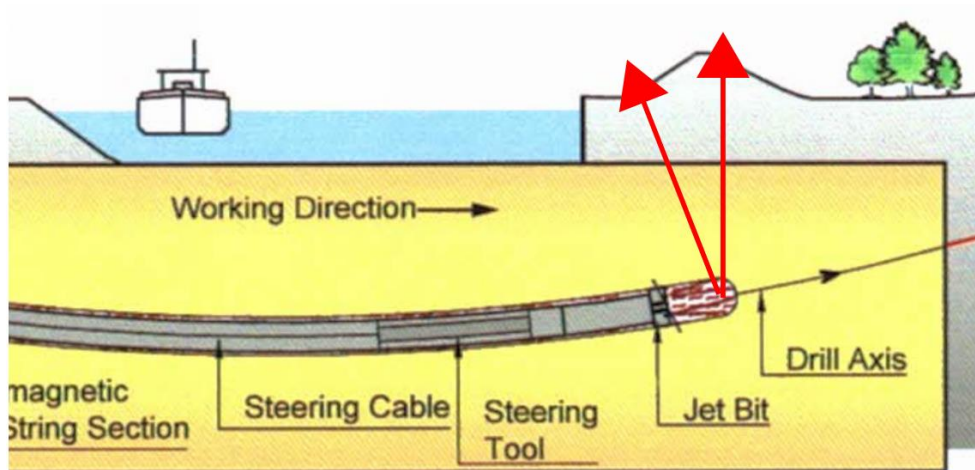
Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boerspoeldruck / blow-outs



Te hoge druk rondom het boorgat

Gevolgen: verweking van het gebied met boerspoeeling, verstoring gebied rondom boorkop



Uitbraak op maaiveld

Waterkeringbeheerder, wegbeheerder of grondeigenaren zijn hier niet blij mee.



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Berekening maximaal toelaatbare boorspoeldrukken



Blow-out op het maaiveld

Stap 1: Bereken hoeveel het gebied ter plaatse van het tracé kan hebben waar je gaat boren

Stap 2: Bereken de minimaal vereiste druk die nodig is om losgewoelde grond vanaf de boorkop richting boormachine te transporteren

Stap 3: Vergelijk de maximaal toelaatbare boorspoeldrukken met de minimaal vereiste boorspoeldruk

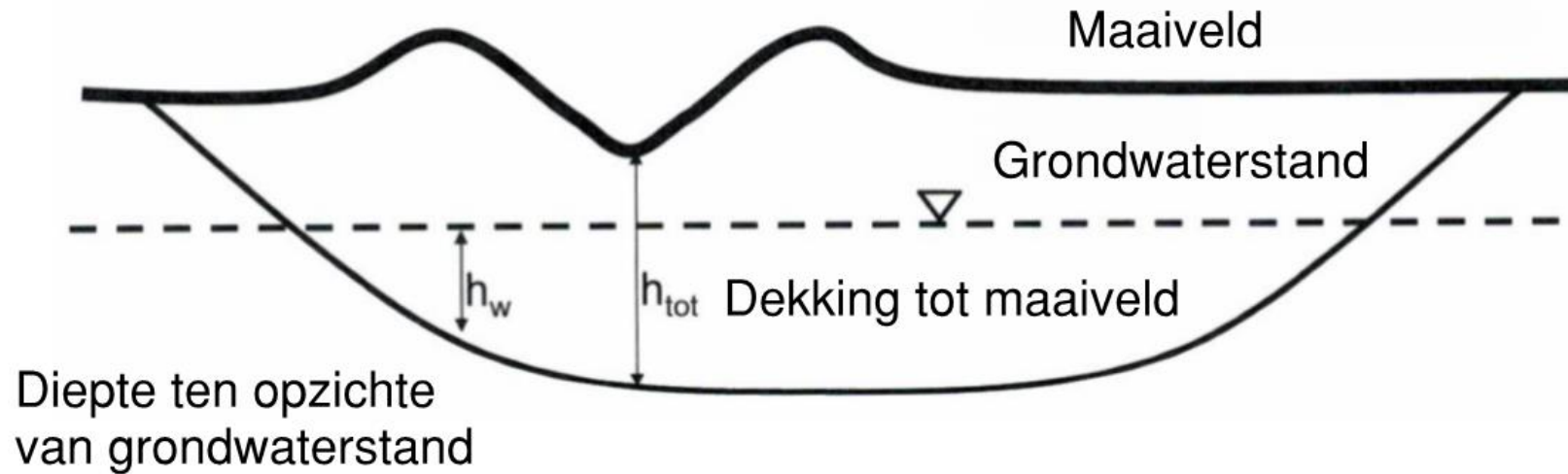
Stap 4: Pas eventueel het boortracé aan indien meer druk nodig is dan de toelaatbare druk.
Tref zo nodig mitigerende maatregelen



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Berekening maximaal toelaatbare boorspoeldrukken



Geometrie boortracé

- Straal boorkop / boorstangen
- Diepte t.o.v. maaiveld
- Diepte t.o.v. het grondwater

Grondeigenschappen

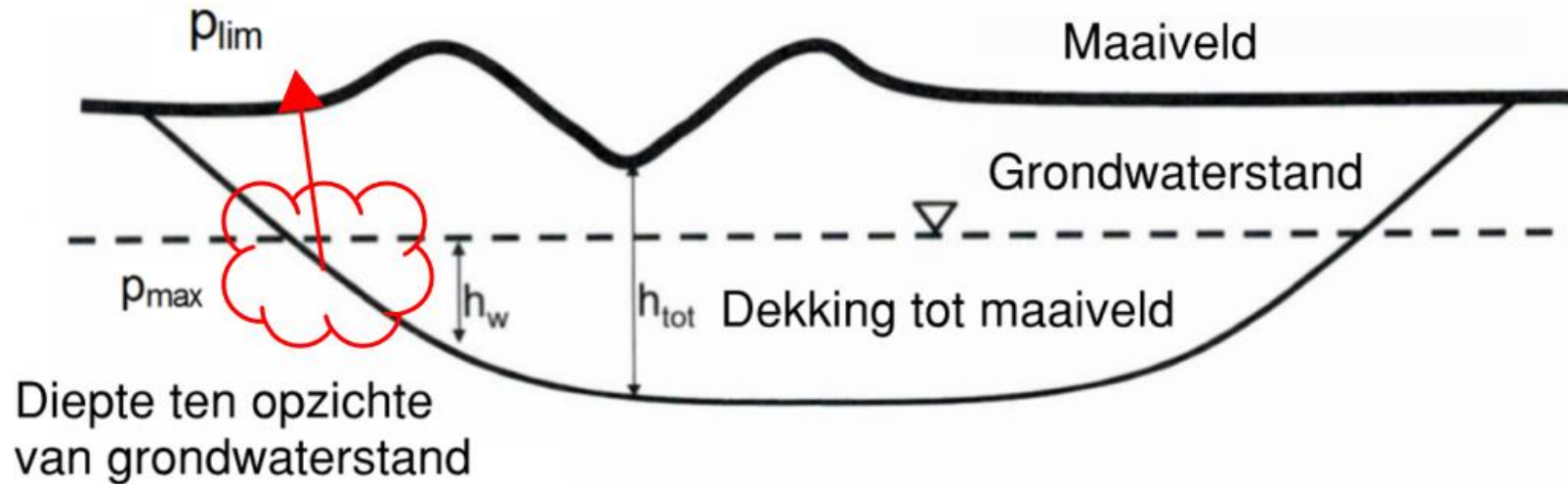
- Inwendige wrijvingshoek
- Cohesie
- Geleidingsmodulus grond
- Gewicht van de grond



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Stap 1: Berekening maximaal toelaatbare boorspoeldrukken



$$p_{lim} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot Q^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

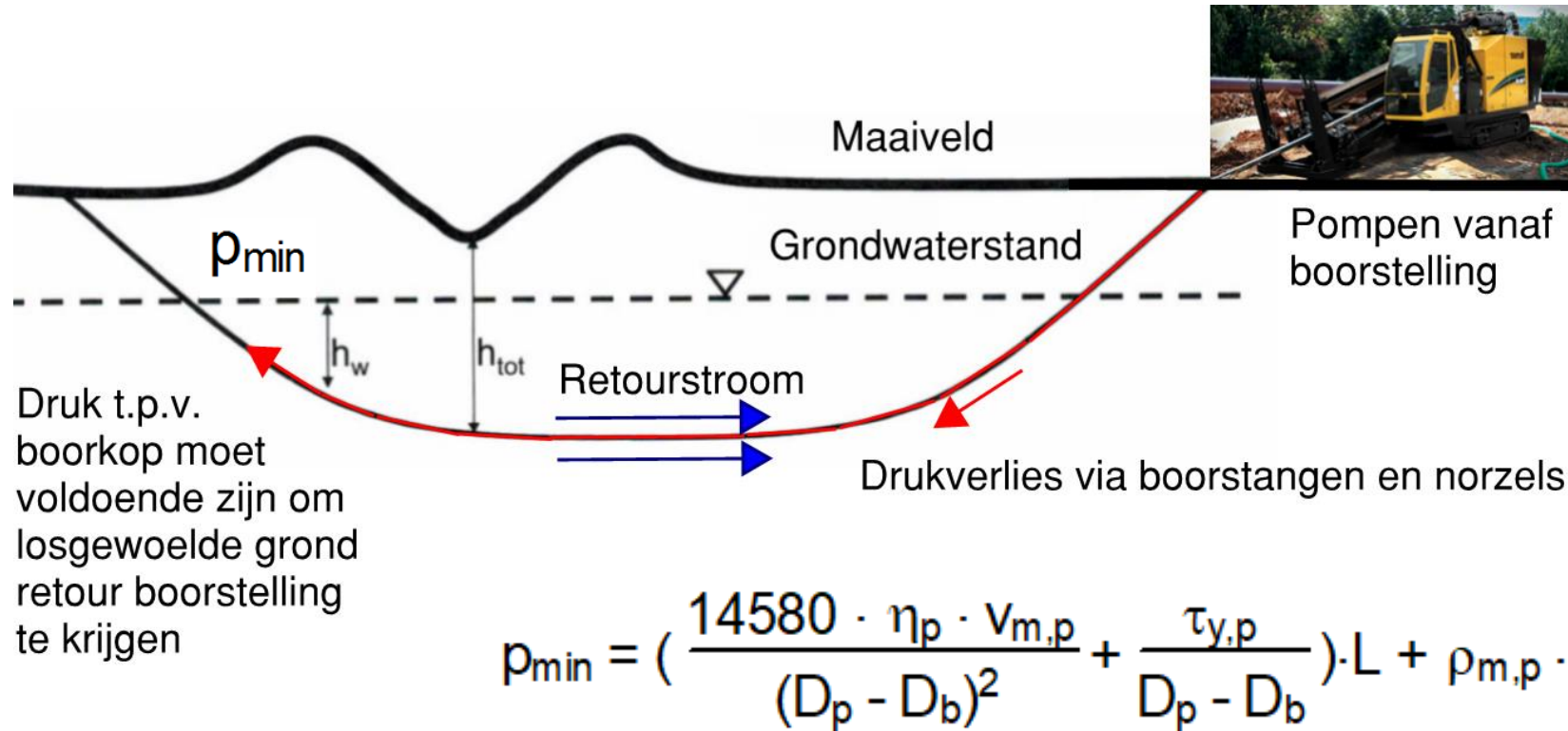
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boerspoeldruck / blow-outs

