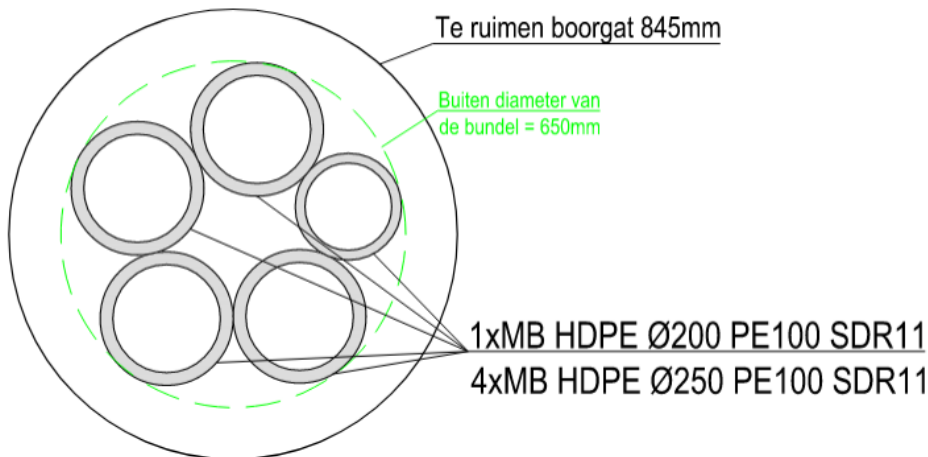


Berekening van de boormachine (rig) bij een bundel met het programma Sigma



Voorbeeld van een bundel

Te boren bundel: We zien hier twee verschillende diameters, namelijk $\varnothing 200$ mm en $\varnothing 250$ mm

De omhullende straal van de bundel is 650 mm. Het boorgat moet volgens de NEN 3650 en de Richtlijn Boortechneik van Rijkswaterstaat 1,3 x deze omhullende straal bedragen. Dus 845 mm.

Beide buizen moeten worden berekend op sterkte.

Lengte boring is circa 285 m.

Werkwijze programma Sigma

In Sigma werken we met twee tabbladen om een HDD te berekenen. Op het 1^e tabblad zien we:

Algemene gegevens		Boorprofiel	
Projectgegevens			
Naam van het project		Sterkteberekening bundelboring	
Projectonderdeel		Bepaling trekkracht van de bundel	
Samenstelling boring		Omstandigheden bovengronds	
<input checked="" type="radio"/> Enkele buis of bundel <input type="radio"/> Mediumbuis in mantelbuis		<input type="radio"/> Enkele buis (of mediumbuis in mantelbuis) <input checked="" type="radio"/> Samengestelde bundel Aantal buizen in de bundel: <input type="text" value="5"/> Gekoppelde bundelbuizen? <input type="radio"/> Ja <input checked="" type="radio"/> Nee <input type="radio"/> Moeilijke omstandigheden	
<input checked="" type="radio"/> Boring ligt op maaiveld <input type="radio"/> Boring ligt op rollenbaan		Gegevens pilot	
Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding)		Diameter boorkop/boorgat [mm]: 105,00 Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009 Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,400 Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,50 Debiet boorvloeistof [l/min.]: 100,00 <input type="checkbox"/> Intersectiemethode ('Meet in the middle')	
Materiaal: PE Kwaliteit: PE 100 Uitwendige middellijn [mm]: 250,00 Wanddikte [mm]: 22,80 Dikte bekleding [mm]: 0,00		Gegevens boorstang	
Medium (Mediumleiding)		Diameter boorstang [mm]: 89,00 Vulling tijdens intrekken Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm]: 0,000 Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm]: 0,000	
<input type="radio"/> Vloeistof <input type="radio"/> Gas <input checked="" type="radio"/> Drukloos		Opleghoeken	
		Belastinghoek [°]: 30 Ondersteuningshoek [°]: 30	
		Gegevens ruimgang	
		<input checked="" type="checkbox"/> Toepassen ruimgang <input checked="" type="checkbox"/> Boorstangen koppelen tijdens ruimen Diameter ruimer/boorgat [mm]: 500,00 Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009 Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,400 Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,50 Debiet boorvloeistof [l/min.]: 900,00	
		Gegevens intrekken	
		<input checked="" type="checkbox"/> Gecombineerd ruimen/intrekken Diameter ruimer/boorgat [mm]: 845,00 Equivalente diameter bundel [mm]: 538,52 Plastische viscositeit boorvloeistof [Pa·s]: 0,009 Zwichtspanning boorvloeistof [Pa]: 13,400 Soortelijk gewicht boorvloeistof [kN/m ³]: 11,50 Debiet boorvloeistof [l/min.]: 900,00	
		Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren	
		Onz. factor bij boring met bundels: 1,80 Belastingfactor, ondergronds: 1,40 Belastingfactor, bovengronds: 1,10 Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan: 0,30 Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm ²]: 0,00005 Wrijving tussen leiding/boorgangwand: 0,20 Percentage van effectieve limietdruk [%]: 90,00 Onzekerheidsfactor straal, ondergronds: 0,90 Partiele factor grondbelasting [-]: 1,10	

