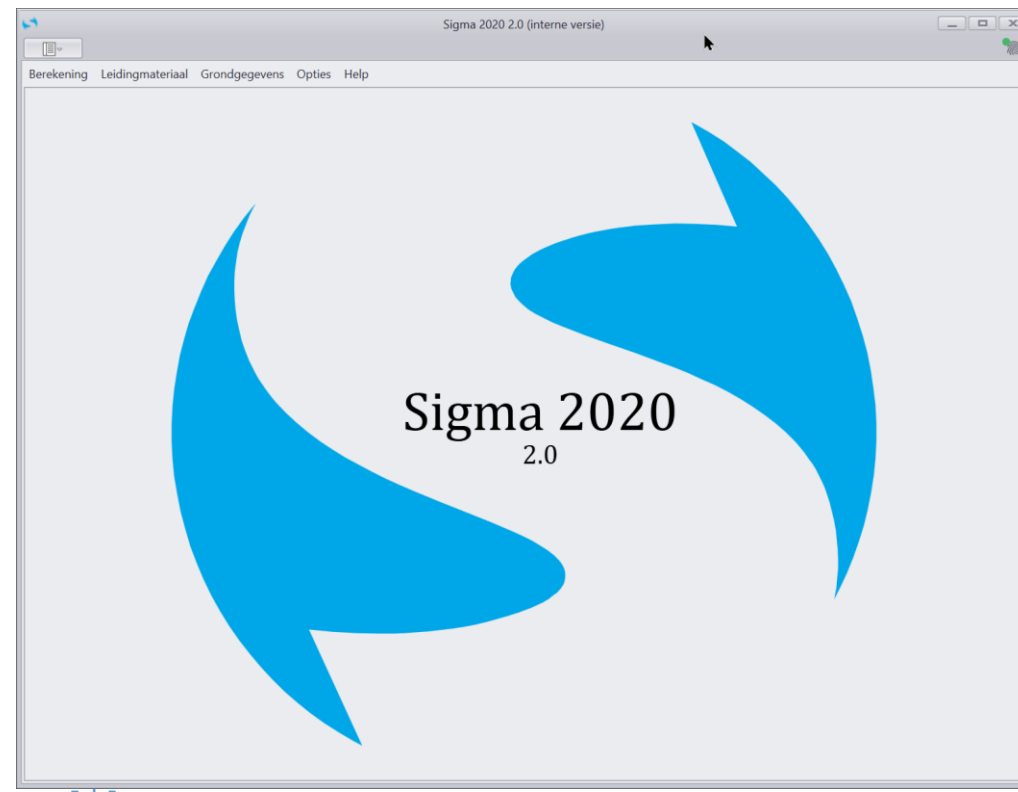


U krijgt een demonstratie voordat de Sigma oefeningen beginnen.

Hand-outs met aanvullende informatie en instructie zullen worden verstrekt.

De onderwerpen die we tijdens deze oefening zullen behandelen zijn:

- Navigatie in Sigma
- Berekeningen maken
- Werken met opties per berekeningsmethode