Stap 2: Berekening minimaal benodigde boerspoeldruck



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boerspoeeldruk / blow-outs

Stap 2: Berekening minimaal benodigde boerspoeeldrukken

$$p_{\min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot V_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$

Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]	0,009
Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]	13,4_
Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]	11,5_
Debiet boorvloeistof [l/min.]	900,0_

Om $P_{\min}$ te berekenen zijn gegevens van de boerspoeeling nodig. Zowel viscositeit, zwichtspanning, soortelijk gewicht en het debiet zijn van belang. Via de “rechtermuisknop” kunnen deze gegevens worden opgeroepen.

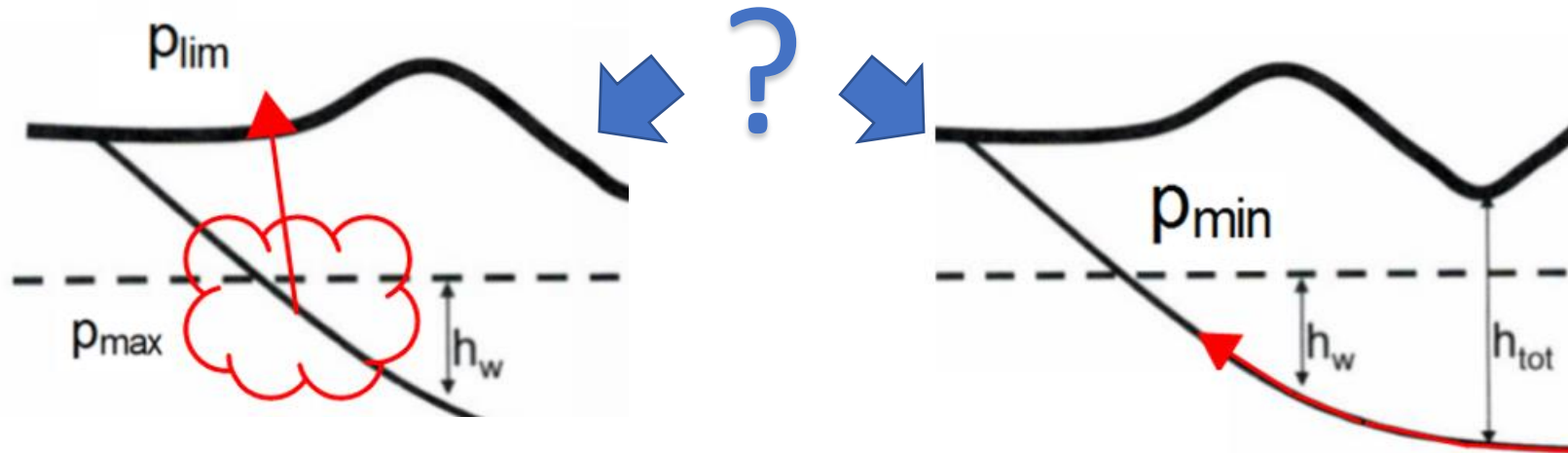
Mudparameters		OCMA	OCMA + 1% PAC-L	Tunnel Gel Plus	Tunnel Gel Max	Drill Grout	Drill Grout Plus
Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]	(PV)	0.009	0.015	0.016	0.013	0.007	0.007
Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]	(YP)	13.4	9.576	14.364	19.631	12.928	20.11



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boerspoeeldruk / blow-outs

Stap 3: Vergelijk de resultaten tussen benodigde en toelaatbare drukken



Vergelijk linkerdeel met rechterdeel: links is maximaal toelaatbaar. Rechts is minimaal benodigd. Bij het intrekken van de leiding/leidingen wordt rekening gehouden met de uitwendige diameters van de leiding(en).



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Bij het maken van de pilotboring is P_{min} gelijk aan:

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot V_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$

Bij het ruimen van het boorgat is P_{min} gelijk aan:

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot V_{m,r,uit}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot V_{m,r,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{in}$$

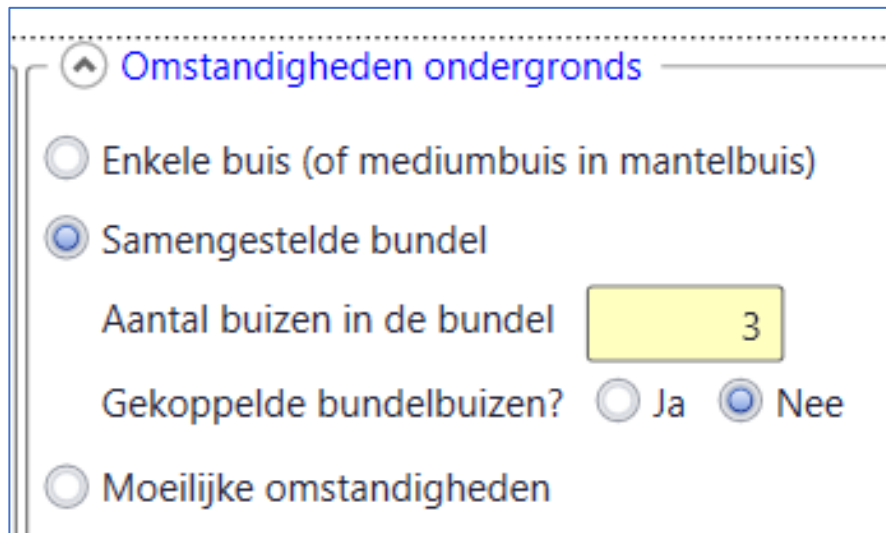
Bij het berekenen wordt rekening gehouden met afvoer van boorspoeling naar uittredepunt of intredepunt.



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Bij het intrekken van de leiding(en) is het belangrijk om rekening te houden met een of meerdere buizen in het boorgat.



The screenshot shows a software window titled "Omstandigheden ondergronds" (Underground conditions). It contains several radio button options: "Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis)" (Single pipe (or medium pipe in casing pipe)), "Samengestelde bundel" (Composite bundle), "Moeilijke omstandigheden" (Difficult conditions), and "Gekoppelde bundelbuizen?" (Coupled bundle pipes?). The "Samengestelde bundel" option is selected. Below it, a text input field labeled "Aantal buizen in de bundel" (Number of pipes in the bundle) contains the value "3". The "Gekoppelde bundelbuizen?" section has two radio buttons, "Ja" (Yes) and "Nee" (No), with "Nee" being selected.

Wanneer er meerdere buizen zijn is totale oppervlakte van deze buizen van belang. Die buizen “vullen” het boorgat tijdens het intrekken en “belemmeren” de uitstroom van de boorspoeling. Bij het invoerblok “Intrekken” kunnen de uitwendige diameters worden opgegeven en berekenen wij de fictieve diameter.



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Bij het intrekken van een enkele buis is P_{min} gelijk aan:

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

Bij het berekenen wordt ook hier dus rekening gehouden met afvoer van boorspoeling naar uittredepunt of intredepunt.



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Bij het intrekken van meerdere buizen (met D_{eq}) P_{min} gelijk aan: $D_{eq} = \sqrt{\sum_{i=1}^n D_{0,i}^2}$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot V_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_{eq})^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_{eq}} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit}$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot V_{m,in}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in}$$

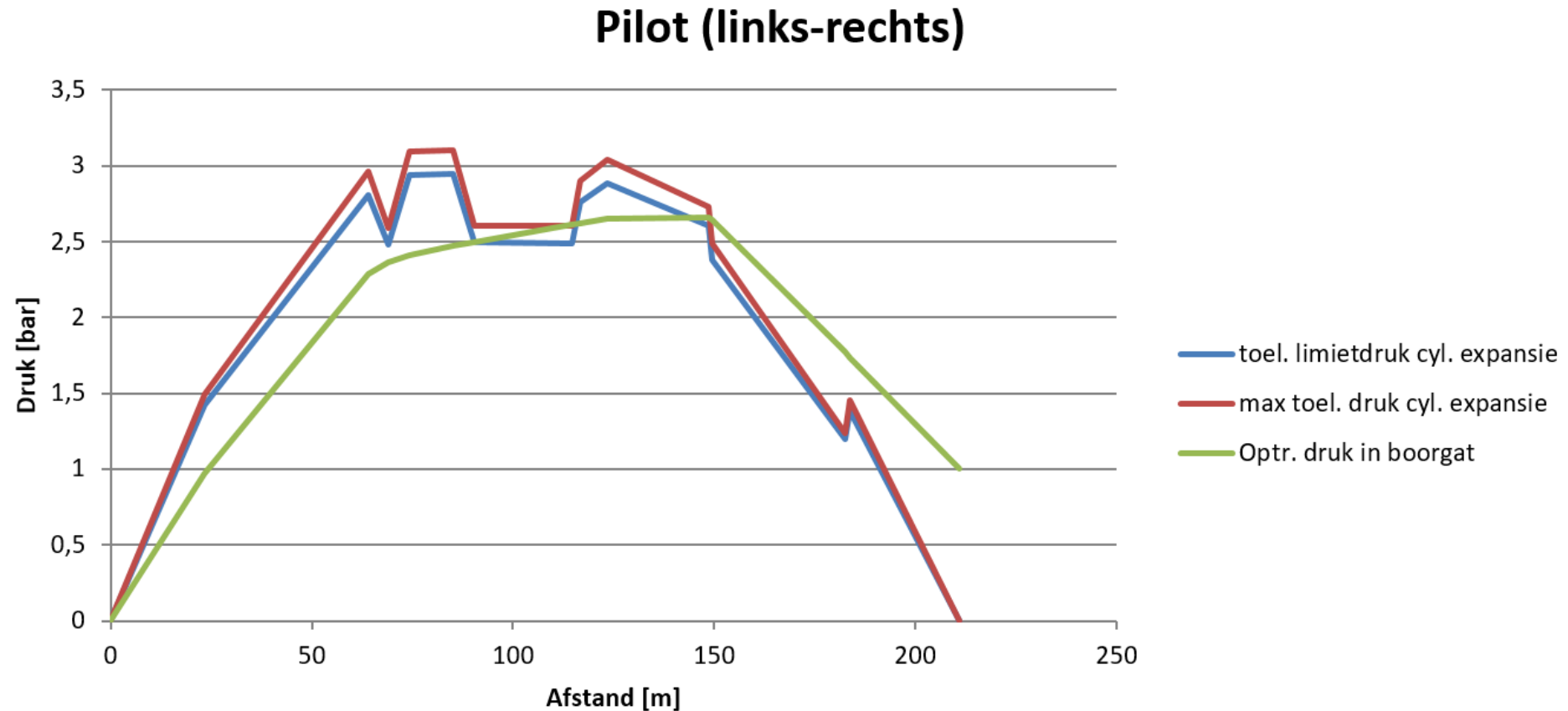
Bij het berekenen wordt ook hier dus rekening gehouden met afvoer van boorspoeling naar uittredepunt of intredepunt.



Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Grafische weergave van een boorspoeldrukberekening

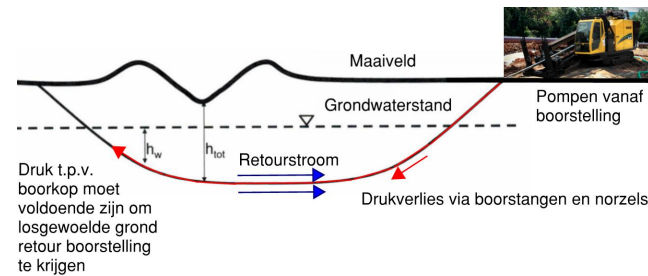
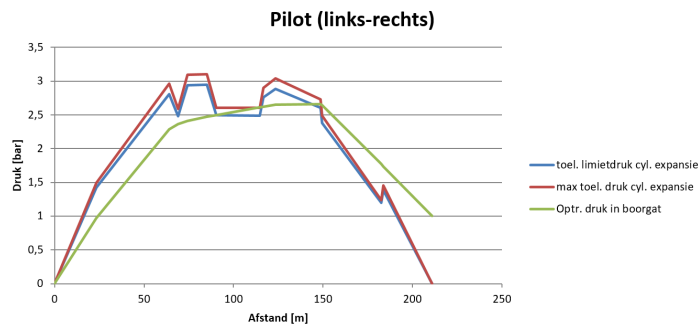


Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Welke invloeden zijn er op $P_{\min}$?

- $P_{\min}$ neemt toe indien gewicht spoeling hoger wordt
- $P_{\min}$ neemt toe wanneer de dieper wordt geboord
- $P_{\min}$ neemt toe wanneer de boorlengte langer wordt
- $P_{\min}$ neemt toe bij vergroting debiet
- $P_{\min}$ wordt lager wanneer de annulaire ruimte rondom de boorstangen wordt vergroot
- $P_{\min}$ verandert met elke boorgang. Verschilt tijdens pilot, ruimen en intrekken

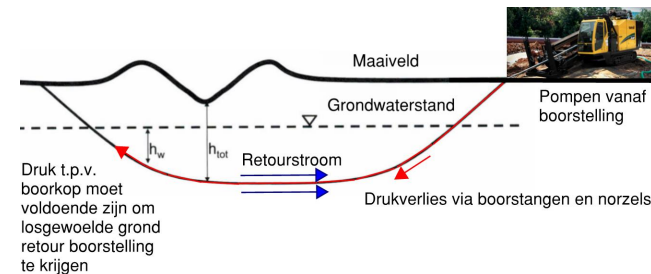
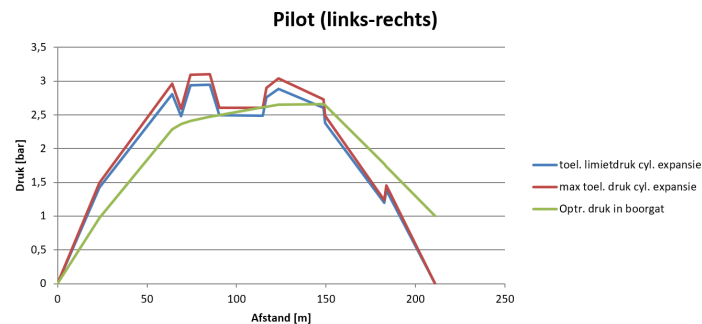


Ontwerpen van een Horizontaal Gestuurde boring (HDD)

Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs

Controle tijdens de uitvoering

- Controleer of boorspoeling retour komt bij intredepunt of uittredepunt. Indien er geen of minder boorspoeling retour komt is er sprake van verlies van spoeling ergens in de grond
- Loop het boortracé af tijdens de uitvoering. Kijk of er blow-outs zijn
- Meet de boorspoeldruk tijdens de pilotboring direct bij de boorkop
- Plaats waterspanningsmeters bij kwetsbare plekken om het verschil in waterspanning te meten
- Voeg eventueel kleurstof toe aan de boorspoeling indien sprake is van een boring in kwetsbare gebieden



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 - KLEI

Algemene gegevens		Boorprofiel	
Samenstelling boring		Omstandigheden bovengronds	
☒ Enkele buis of bundel		☒ Boring ligt op maaiveld	
☐ Mediumbuis in mantelbuis		☐ Boring ligt op rollenbaan	
Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding)		Omstandigheden ondergronds	
Materiaal: PE		☒ Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis)	
Kwaliteit: PE 100		☐ Samengestelde bundel	
Uitwendige middellijn [mm]: 450,0		☐ Moeilijke omstandigheden	
Wanddikte [mm]: 41,0		Gegevens boorstang	
Dikte bekleding [mm]: 0,0		Diameter boorstang [mm]: 127,0	
Medium (Mediumleiding)		Vulling tijdens intrekken	
Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos		Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm]: 0,0	
Ontwerpdruk [N/mm ²]: 0,3		Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm]: 0,0	
Volumieke massa medium [kg/m ³]: 1000,0		Variable onzekerheids- en wrijvingsfactoren	
Temperatuurverschil [°C]: 10,0		Onz. factor bij normale boring: 1,4	
		Belastingfactor, ondergronds: 1,4	
		Belastingfactor, bovengronds: 1,1	
		Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan: 0,3	
		Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm ²]: 0,00005	
		Wrijving tussen leiding/boorgangwand: 0,2	
		Percentage van effectieve limietdruk [%]: 90,0	
		Onzekerheidsfactor straal, ondergronds: 0,9	
		Gegevens pilot	
		Diameter boorkop/boorgat [mm]: 311,0	
		Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009	
		Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,4	
		Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,5	
		Debiet boorvloeistof [l/min.]: 900,0	
		☐ Intersectiemethode ('Meet in the middle')	
		Gegevens ruimgang	
		☒ Toepassen ruimgang	
		☒ Boorstangen koppelen tijden ruimen	
		Diameter ruimer/boorgat [mm]: 406,4	
		Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009	
		Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,4	
		Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,5	
		Debiet boorvloeistof [l/min.]: 2000,0	
		Gegevens intrekken	
		☒ Gecombineerd ruimen/intrekken	
		Diameter ruimer/boorgat [mm]: 675,0	
		Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009	
		Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,4	
		Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,5	
		Debiet boorvloeistof [l/min.]: 1400,0	



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 - KLEI

Algemene gegevens

Boorprofiel

Intrede-hoek (bij boorstelling) [°]

17,0_

Lengte 1e rechte deel L1 [m]

40,0_

38,25

Lengte na 1e deel [m]

40,00

38,25

Uittrede-hoek (bij rollenbaan) [°]

17,0_

Lengte neergaande bocht L2 [m]

74,18

73,09

Lengte na 2e deel [m]

114,18

111,34

Straal maaiveld/rollenbaan [m]

100,0_

Lengte 2e rechte deel L3 [m]

350,0_

350,0_

Lengte na 3e deel [m]

464,18

461,34

Straal neergaande bocht R1 [m]

250,0_

Lengte opgaande bocht L4 [m]

74,18

73,09

Lengte na 4e deel [m]

538,36

534,43

Straal opgaande bocht R2 [m]

250,0_

Lengte 3e rechte deel L5 [m]

40,0_

38,25

Totale lengte [m]

578,36

572,68

Belastinghoek [°]

180

Ondersteuningshoek [°]

120

Partiële factor

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd

☒ Ja
☐ Nee

Partiële factor [-]

1,1_

Doorsneden

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Grondwater	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Inwendige wrijvingshoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Gem. vert. beddingconstante [N/mm³]	Verkeersbelas
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☒	2,0	Klei	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☒	2,0	Klei	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II
2e rechte deel	289,18	286,34	23,0	☒	2,0	Klei	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek I
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☒	2,0	Klei	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek II
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☒	2,0	Klei	17,0	17,0	17,5	5,0	2,0	0,0028	Grafiek ½ x II

Profielsschets

Profielsschets



11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,93	0,14	1,37
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,84	0,27	2,69
2e rechte deel	11,50	22,62	0,68	6,84	0,28	2,81
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,84	0,29	2,94
3e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,93	0,17	1,74

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}; R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{311}{2} = 155,5 \text{ mm}$$