Van links naar rechts: we boren met een bundel, we gebruiken geen rollenbaan en de bundel bestaat uit 5 buizen. Deze worden los ingetrokken, ze zijn dus niet aan elkaar vast gemaakt.

Rechts zien we de gegevens van de boorspoeling en het debiet wat wordt gebruikt in liters per minuut.

Kies vervolgens welke buis je wil berekenen. Bij "Leiding- en materiaalgegevens" vullen de uitwendige diameter van de buis in (de uitwendige middellijn). Bij de Ø250 mm PE buis is dat dus 250 mm.

De wanddikte van de PE buis haal je uit de tabel die op te roepen is met de rechtermuisknop:

Overzicht diameters en wanddikten bij PE-leidingen												
Uitwendige middellijn [mm]	Wanddikte [mm]											
	PE 80 SDR 21	PE 80 SDR 17.6	PE 80 SDR 17	PE 80 SDR 13.6	PE 80 SDR 11	PE 100 SDR 17.6	PE 100 SDR 17	PE 100 SDR 13.6	PE 100 SDR 11	PE 100 SDR 9	PE 100 SDR 7.4	
20	-	-	-	2	-	-	-	2	-	-	-	
25	-	2.3	2	2.4	2.3	-	-	2.4	2.3	-	-	
32	-	2.3	2	2.4	3	-	-	2.4	3	3.6	4.4	
40	2	2.3	2.4	3	3.7	-	-	3	3.7	4.5	5.5	
50	2.4	2.9	3	3.7	4.6	-	-	3.7	4.6	5.6	6.9	
63	3	3.6	3.8	4.7	5.8	3.6	3.8	4.7	5.8	7.1	8.6	
75	3.6	-	4.5	5.6	6.8	-	4.5	5.6	6.8	8.4	10.3	
90	4.3	-	5.4	6.7	8.2	-	5.4	6.7	8.2	10.1	12.3	
110	5.3	6.3	6.6	8.1	10	6.3	6.6	8.1	10	12.3	15.1	
125	6	-	7.4	9.2	11.4	-	7.4	9.2	11.4	14	17.1	
140	-	-	8.3	10.3	12.7	-	8.3	10.3	12.7	-	-	
160	7.7	9.1	9.5	11.8	14.6	9.1	9.5	11.8	14.6	17.9	21.9	
180	-	-	10.7	13.3	16.4	-	10.7	13.3	16.4	-	-	
200	9.6	11.4	11.9	14.7	18.2	11.4	11.9	14.7	18.2	22.4	27.4	
225	10.8	-	13.4	16.6	20.5	-	13.4	16.6	20.5	25.2	30.8	
250	11.9	14.2	14.8	18.4	22.8	14.2	14.8	18.4	22.8	27.9	34.2	
315	15	17.9	18.7	23.2	28.7	17.9	18.7	23.2	28.7	35.2	43.1	
355	16.9	-	21.1	26.1	32.3	-	21.1	26.1	32.3	39.7	48.5	

Zoek de diameter op in de tabel en kies de SDR klasse. Bij SDR 11 is dat 22,8 mm.

Je kunt op deze wanddikte klikken, alle andere gegevens worden dan ingevuld.