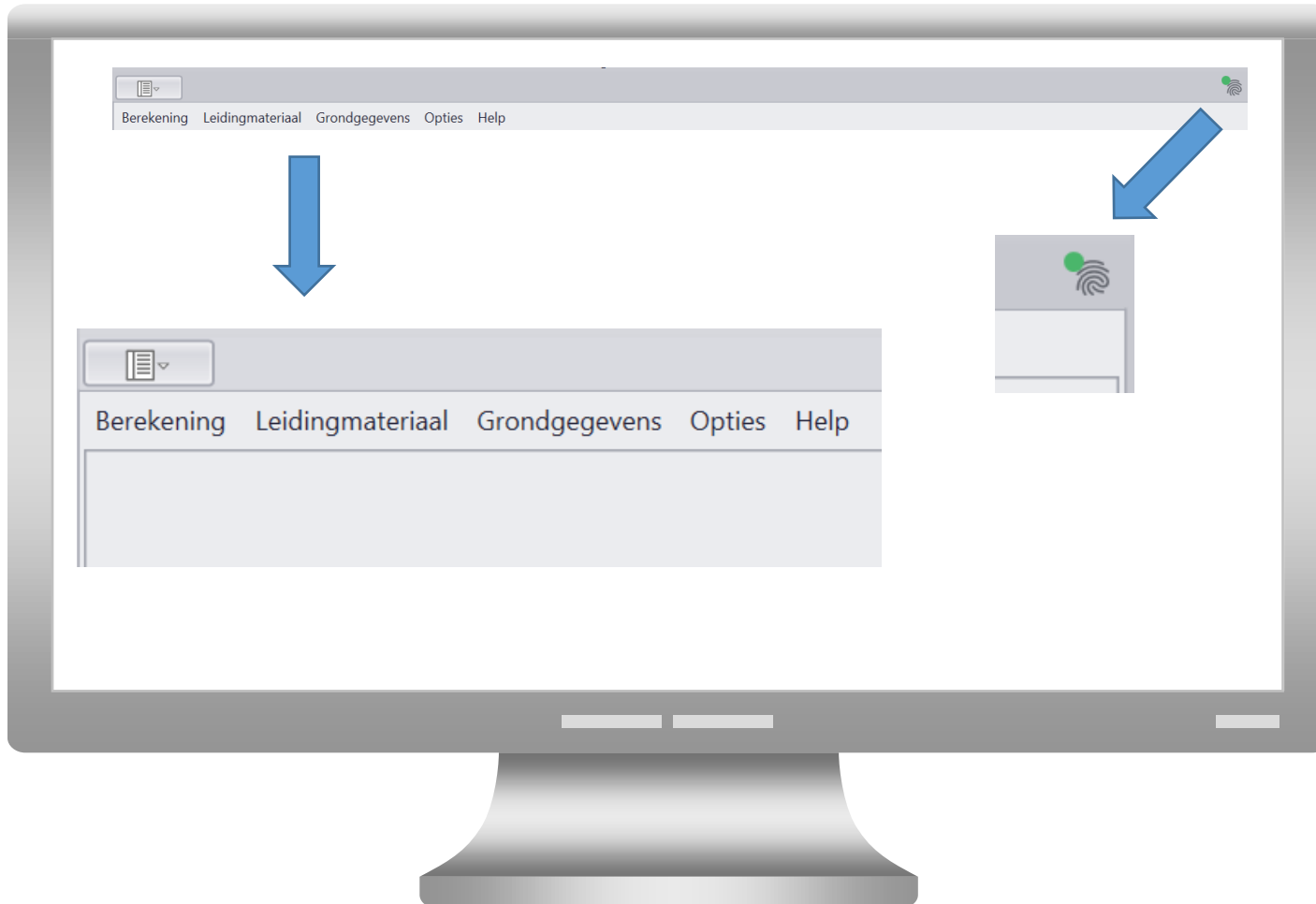




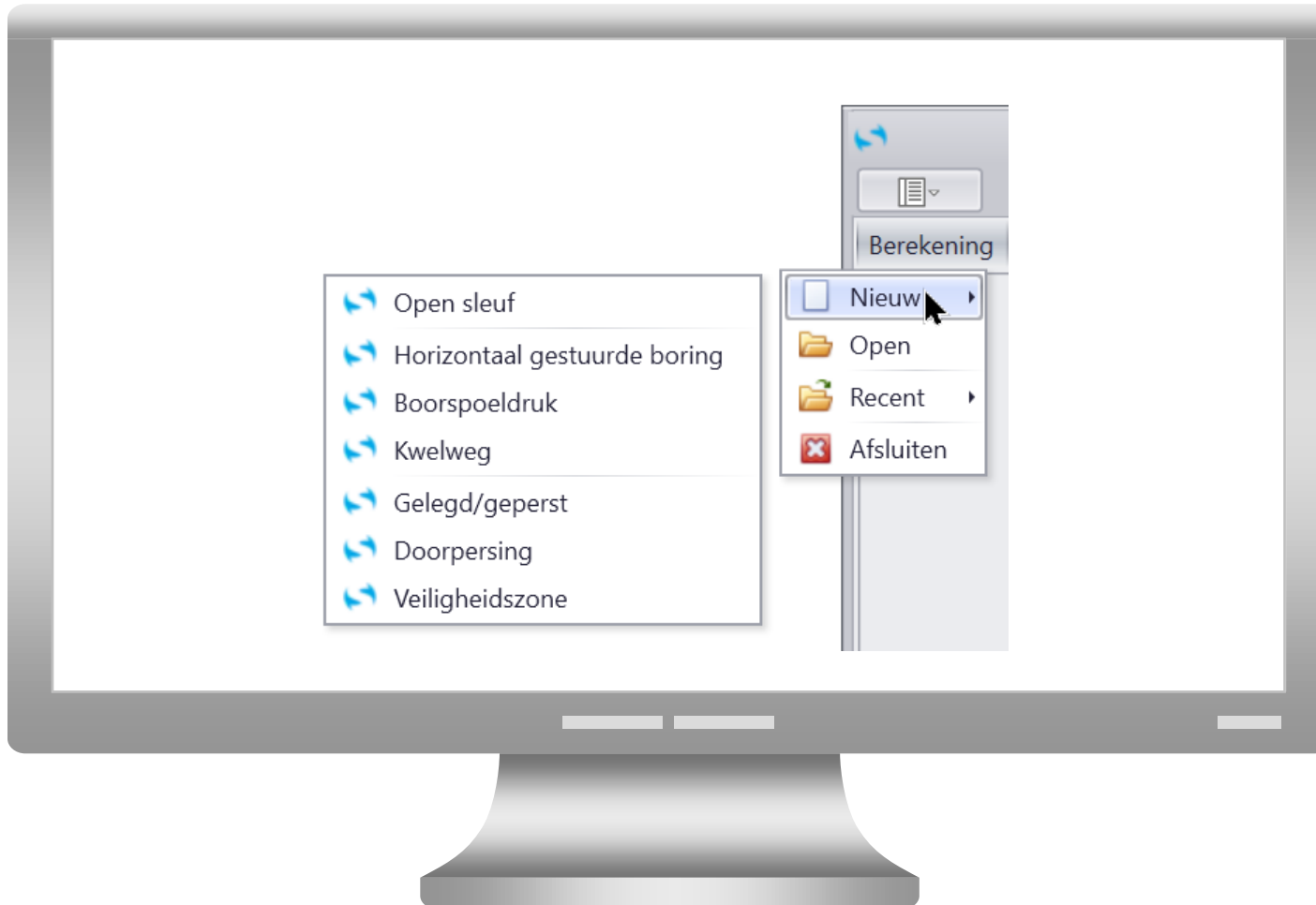
- 1 Open programma Sigma
- 2 Tijdens het openen ziet u de naam Sigma
- 3 Ook het versie nummer wordt getoond.