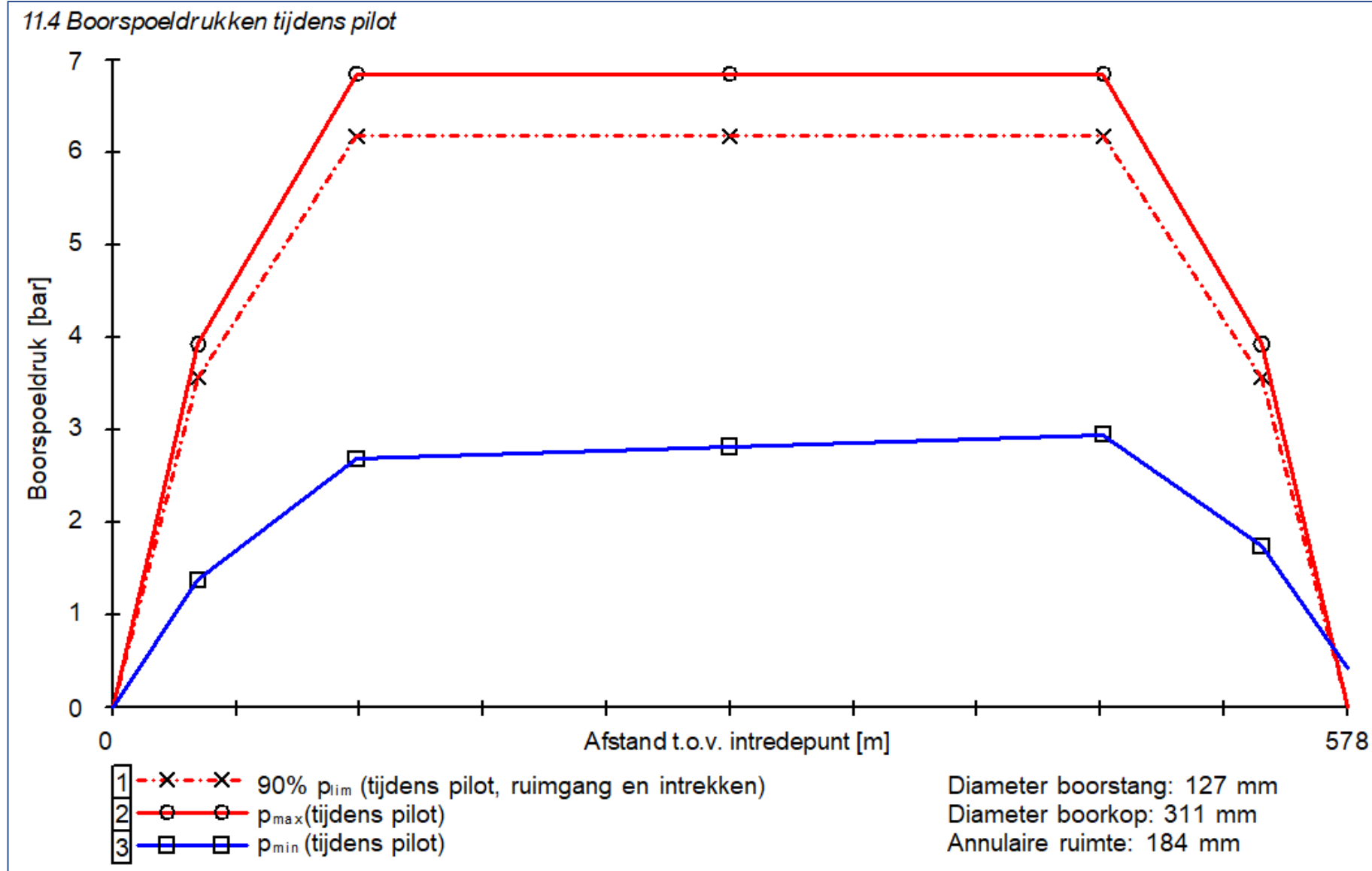
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,237 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – KLEI - PILOT



11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,90	0,14 ⁽¹⁾	1,36
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,83	0,27 ⁽¹⁾	2,66
2e rechte deel	11,50	22,62	0,68	6,83	0,27 ⁽¹⁾	2,74
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,83	0,27 ⁽²⁾	2,69
1e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,90	0,14 ⁽²⁾	1,37

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{406,4}{2} = 203,2 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (406,4^2 - 127^2)} = 0,285 \text{ m/s}$$

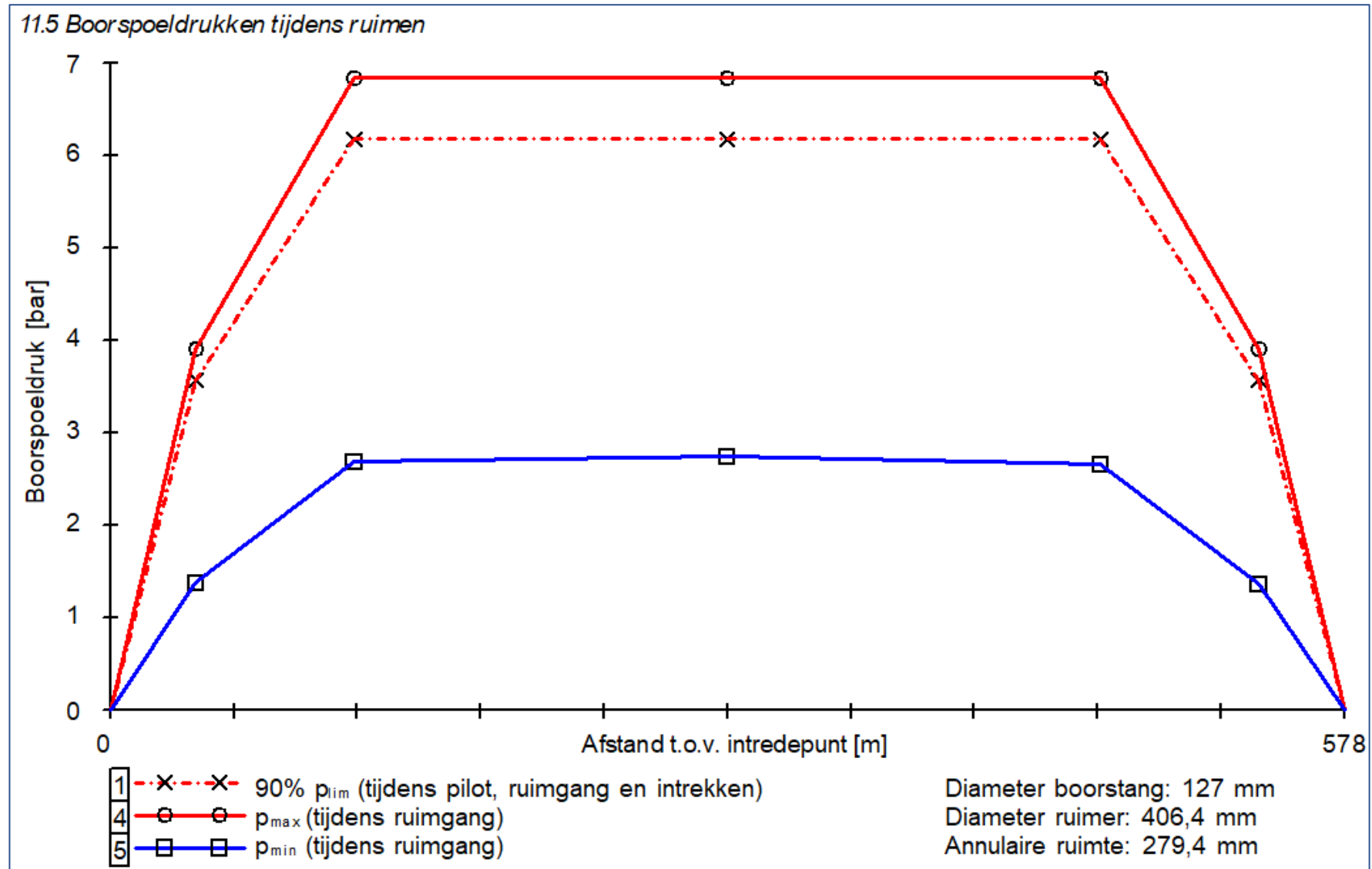
$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,527 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,uit}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – KLEI - RUIMEN



11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	6,00	11,69	0,38	3,81	0,14 ⁽¹⁾	1,37
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,79	0,27 ⁽¹⁾	2,67
2e rechte deel	11,50	22,62	0,68	6,79	0,27 ⁽²⁾	2,74
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,79	0,27 ⁽²⁾	2,66
1e rechte deel	6,00	11,69	0,38	3,81	0,14 ⁽²⁾	1,36

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{675}{2} = 337,5 \text{ mm}$$

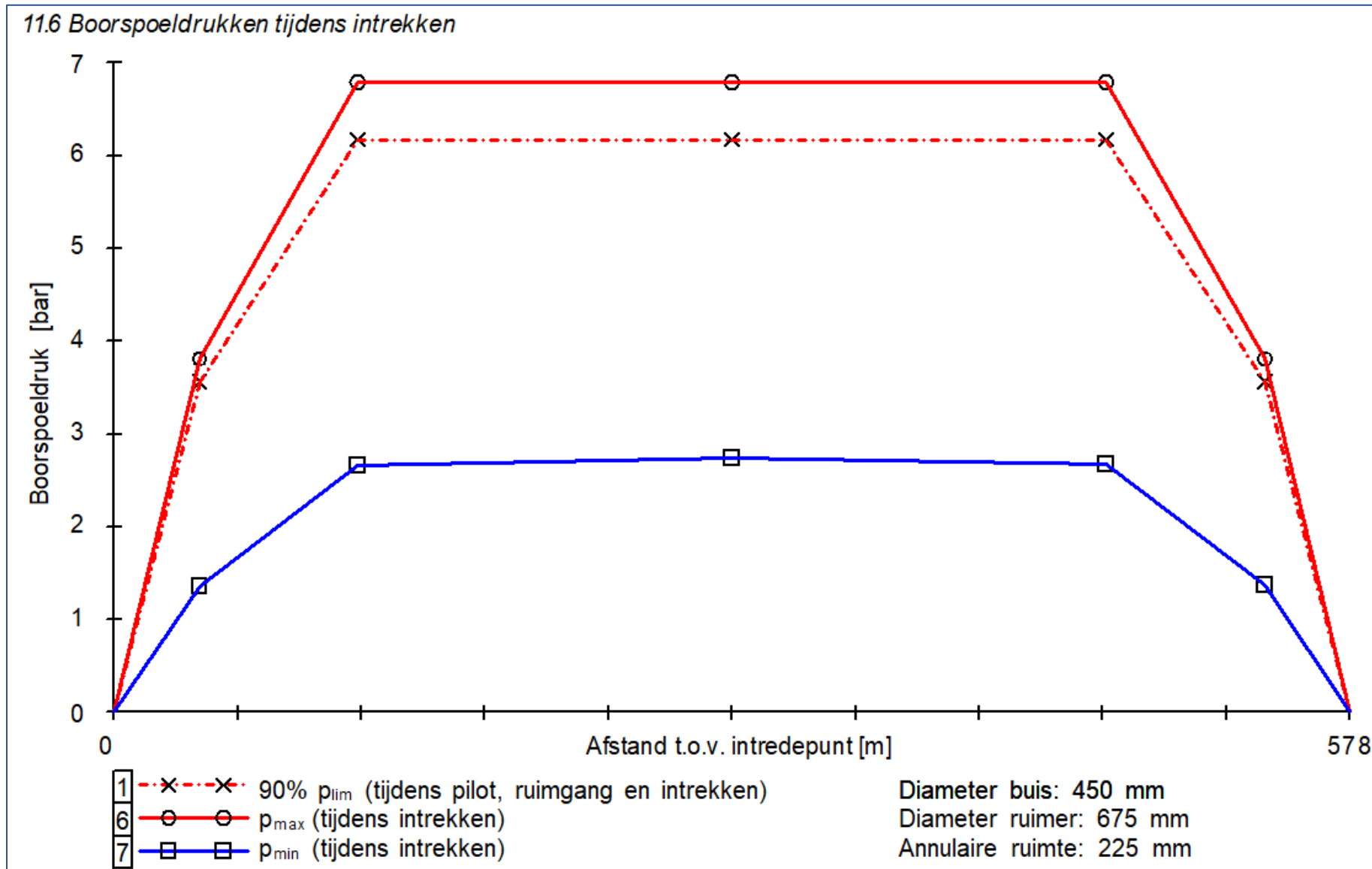
$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (675^2 - 450^2)} = 0,117 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – KLEI - INTREKKEN