In het midden van het scherm zien we:

Gegevens boorstang	
Diameter boorstang [mm]	89,00
Vulling tijdens intrekken	
Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm]	0,000
Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm]	0,000
Opleghoeken	
Belastinghoek [°]	30
Ondersteuningshoek [°]	30
Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren	
Onz. factor bij boring met bundels	1,80
Belastingfactor, ondergronds	1,40
Belastingfactor, bovengronds	1,10
Wrijvingscoëff. zonder rollenbaan	0,30
Wrijving tussen leiding/boorvloeistof [N/mm ²]	0,00005
Wrijving tussen leiding/boorgangwand	0,20
Percentage van effectieve limietdruk [%]	90,00
Onzekerheidsfactor straal, ondergronds	0,90
Partiële factor grondbelasting [-]	1,10

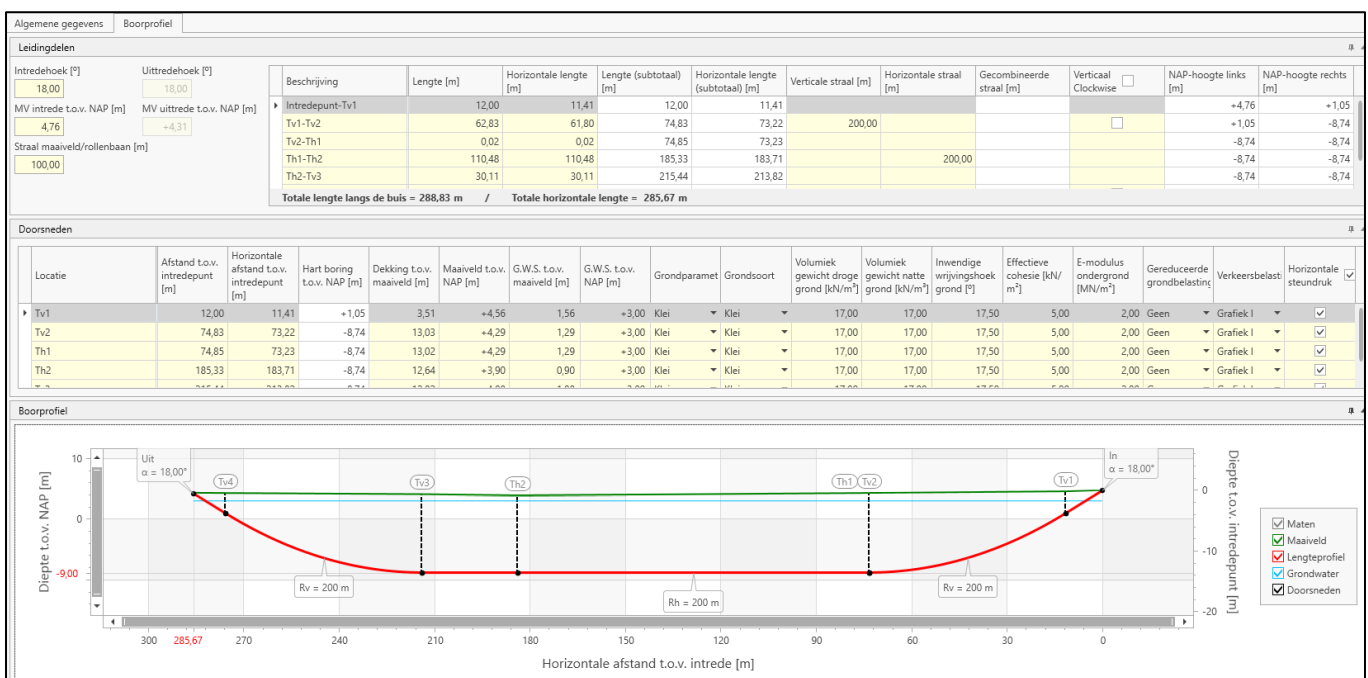
Dus ten eerste moeten we invoeren welke diameter de boorstang heeft. Dit is nodig om de boorspoeldrukken te berekenen.

Je kunt aangeven of je de leiding met water gaat vullen, en zo ja, of dit zowel bovengronds als ondergronds is. Met je rechtermuisknop (moet je wel in het invoerveld staan) kun je het gewicht van die vulling laten berekenen.

Vervolgens zien we belastinghoek en ondersteuningshoek staan. Bij een bundel met drie of meer buizen is deze 30° / 30°. Bij een enkele buis is dit 180° / 120°.

Het invoerblok "Variabele onzekerheids- en wrijvingsfactoren" toont de geadviseerde waarden zoals deze in de NEN 3650/3651 staan. In principe is het niet nodig daar iets in te wijzigen.