Het jaartal 2020 is gerelateerd aan de NEN 3650:2020 en de NEN 3651:2020. Deze zijn in maart 2020 gepubliceerd.

Met behulp van het versienummer tonen we de update van Sigma. Is sprake van een grote update dan wordt Sigma hernummerd naar bijvoorbeeld 3.0, is sprake van een kleine update dan verschijnt bijvoorbeeld 2.0.7.



- 1 Linkerzijde programma. Vijf keuzes:
  - Berekening
  - Leidingmateriaal
  - Grondgegevens
  - Opties
  - Help
- 2 Rechterzijde programma: vingerafdruk om programma te registreren.



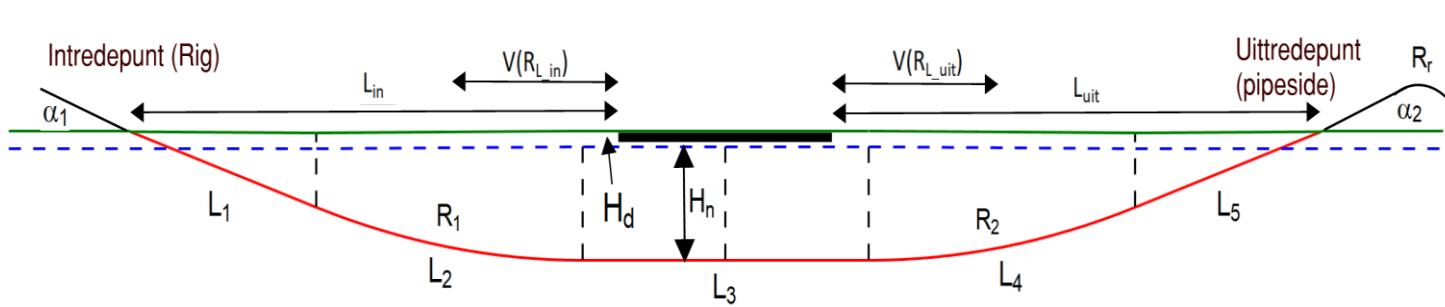
1 Klik op “Berekening”

2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

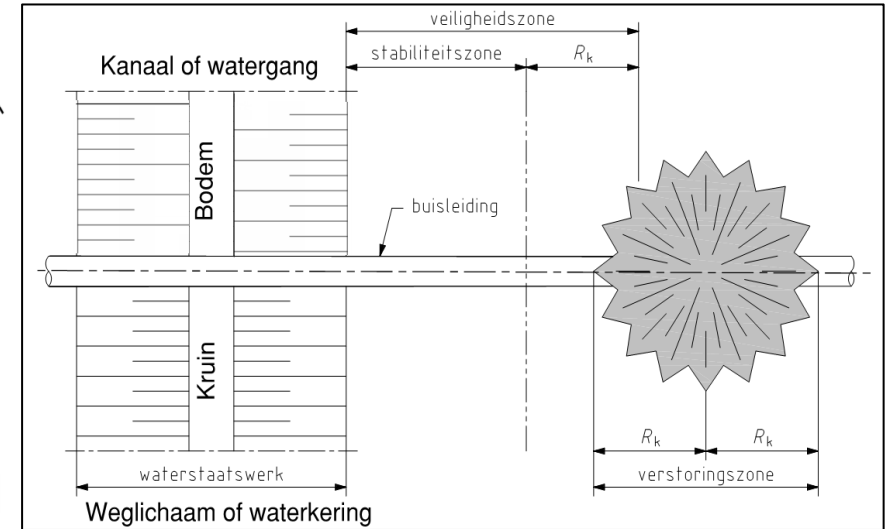
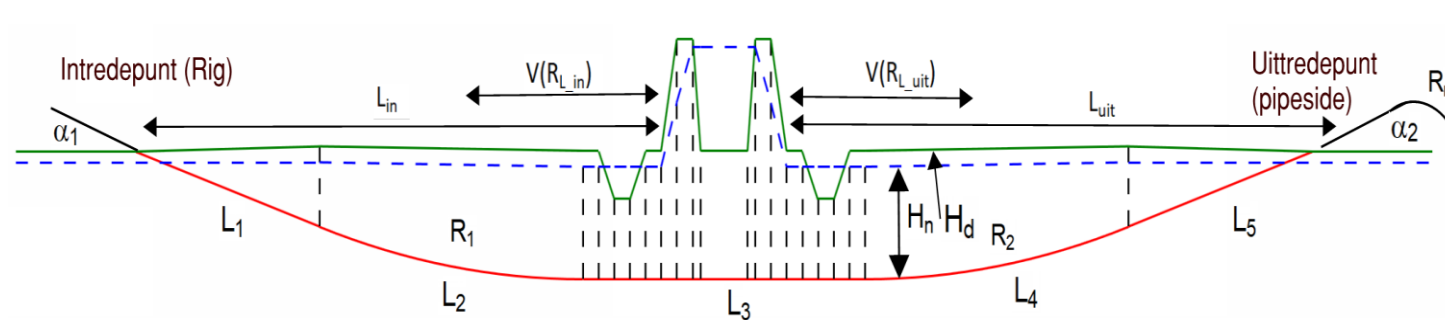
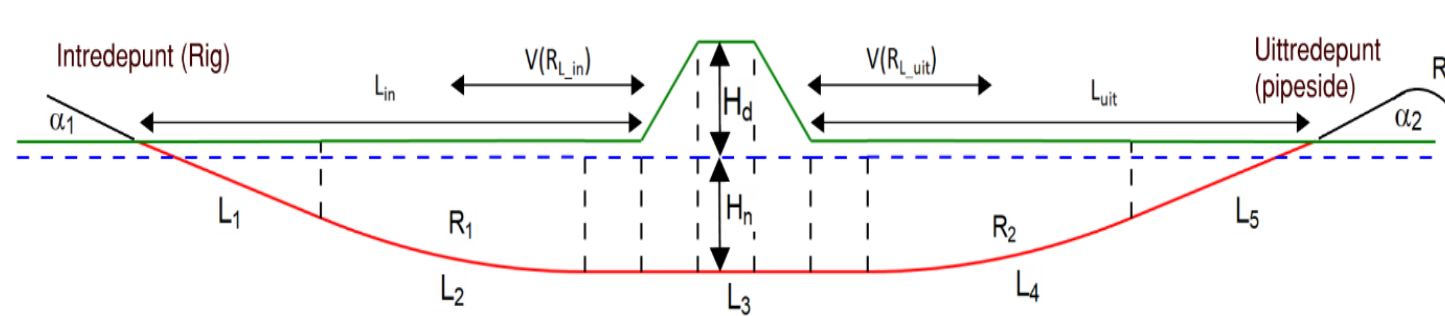
Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