Conclusie bij klei:

In het algemeen is 90% P_{lim} maatgevend t.o.v. P_{max}

Deze 90% P_{lim} moet vergeleken worden met P_{min} , dus de druk die de booraannemer minimaal nodig heeft.

Volgens de NEN 3650/3651 dient het verschil tussen de toelaatbare drukken en de minimaal benodigde drukken 0,5 N/mm² te bedragen.



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 - ZAND

Algemene gegevens		Boorprofiel				
Intrede-hoek (bij boorstelling) [°]	17,0_	Lengte 1e rechte deel L1 [m]	40,0_ 38,25	Lengte na 1e deel [m]	40,00 38,25	Ondersteuningshoek [°] 120
Uittrede-hoek (bij rollenbaan) [°]	17,0_	Lengte neergaande bocht L2 [m]	74,18 73,09	Lengte na 2e deel [m]	114,18 111,34	
Straal maaiveld/rollenbaan [m]	100,0_	Lengte 2e rechte deel L3 [m]	350,0_ 350,0_	Lengte na 3e deel [m]	464,18 461,34	
Straal neergaande bocht R1 [m]	250,0_	Lengte opgaande bocht L4 [m]	74,18 73,09	Lengte na 4e deel [m]	538,36 534,43	
Straal opgaande bocht R2 [m]	250,0_	Lengte 3e rechte deel L5 [m]	40,0_ 38,25	Totale lengte [m]	578,36 572,68	

☒ Partiele factor
 Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd ☒ Ja ☐ Nee
 Partiele factor [-] 1,1_

Doorsneden

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Grondwater	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Inwendige wrijvingshoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Gem. vert. beddingconstante [N/mm³]	Verkeersbelas
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☒	2,0	Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	45,0	0,029	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☒	2,0	Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	45,0	0,029	Grafiek II
2e rechte deel	289,18	286,34	23,0	☒	2,0	Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	45,0	0,029	Grafiek I
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☒	2,0	Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	45,0	0,029	Grafiek II
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☒	2,0	Zand	18,0	20,0	32,5	0,0	45,0	0,029	Grafiek ½ x II



11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,93	0,14	1,37
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,84	0,27	2,69
2e rechte deel	11,50	22,62	0,68	6,84	0,28	2,81
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,68	6,84	0,29	2,94
3e rechte deel	6,00	11,69	0,39	3,93	0,17	1,74

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}; R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{311}{2} = 155,5 \text{ mm}$$

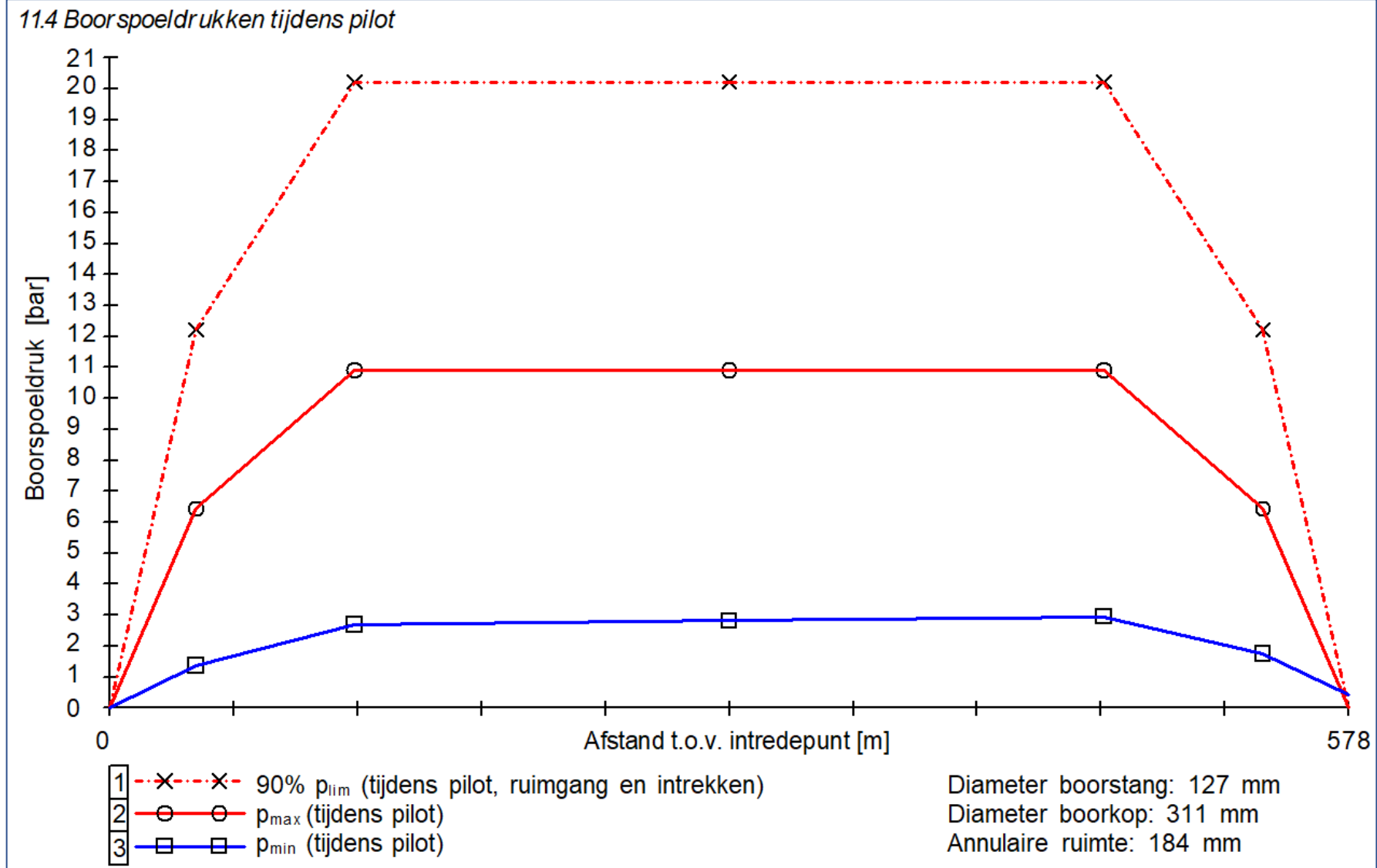
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,237 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – ZAND - PILOT



11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	1,67	11,69	0,64	6,44	0,14 ⁽¹⁾	1,36
Opgaande bocht	1,46	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽¹⁾	2,66
2e rechte deel	1,46	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽¹⁾	2,74
Neergaande bocht	1,46	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽²⁾	2,69
1e rechte deel	1,67	11,69	0,64	6,44	0,14 ⁽²⁾	1,37

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{406,4}{2} = 203,2 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (406,4^2 - 127^2)} = 0,285 \text{ m/s}$$