Op het tweede tabblad worden gegevens van het boorprofiel ingevoerd.



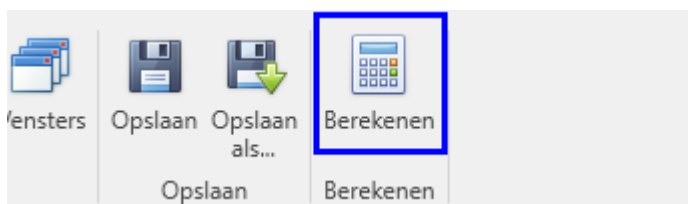
We zien hier drie blokken:

1° betreft gegevens van het boorprofiel zoals in- en uitredehoeken en de lengtes van de bochten en rechte delen. Ook moeten we de boogstralen opgeven.

In het 2° blok vullen we de grondgegevens in en de verkeersbelasting per doorsnede. We hebben hier 6 doorsneden, dus dat moeten we 6 keer doen.

Het 3° blok is de weergave van het boorprofiel met de gronddekkingen enz. Dus dit is een resultaat van de waarden die ingevoerd zijn in blok 1 en blok 2.

Als alles goed is ingevuld kunnen we de berekening maken.



Omdat we de trekkracht willen weten voor deze buis (Ø 250 mm) gaan we kijken naar paragraaf 5.6 in de berekening. We zien hier een tabel met de trekkracht waar de buis tegen moet kunnen.



5.6 Totalisatie van de trekkrachten in fase II

Wanneer een totaalfactor van $f=1,8$ wordt toegepast gelden de volgende waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittredepunt	23.354	2.016	-	-	-	25.370	2,54
Na intrekken van Tv3-Tv4	18.081	-	14.010	704	2.052	34.846	3,48
Na intrekken van Th2-Tv3	15.554	19.758	-	704	2.052	38.067	3,81
Na intrekken van Th1-Th2	6.282	-	40.847	1.407	7.346	55.882	5,59
Na intrekken van Tv2-Th1	6.280	40.850	-	1.407	7.346	55.884	5,59
Na intrekken van Tv1-Tv2	1.007	-	52.844	2.111	10.848	66.810	6,68
Na intrekken van Intredepunt-Tv1	0	55.134	-	2.111	10.848	68.093	6,81

De buis $\varnothing 250$ mm ondergaat een trekkracht van maximaal $68.093 \text{ N} = 68,093 \text{ kN} = 6,81 \text{ ton}$.

De optredende spanning als gevolg van deze trekkracht wordt in Sigma berekend.

In de documentatie van de leverancier van de buizen moet worden nagekeken of deze buis deze trekkracht kan hebben.

In de berekening van de trekkrachten zitten allerlei rekenfactoren. Dat zijn toeslagfactoren. Stellen we al die factoren op 1,0 dan krijgen we de karakteristieke trekkracht. Zie paragraaf 5.7.

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uittredepunt	12.974	1.120	-	-	-	14.094	1,41
Na intrekken van Tv3-Tv4	10.045	-	7.783	391	1.140	19.359	1,94
Na intrekken van Th2-Tv3	8.641	10.977	-	391	1.140	21.148	2,11
Na intrekken van Th1-Th2	3.490	-	22.693	782	4.081	31.045	3,10
Na intrekken van Tv2-Th1	3.489	22.694	-	782	4.081	31.046	3,10
Na intrekken van Tv1-Tv2	559	-	29.358	1.173	6.027	37.116	3,71
Na intrekken van Intredepunt-Tv1	0	30.630	-	1.173	6.027	37.829	3,78

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **37.829 N ($\approx 3,78 \text{ ton}$)**.

We zien dus dat deze maximale waarde 3,78 ton bedraagt.

Volgens de Drilling Contractors Association (DCA-Europe) dient de boorstelling minimaal 2 tot 3 keer deze trekkracht te kunnen leveren. Dus maximaal $3 \times 3,78 \text{ ton} = 11,34 \text{ ton}$. Hoger mag ook, de booraannemer moet ook uitgaan van zijn ervaringen en zijn boorrigs.

Omdat we hier vier buizen hebben van Ø250 mm moet die waarde van 11,34 ton met een factor 4 worden vermenigvuldigd. Dus $3 \times (4 \times 3,78 \text{ ton}) = 45,36 \text{ ton}$.