3 Klik op “Veiligheidszone”



Waterstaatswerk verheeld met aangrenzend gebied



Waterstaatswerk niet verheeld met aangrenzend gebied: dus zichtbaar in het gebied

# Veiligheidszone vloeistofleiding

## Verheelde situatie

**Projectgegevens**

Naam van het project:

Projectonderdeel:

**Leiding- en materiaalgegevens**

Uitwendige middellijn [mm]:

Wanddikte [mm]:

**Medium**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [ $\text{N/mm}^2$ ]:

Volumieke massa medium [ $\text{kg/m}^3$ ]:

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

**Grondmechanische gegevens**

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]:

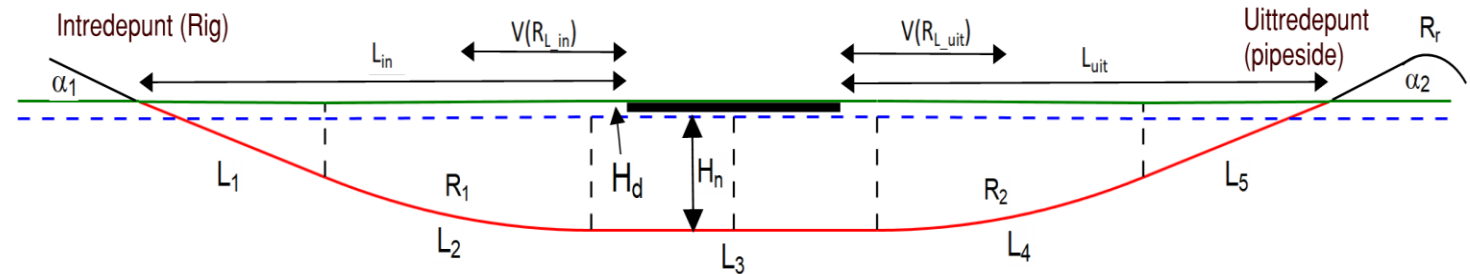
**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

Diagram illustrating the pipe layout and safety zone calculation. The diagram shows a pipe section with various parameters labeled:  $\alpha_1$ ,  $L_1$ ,  $R_1$ ,  $L_2$ ,  $H_d$ ,  $H_{tr}$ ,  $L_3$ ,  $R_2$ ,  $L_4$ ,  $L_5$ ,  $\alpha_2$ ,  $R_r$ ,  $L_{in}$ ,  $V(R_{t, in})$ ,  $V(R_{t, uit})$ ,  $L_{uit}$ , and "Uitredpunt (pipeside)".

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
  - Projectgegevens
  - Leiding- en materiaalgegevens
  - Gegevens medium
  - Grondmechanische gegevens
  - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

### Verheeld waterstaatswerk



- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - De gronddekking van de leiding
  - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
  - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Volumieke massa vloeistof (bij water is dit  $1000 \text{ kg/m}^3$ , bij olie is dat vaak  $800 \text{ kg/m}^3$ )
  - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
  - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Nee”)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

# Oefening #1: Veiligheidszone vloeistofleiding

## Resultaten

### Berekening van de factor $H^3 \cdot D_l^5$

$$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_l^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$$

### Berekening van de halve breedte van de erosiekrater $R_B$

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_l^5}$$

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$$

### Berekening van de halve lengte van de erosiekrater $R_L$

Indien er sprake is van een klein gat:  $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat:  $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen:  $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$

### Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 0,00 + 12,36 = 12,36 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

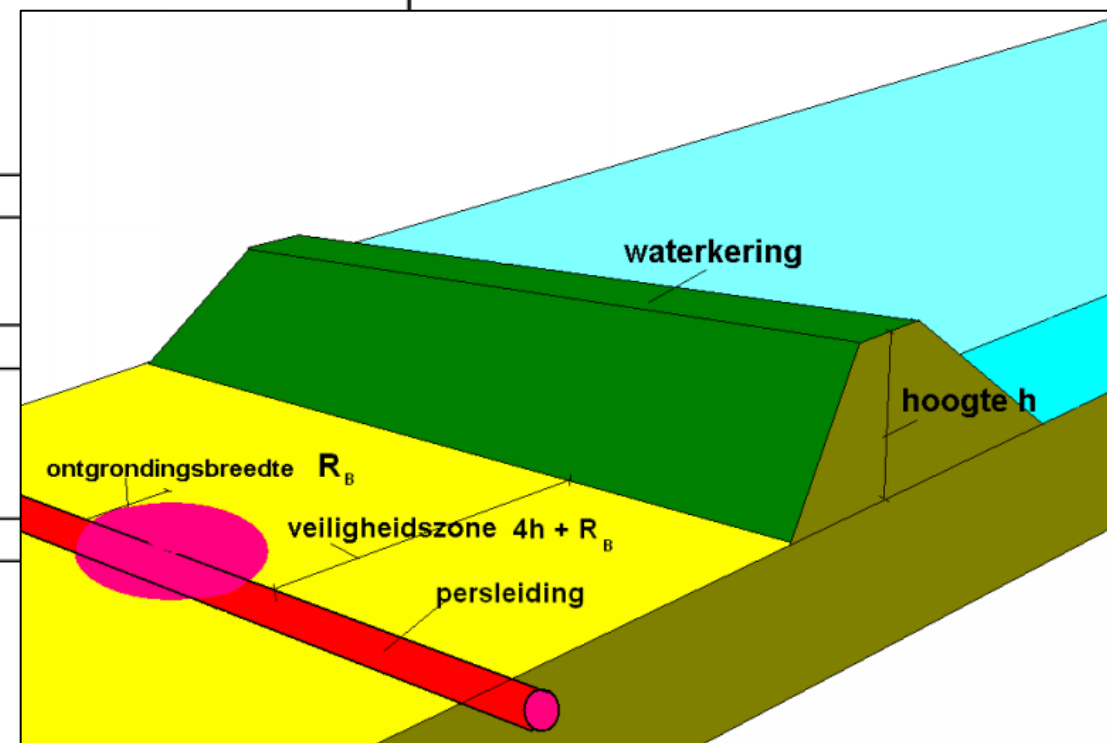
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 0,00 + 6,18 = 6,18 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 0,00 + 12,36 = 12,36 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 0,00 + 24,72 = 24,72 \text{ m}$$

### Berekening van de diepte van de erosiekrater

$$D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.



# Veiligheidszone vloeistofleiding

## Niet verheelde situatie

**Projectgegevens**

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 2: Vloeistofleiding

**Leiding- en materiaalgegevens**

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0\_

Wanddikte [mm]: 28,7\_

**Medium**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3\_

Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 1000,0\_

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

**Grondmechanische gegevens**

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0\_

**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 2,5\_

☐ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 10,0\_

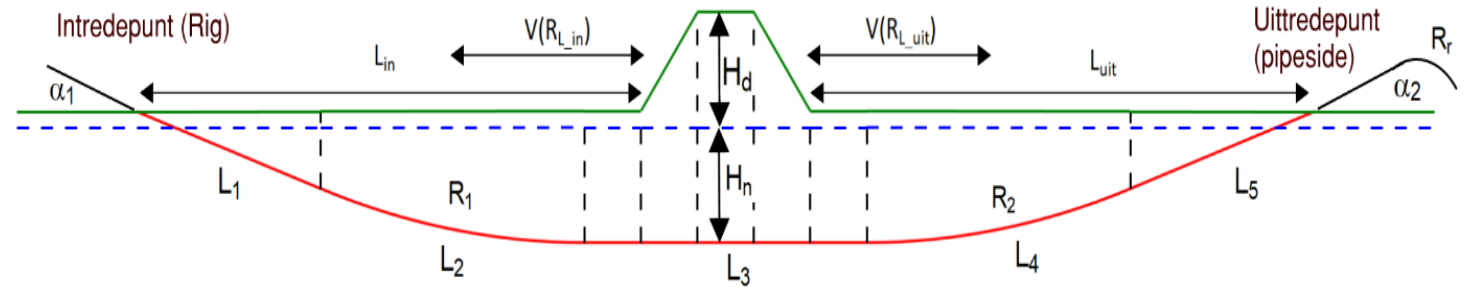
**Diagram:** A schematic diagram showing the safety zone calculation. It includes labels for the inlet point (Intredepunt (Rig)), outlet point (Uitredpunt (pipeside)), distances (L<sub>in</sub>, L<sub>out</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>), heights (H<sub>d</sub>, H<sub>h</sub>), and radii (R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>). The diagram also shows the ground surface (maaiveld) and the pipe profile.