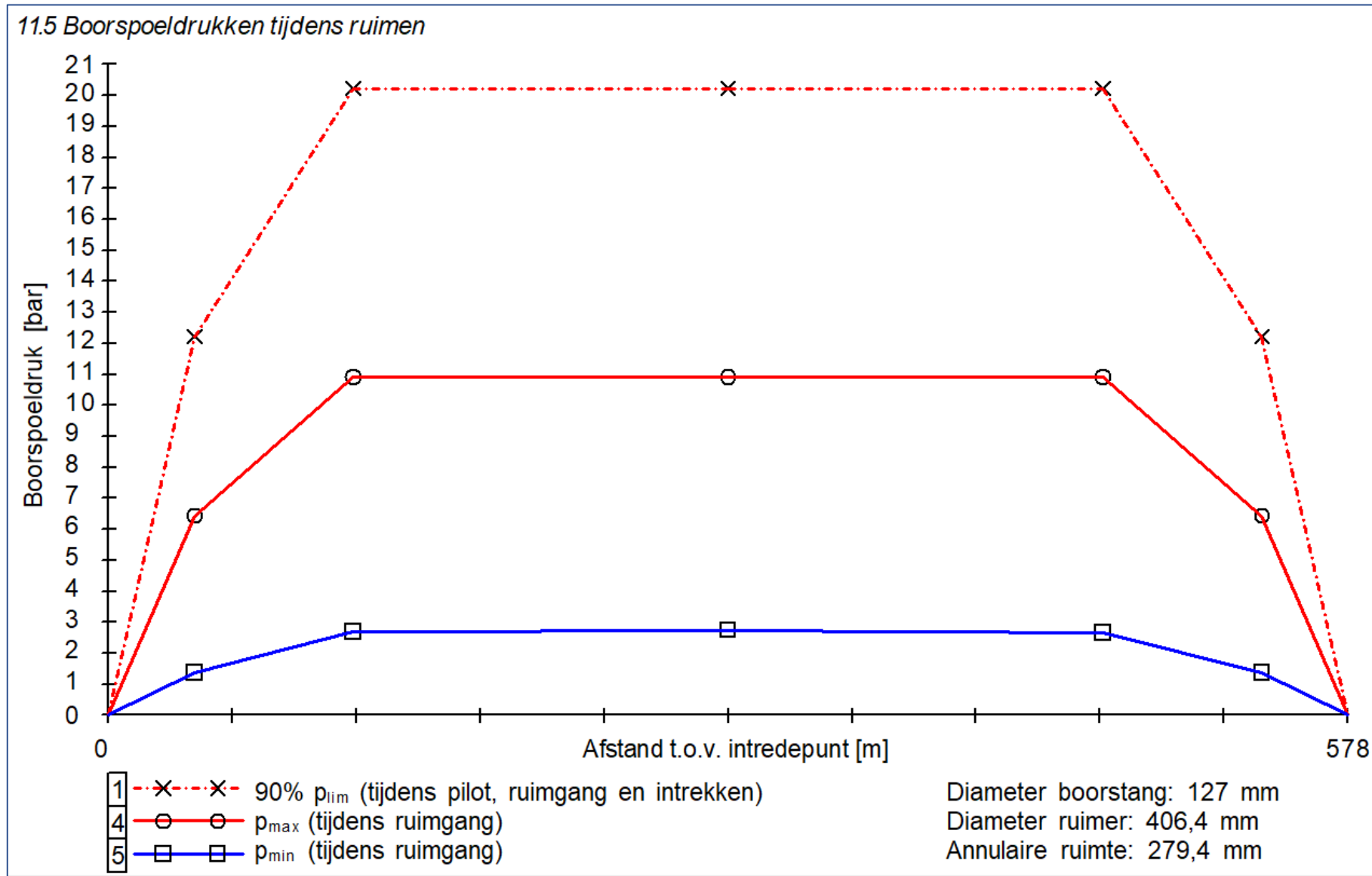
$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,527 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,uit}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – ZAND - RUIMEN



11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	2,78	11,69	0,64	6,44	0,14 ⁽¹⁾	1,37
Opgaande bocht	2,42	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽¹⁾	2,67
2e rechte deel	2,42	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽²⁾	2,74
Neergaande bocht	2,42	22,62	1,09	10,91	0,27 ⁽²⁾	2,66
1e rechte deel	2,78	11,69	0,64	6,44	0,14 ⁽²⁾	1,36

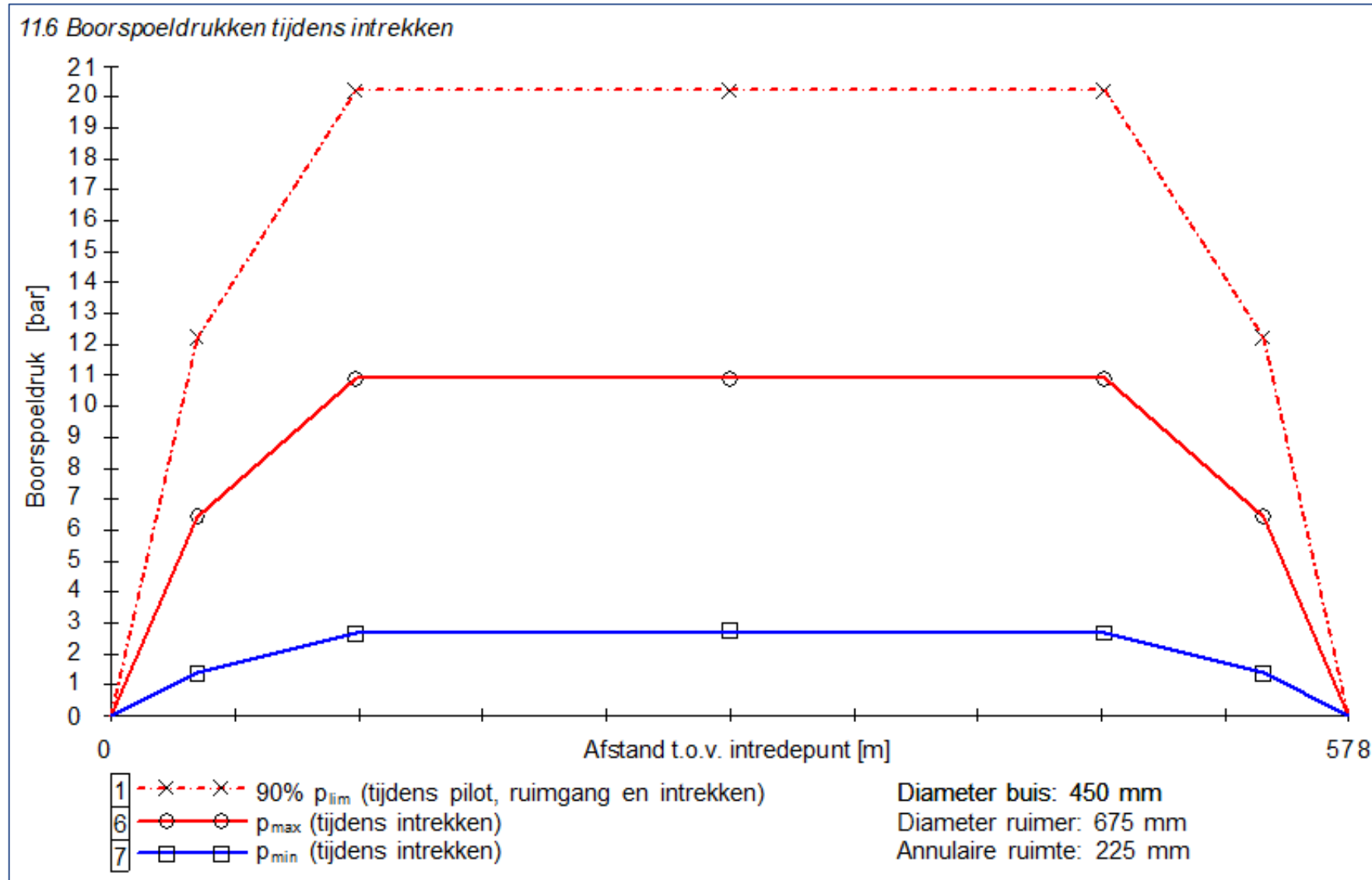
$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{675}{2} = 337,5 \text{ mm}$$

$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (675^2 - 450^2)} = 0,117 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$





Conclusie bij zand:

In het algemeen is $P_{\max}$ maatgevend ten opzichte van 90% $P_{\lim}$

Deze $P_{\max}$ moet vergeleken worden met $P_{\min}$, dus de druk die de booraannemer minimaal nodig heeft

Volgens de NEN 3650/3651 dient het verschil tussen de toelaatbare drukken en de minimaal benodigde drukken 0,5 N/mm² te bedragen.



Boorgatstabiliteit / boerspieldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI

Algemene gegevens
Boorprofiel

Intrede-hoek (bij boorstelling) [°]	17,0_	Lengte 1e rechte deel L1 [m]	40,0_	38,25	Lengte na 1e deel [m]	40,00	38,25	Ondersteuningshoek [°] 120
Uittrede-hoek (bij rollenbaan) [°]	17,0_	Lengte neergaande bocht L2 [m]	74,18	73,09	Lengte na 2e deel [m]	114,18	111,34	
Straal maaiveld/rollenbaan [m]	100,0_	Lengte 2e rechte deel L3 [m]	350,0_	350,0_	Lengte na 3e deel [m]	464,18	461,34	
Straal neergaande bocht R1 [m]	250,0_	Lengte opgaande bocht L4 [m]	74,18	73,09	Lengte na 4e deel [m]	538,36	534,43	
Straal opgaande bocht R2 [m]	250,0_	Lengte 3e rechte deel L5 [m]	40,0_	38,25	Totale lengte [m]	578,36	572,68	

Partiële factor
Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd
☒ Ja ☐ Nee

Partiële factor [-] 1,1_

Doorsneden

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Grondwater	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Inwendige wrijvingshoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Gem. vert. beddingconstante [N/mm³]	Verkeersbelas
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☒	2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☒	2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek II
2e rechte deel	289,18	286,34	23,0	☒	2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek I
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☒	2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek II
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☒	2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek ½ x II

Profielschets

Profielschets



11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	6,00	11,69	0,24	2,36	0,14	1,37
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,01	0,27	2,69
2e rechte deel	11,50	22,62	0,40	4,01	0,28	2,81
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,01	0,29	2,94
3e rechte deel	6,00	11,69	0,24	2,36	0,17	1,74

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}; R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{311}{2} = 155,5 \text{ mm}$$