We trekken echter nog een buis mee, namelijk een PE Ø200 mm. Dus op tabblad 1 vullen we die buisgegevens in

Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) ?	
Materiaal	PE
Kwaliteit	PE 100
Uitwendige middellijn [mm]	200,00
Wanddikte [mm]	18,20
Dikte bekleding [mm]	0,00

en klikken daarna op de knop “Berekenen”. Bij paragraaf 5.7 zien we dan:

5.7 Karakteristieke waarden van de benodigde trekkrachten in fase II

Wanneer geen totaalfactor wordt toegepast ($f = 1$), gelden de volgende karakteristieke waarden voor de trekkrachten.

Trekkracht T_{tot} tijdens verschillende stadia [N]	T_1 [N]	T_2 [N]	T_{3a} [N]	ΣT_{3b} [N]	ΣT_{3c} [N]	T_{tot} [N]	T_{tot} [ton]
Na intrekken van Tv4-Uitredpunt	8.287	758	-	-	-	9.045	0,90
Na intrekken van Tv3-Tv4	6.416	-	5.269	200	744	12.628	1,26
Na intrekken van Th2-Tv3	5.519	7.430	-	200	744	13.893	1,39
Na intrekken van Th1-Th2	2.229	-	15.361	400	2.706	20.696	2,07
Na intrekken van Tv2-Th1	2.229	15.363	-	400	2.706	20.697	2,07
Na intrekken van Tv1-Tv2	357	-	19.873	600	4.009	24.839	2,48
Na intrekken van Intredpunt-Tv1	0	20.734	-	600	4.009	25.344	2,53

De maximale karakteristieke waarde voor de benodigde trekkracht bedraagt **25.344 N** (\approx **2,53 ton**).

Dus voor de Ø200 mm leiding moeten we rekening houden met 2,53 ton. Vermenigvuldigen we die met een factor 3 dan krijgen we 7,59 ton.

We hadden voor de Ø250 mm leidingen totaal 45,36 ton. Daar komt dus nog 7,59 ton bij.

Dus totaal moet de machine kunnen leveren $45,36 \text{ ton} + 7,59 \text{ ton} = \mathbf{52,95 \text{ ton}}$.

Wanneer zo'n machine niet beschikbaar is kan overwogen worden om de leidingen tijdens het intrekken te gaan vullen. Dan is er minder wrijving tijdens het intrekken.

Bij de Ø200 mm leiding weegt de vulling 0,21 N/mm.



Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) ? ▲		Gegevens boorstang ? ▲	
Materiaal	PE	Diameter boorstang [mm]	89,00
Kwaliteit	PE 100	Vulling tijdens intrekken ? ▲	
Uitwendige middellijn [mm]	200,00	Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm]	0,000
Wanddikte [mm]	18,20	Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm]	0,210
Dikte bekleding [mm]	0,00		

De benodigde trekkracht wordt dan 1,13 ton

Bij de Ø250 mm leiding zien we dit:

Leiding- en materiaalgegevens (Mediumleiding) ? ▲		Gegevens boorstang ? ▲	
Materiaal	PE	Diameter boorstang [mm]	89,00
Kwaliteit	PE 100	Vulling tijdens intrekken ? ▲	
Uitwendige middellijn [mm]	250,00	Gewicht vulling/extra gewicht op rollenbaan [N/mm]	0,000
Wanddikte [mm]	22,80	Gewicht vulling/extra gewicht tpv boorgang [N/mm]	0,328
Dikte bekleding [mm]	0,00		

Met als resultaat dat de benodigde trekkracht 1,6 ton.

We krijgen nu dus $4 \times 1,6 \text{ ton} + 1 \times 1,13 \text{ ton} = 7,53 \text{ ton}$.

Uitgaande van de DCA-richtlijn moet er een machine gebruikt worden van 2 tot 3 keer deze waarde, dus $3 \times 7,53 \text{ ton} = \mathbf{22,59 \text{ ton}}$. Dat scheelt dus zo'n 30 ton!

Uiteraard moet het boorbedrijf met al zijn ervaring zelf inschatten welke machine wordt ingezet. Die keuze is zijn verantwoordelijkheid. Sigma is wat dat betreft niet meer dan een rekenmachine.