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
  - Projectgegevens
  - Leiding- en materiaalgegevens
  - Gegevens medium
  - Grondmechanische gegevens
  - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

## Oefening #2: Veiligheidszone vloeistofleiding

## stap voor stap

### Niet verheeld waterstaatswerk



- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - De gronddekking van de leiding
  - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
  - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Volumieke massa vloeistof (bij water is dit  $1000 \text{ kg/m}^3$ , bij olie is dat vaak  $800 \text{ kg/m}^3$ )
  - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
  - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Ja”)
- Standaard is het hoogteverschil kruin-maaiveld 2,5 m
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

# Oefening #2: Veiligheidszone vloeistofleiding

## Resultaten

### Berekening van de factor $H^3 \cdot D_i^5$

$$H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$$

$$H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_i^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$$

### Berekening van de halve breedte van de erosiekrater $R_B$

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_i^5}$$

$$R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$$

### Berekening van de halve lengte van de erosiekrater $R_L$

Indien er sprake is van een klein gat:  $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat:  $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvaste verbindingen:  $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$

### Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 2,50 + 12,36 = 22,36 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

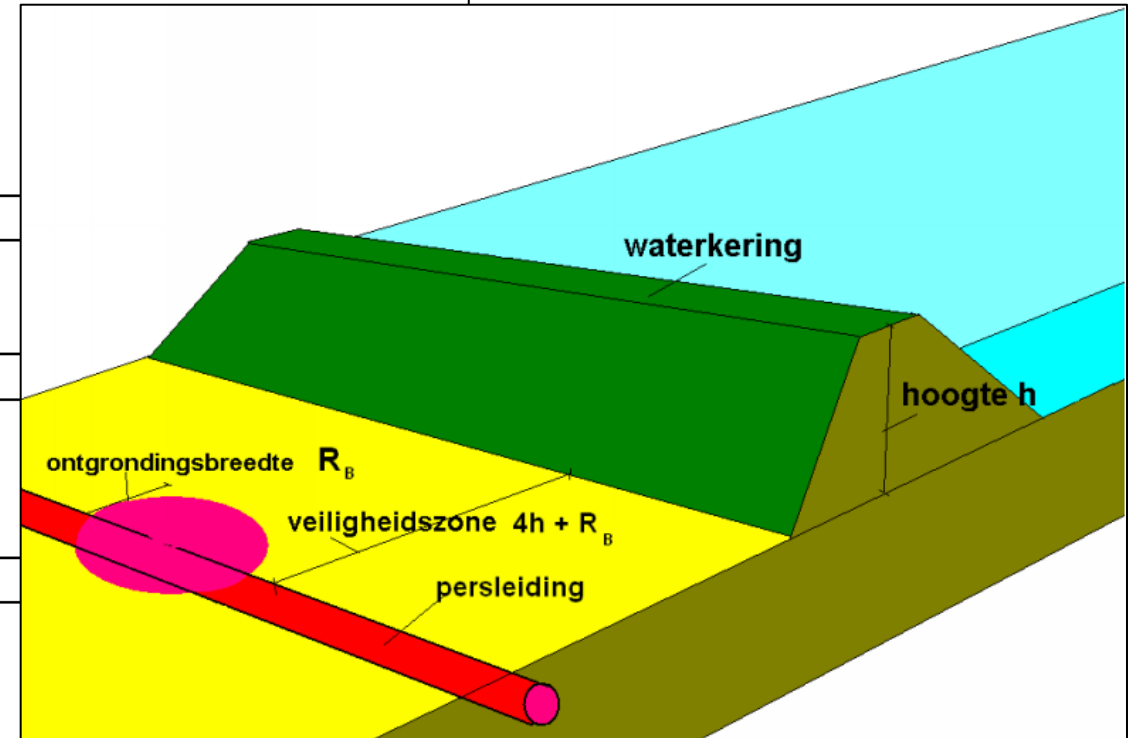
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 2,50 + 6,18 = 16,18 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 2,50 + 12,36 = 22,36 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 2,50 + 24,72 = 34,72 \text{ m}$$

### Berekening van de diepte van de erosiekrater

$$D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

# Veiligheidszone vloeistofleiding

## Pompgegevens

**Projectgegevens**

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 3: Vloeistofleiding met pompgegevens

**Leiding- en materiaalgegevens**

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0\_

Wanddikte [mm]: 28,7\_

**Medium**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3\_

Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 1000,0\_

**Aanvullende pomp-/lekgegevens** ☒ Ja ☐ Nee

Maximaal debiet [m<sup>3</sup>/uur]: 35,0\_

Maximale opvoerhoogte [m<sub>vk</sub>]: 30,0\_

**Grondmechanische gegevens**

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0\_

**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 2,5\_

☐ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 10,0\_

**Diagram:** A schematic diagram of a pipe cross-section showing the safety zone. It includes labels for the inlet point (Intredepunt (Rig)), outlet point (Uitredepunt (pipeside)), and various dimensions: L<sub>in</sub>, L<sub>out</sub>, L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub>, L<sub>4</sub>, L<sub>5</sub>, R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub>, R<sub>5</sub>, H<sub>d</sub>, H<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>, H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, and angles α<sub>1</sub> and α<sub>2</sub>.