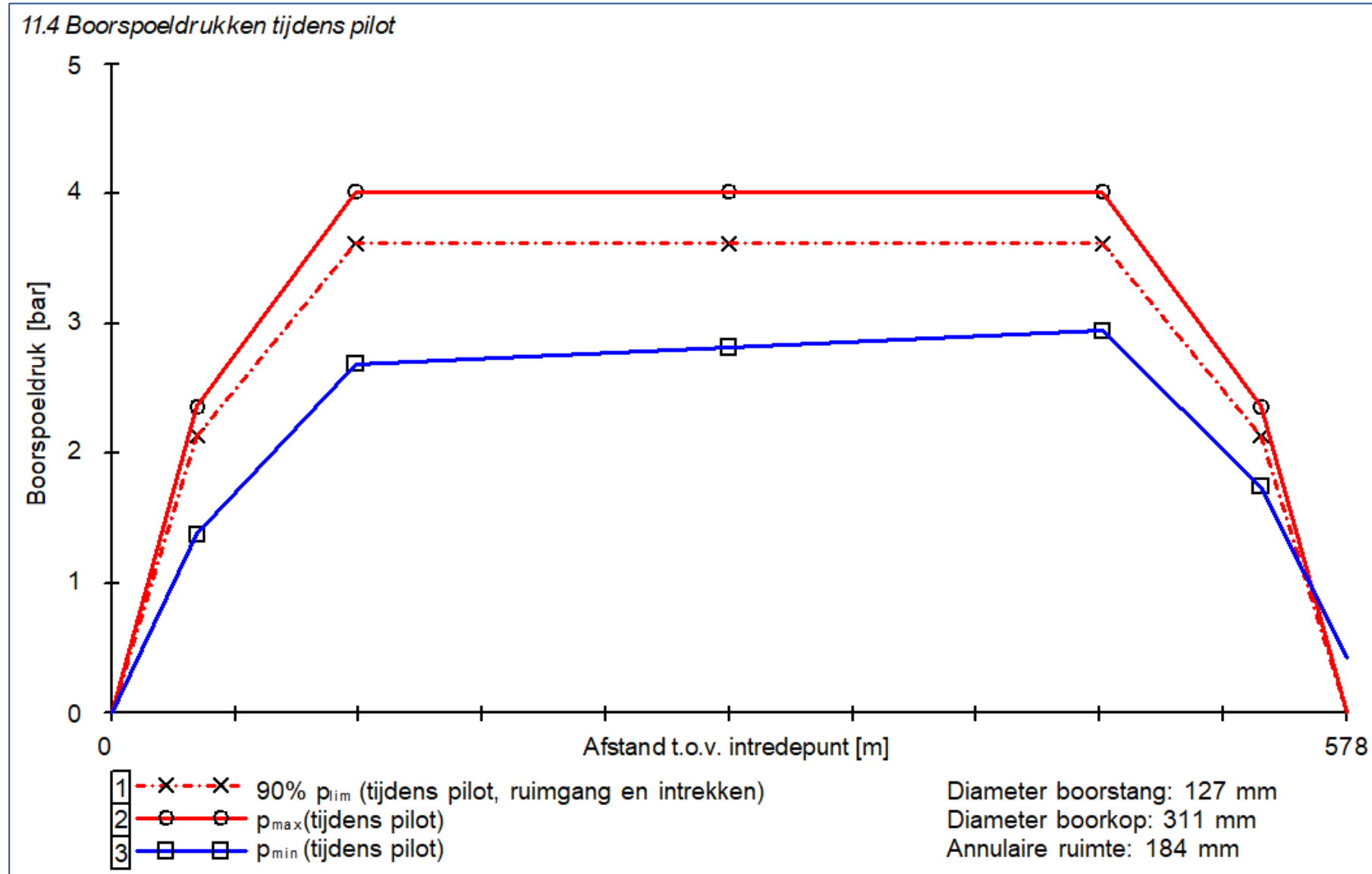
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,237 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI - PILOT



11.2 Tijdens ruimgang

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 4	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 5
3e rechte deel	6,00	11,69	0,24	2,35	0,14 ⁽¹⁾	1,36
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,01	0,27 ⁽¹⁾	2,66
2e rechte deel	11,50	22,62	0,40	4,01	0,27 ⁽¹⁾	2,74
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,01	0,27 ⁽²⁾	2,69
1e rechte deel	6,00	11,69	0,24	2,35	0,14 ⁽²⁾	1,37

$$R_o = \frac{D_{g,r}}{2} = \frac{406,4}{2} = 203,2 \text{ mm}$$

$$v_{m,r,uit} = \frac{Q_{m,r}}{A_r} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,r}^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (406,4^2 - 127^2)} = 0,285 \text{ m/s}$$

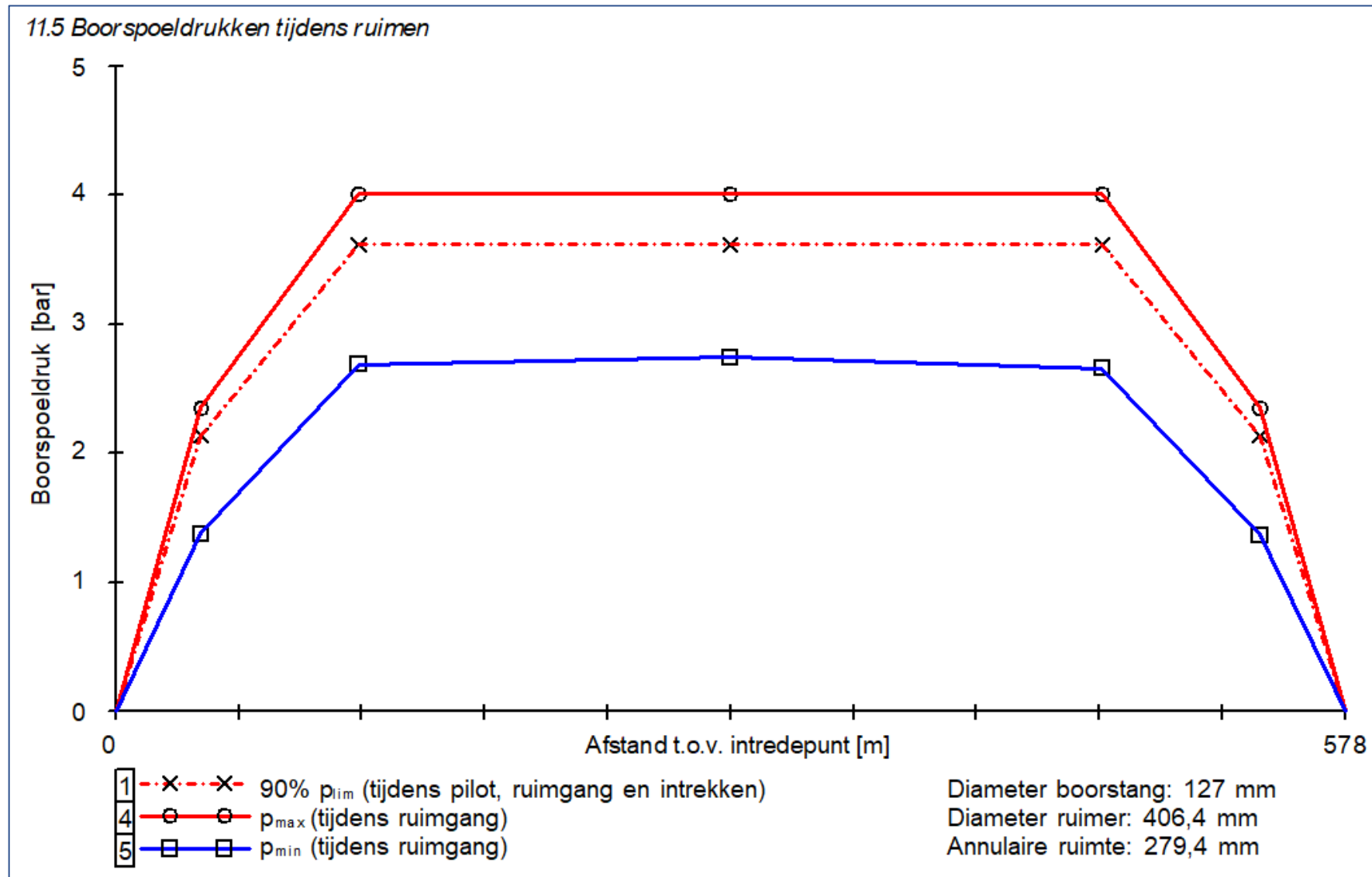
$$v_{m,r,in} = \frac{Q_{m,r}}{A_p} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{2000}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,527 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,uit}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_r \cdot v_{m,r,in}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,r}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,r} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI - RUIMEN



11.3 Tijdens intrekken

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{uit} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 6	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 7
3e rechte deel	6,00	11,69	0,23	2,32	0,14 ⁽¹⁾	1,37
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,00	0,27 ⁽¹⁾	2,67
2e rechte deel	11,50	22,62	0,40	4,00	0,27 ⁽²⁾	2,74
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,40	4,00	0,27 ⁽²⁾	2,66
1e rechte deel	6,00	11,69	0,23	2,32	0,14 ⁽²⁾	1,36

$$R_o = \frac{D_{g,i}}{2} = \frac{675}{2} = 337,5 \text{ mm}$$

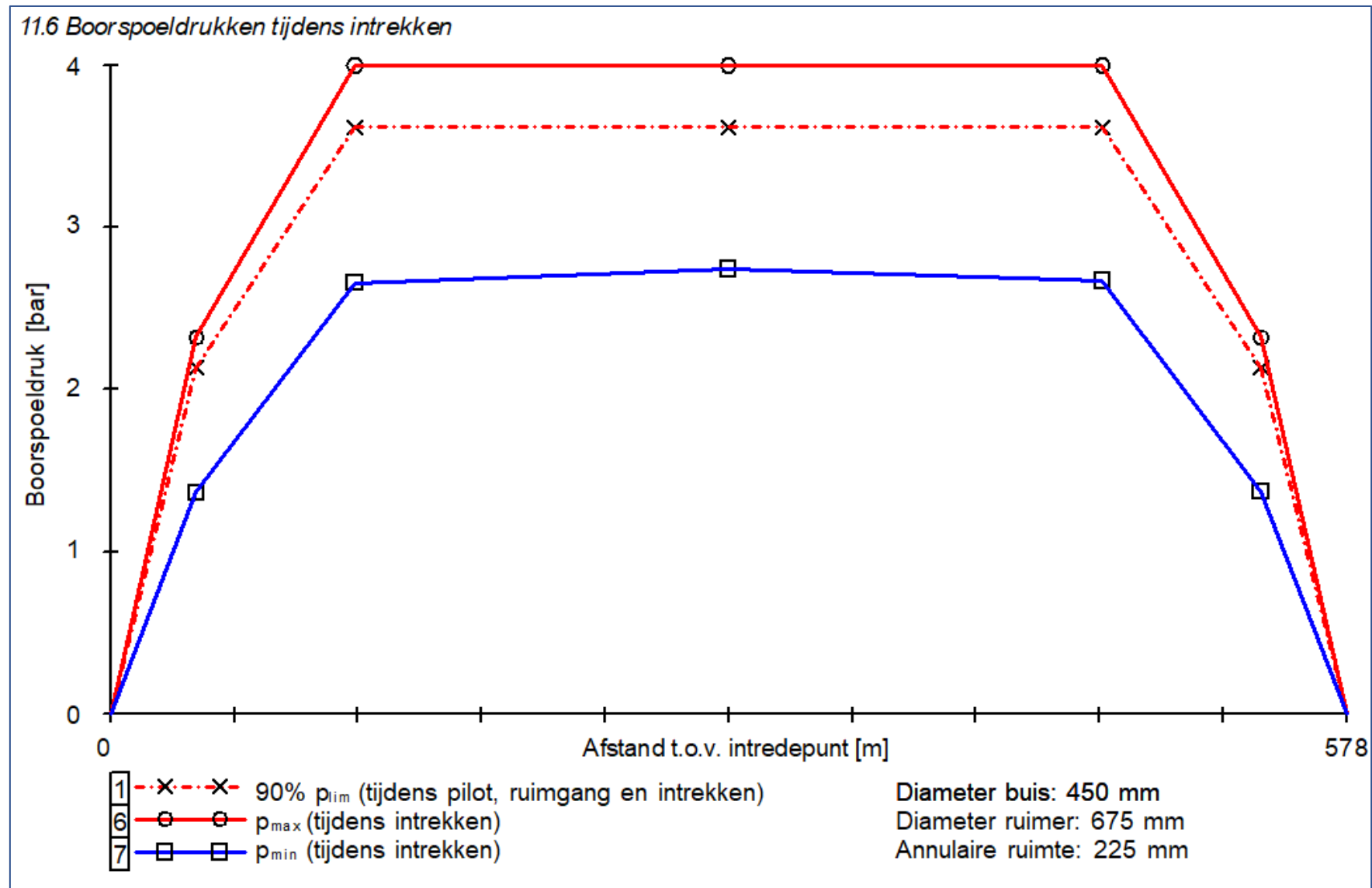
$$v_{m,i,uit} = \frac{Q_{m,i}}{A_i} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_{g,i}^2 - D_o^2)} = \frac{1400}{1/4 \cdot \pi \cdot (675^2 - 450^2)} = 0,117 \text{ m/s}$$

$$p_{min,uit} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,i,uit}}{(D_{g,i} - D_o)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,i} - D_o} \right) \cdot (L_{tot} - L) + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{uit} \quad (1)$$

$$p_{min,in} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_i \cdot v_{m,in}}{(D_{g,r} - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,i}}{D_{g,r} - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,i} \cdot \Delta h_{in} \quad (2)$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI - INTREKKEN



Conclusie bij veen/klei:

Grote kans op blowouts

In het algemeen is 90% P_{lim} maatgevend t.o.v. P_{max}

Deze 90% P_{lim} moet vergeleken worden met P_{min} , dus de druk die de booraannemer minimaal nodig heeft

Volgens de NEN 3650/3651 dient het verschil tussen de toelaatbare drukken en de minimaal benodigde drukken 0,5 N/mm² te bedragen.



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI - WATERGANG

Algemene gegevens

Boorprofiel

Straal neergaande bocht R1 [m]

250,0_

Lengte opgaande bocht L4 [m]

74,18

73,09

Lengte na 4e deel [m]

538,36

534,43

☒ Ja
 ☐ Nee

Straal opgaande bocht R2 [m]

250,0_

Lengte 3e rechte deel L5 [m]

40,0_

38,25

Totale lengte [m]

578,36

572,68

Partiële factor [-]

1,1_

Doorsneden

Locatie	Afstand t.o.v. intredepunt [m]	Horizontale afstand t.o.v. intredepunt [m]	Dekking t.o.v. maaiveld [m]	Grondwater	G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]	Grondsoort	Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]	Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]	Inwendige wrijvingshoek grond [°]	Effectieve cohesie [kN/m²]	E-modulus ondergrond [MN/m²]	Gem. vert. beddingconstante [N/mm³]	Verkeersbelas
1e rechte deel	40,0	38,25	12,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek ½ x II
Neergaande bocht	114,18	111,34	23,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek II
w1	184,18	181,34	23,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Geen
w2	254,18	251,34	18,0	☒	-2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Geen
w3	324,18	321,34	18,0	☒	-2,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Geen
w4	394,18	391,34	23,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Geen
Opgaande bocht	464,18	461,34	23,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek II
3e rechte deel	538,36	534,43	12,0	☒	1,0	Veen	13,0	13,0	15,0	5,0	1,0	0,0028	Grafiek ½ x II

Profielschets

Profielschets



11.1 Tijdens pilot

Locatie	$R_{p,max}$ [m]	Δh_{in} [m]	p_{max} [N/mm ²]	p_{max} [bar] 2	p_{min} [N/mm ²]	p_{min} [bar] 3
1e rechte deel	6,00	11,69	0,22	2,23	0,14	1,37
Neergaande bocht	11,50	22,62	0,39	3,88	0,27	2,69
w1	11,50	22,62	0,39	3,88	0,27	2,74
w2	9,00	22,62	0,32	3,20	0,28	2,79
w3	9,00	22,62	0,32	3,20	0,28	2,84
w4	11,50	22,62	0,39	3,88	0,29	2,89
Opgaande bocht	11,50	22,62	0,39	3,88	0,29	2,94
3e rechte deel	6,00	11,69	0,22	2,23	0,17	1,74

$$R_{p,max} = \frac{H}{2}, R_{p,max,zand} = \sqrt{\frac{R_o^2}{Q} \cdot 2 \cdot \varepsilon_{g,max}} \text{ of } \frac{H}{2}$$

$$R_o = \frac{D_p}{2} = \frac{311}{2} = 155,5 \text{ mm}$$

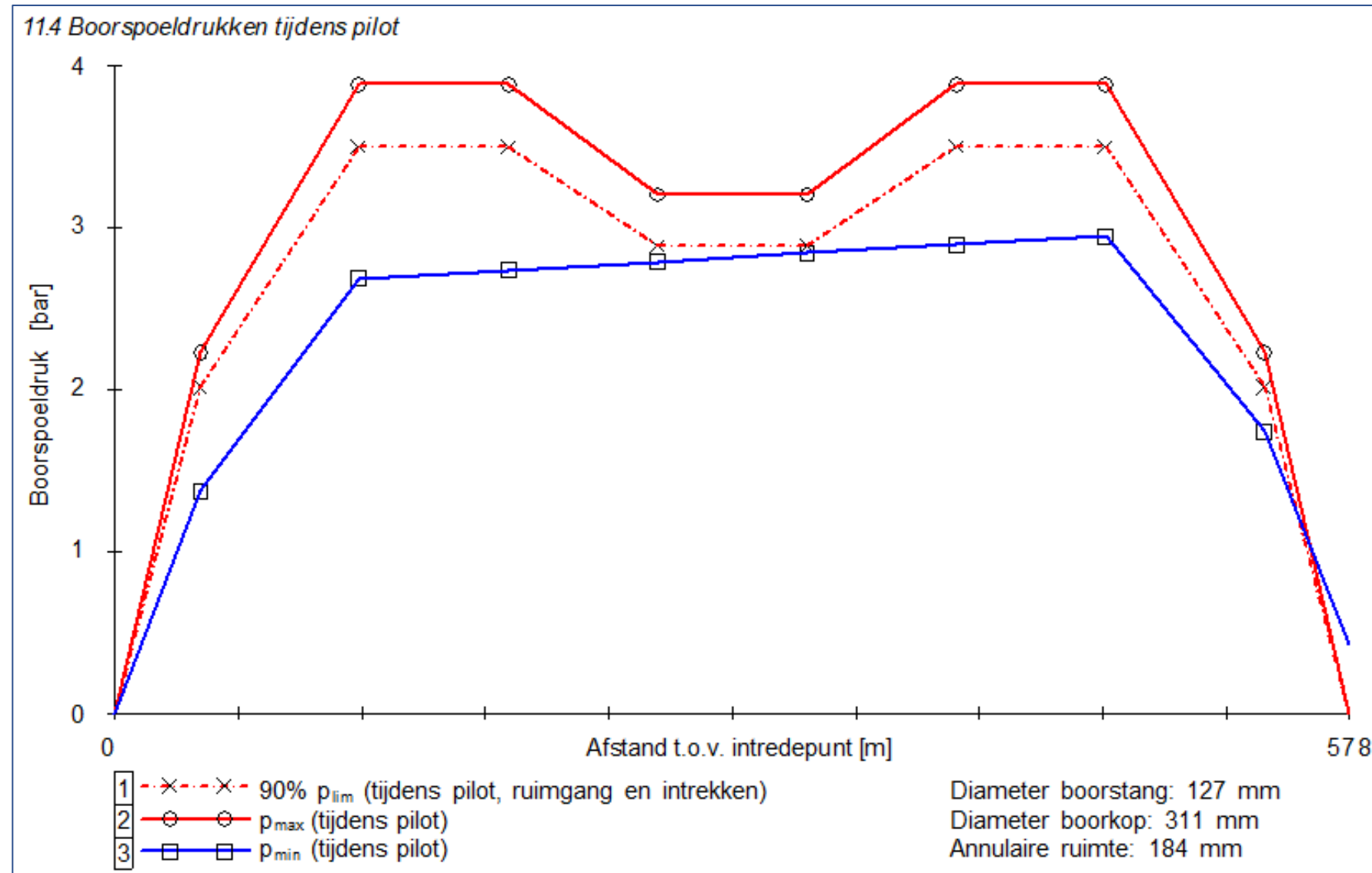
$$p_{max} = (p'_f + c \cdot \cot(\varphi)) \cdot \left(\frac{R_o^2}{R_{p,max}} + Q \right)^{\frac{-\sin \varphi}{1 + \sin \varphi}} - c \cdot \cot(\varphi) + u$$

$$v_{m,p} = \frac{Q_{m,p}}{A_p} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (D_p^2 - D_b^2)} = \frac{900}{1/4 \cdot \pi \cdot (311^2 - 127^2)} = 0,237 \text{ m/s}$$

$$p_{min} = \left(\frac{14580 \cdot \eta_p \cdot v_{m,p}}{(D_p - D_b)^2} + \frac{\tau_{y,p}}{D_p - D_b} \right) \cdot L + \rho_{m,p} \cdot \Delta h_{in}$$



Boorgatstabiliteit / boorspoeldruk / blow-outs: Sigma 2022 – VEEN/KLEI - PILOT



Conclusie bij veen/klei in combinatie met een watergang en hogere grondwaterstand:

Grotere kans op blowouts: aanpassing vaak nodig, door dieper te boren

In het algemeen is 90% P_{lim} maatgevend t.o.v. P_{max}

Deze 90% P_{lim} moet vergeleken worden met P_{min} , dus de druk die de booraannemer minimaal nodig heeft

Volgens de NEN 3650/3651 dient het verschil tussen de toelaatbare drukken en de minimaal benodigde drukken 0,5 N/mm² te bedragen.