1 Algemeen scherm Veiligheidszone

2 We zien vijf blokken met gegevens.

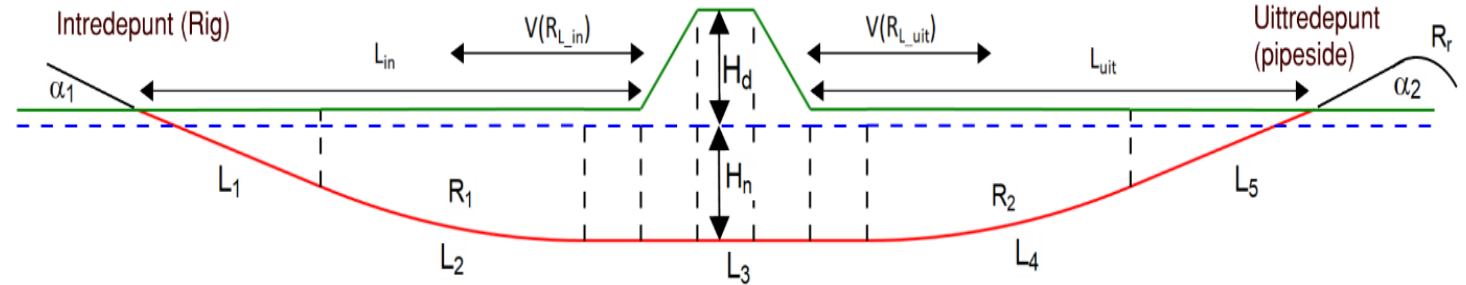
- Projectgegevens
- Leiding- en materiaalgegevens
- Gegevens medium
- **Pompgegevens**
- Grondmechanische gegevens
- Gegevens waterstaatswerk

3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

# Oefening #3: Vloeistofleiding met pompgegevens

## stap voor stap

### Niet verheeld waterstaatswerk



**Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)

**Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)

**Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:

- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- De gronddekking van de leiding
- Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
- De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Volumieke massa vloeistof (bij water is dit  $1000 \text{ kg/m}^3$ , bij olie is dat vaak  $800 \text{ kg/m}^3$ )
- Vink “Aanvullende pomp-/lekgegevens” aan. **Vul  $35 \text{ m}^3/\text{uur}$  en  $30 \text{ mvk}$  (meters vloeistof kolom) in**
- Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Ja”)  
Standaard is het hoogteverschil kruin-maaiveld  $2,5 \text{ m}$

**Stap 4)** Klik “Berekenen”

# Oefening #3: Veiligheidszone vloeistofleiding

## Resultaten

### Berekening van de halve breedte van de erosiekrater $R_B$

$$Q = Q_m = 35,00/3.600 = 0,0097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$h = H_m = 30,00 \text{ mvk}$$

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 0,0097 \cdot 30,00 = 2.861,25 \text{ W}$$

$$\mu = 0,0002 \cdot h^2 - 0,02 \cdot h + 1 = 0,0002 \cdot 30,00^2 - 0,02 \cdot 30,00 + 1 = 0,58$$

$$R_B = 7,8 \cdot D_i \cdot \left( \frac{P}{\rho \cdot g^{1,5} \cdot \mu \cdot D_i^{3,5}} \right)^{0,243}$$

$$R_B = 7,8 \cdot 0,2576 \cdot \left( \frac{2.861,25}{1000 \cdot 9,81^{1,5} \cdot 0,58 \cdot 0,2576^{3,5}} \right)^{0,243} = 4,08 \text{ m}$$

### Berekening van de halve lengte van de erosiekrater $R_L$

Indien er sprake is van een klein gat:  $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 2,04 \text{ m}$

Indien er sprake is van een groot gat:  $R_{L2} = R_B = 4,08 \text{ m}$

Indien er sprake is van niet-trekvast verbindingen:  $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 8,17 \text{ m}$

### Berekening van de veiligheidszone

*Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:*

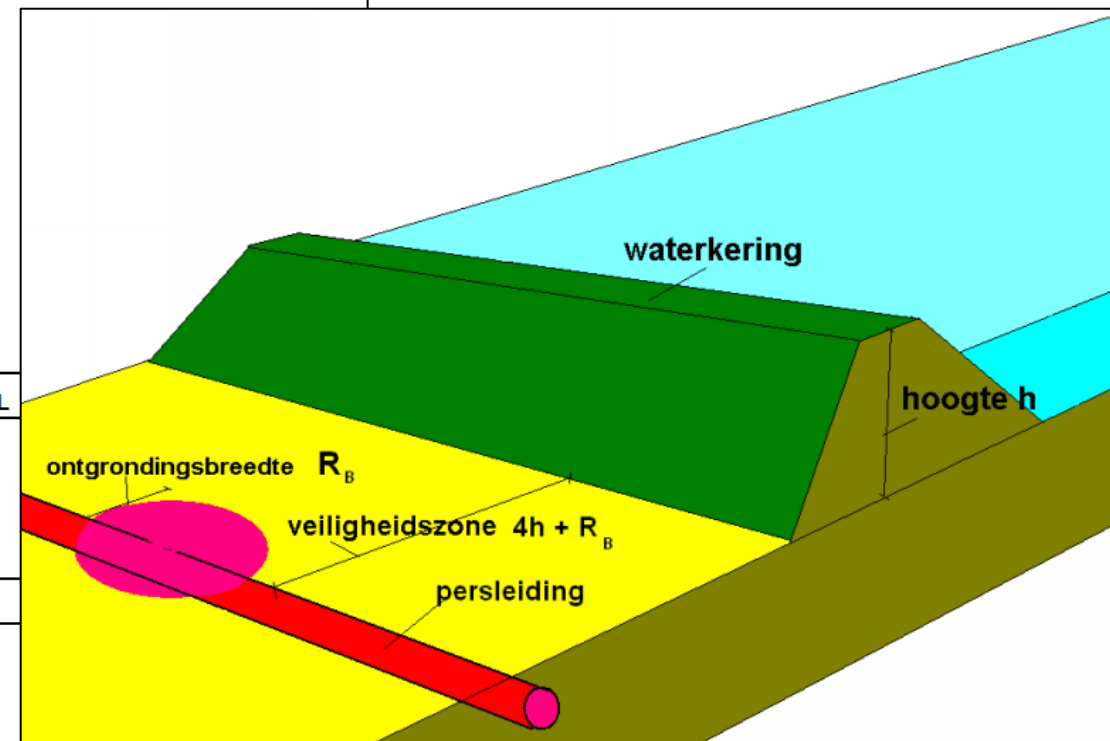
$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_B = 4 \cdot 2,50 + 4,08 = 14,08 \text{ m}$$

*Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:*

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L1} = 4 \cdot 2,50 + 2,04 = 12,04 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L2} = 4 \cdot 2,50 + 4,08 = 14,08 \text{ m}$$

$$\text{Veiligheidszone} = 4 \cdot H_{\text{werk}} + R_{L3} = 4 \cdot 2,50 + 8,17 = 18,17 \text{ m}$$



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

# Veiligheidszone gasleiding

## Verheelde situatie

**Projectgegevens**

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 4: Gasleiding

**Leiding- en materiaalgegevens**

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0

Wanddikte [mm]: 28,7

**Medium**

Medium: ☐ Vloeistof ☒ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3

Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 0,833

Expansie constante [-]: 1,33

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

**Grondmechanische gegevens**

Grondsoort: Klei

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0

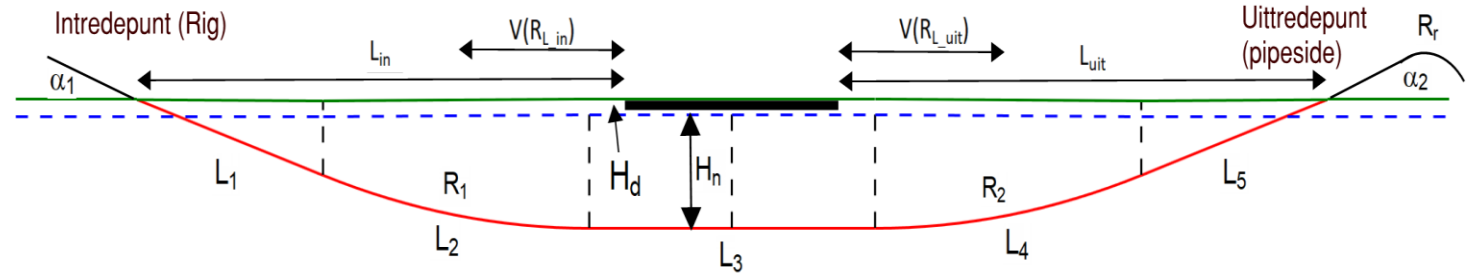
Vochtgehalte [%]: 5,0

**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
  - Projectgegevens
  - Leiding- en materiaalgegevens
  - Gegevens medium
  - Grondmechanische gegevens
  - Gegevens waterstaatswerk
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. Let op dat er niet gevraagd wordt om het leidingmateriaal in te voeren. Alleen uitwendige middellijn en de wanddikte.

## stap voor stap





# Oefening #4: Veiligheidszone gasleiding

## Resultaten

### Berekening van de halve breedte van de erosiekrater $G_B$

$$\rho_0 = \rho_{omg} \cdot \frac{p_0}{10.000} = 0,833 \cdot \frac{30000,0}{10.000} = 2,50 \text{ kg/m}^3$$

$$u^* = \sqrt{\frac{2 \cdot \kappa}{\kappa + 1} \cdot \frac{p_0}{\rho_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,33}{1,33 + 1} \cdot \frac{30000,0}{2,50}} = 117,07 \text{ m/s}$$

$$p^* = p_0 \cdot \left( \frac{2}{\kappa + 1} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa - 1}} = 3,0 \cdot \left( \frac{2}{1,33 + 1} \right)^{\frac{1,33}{1,33 - 1}} = 16210,92 \text{ kg/m}^2 = 1,62 \text{ bar}$$

$$\rho^* = \rho_0 \cdot \left( \frac{p^*}{p_0} \right)^{\frac{1}{\kappa}} = 2,50 \cdot \left( \frac{16210,92}{30000,0 + 1} \right)^{\frac{1}{1,33}} = 1,57 \text{ kg/m}^3$$

$$Q^* = \rho^* \cdot u^* \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 = 1,57 \cdot 117,07 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,26^2 = 9,60 \text{ kg/s}$$

$$I = Q^* \cdot u^* + (p^* - p_{omg}) \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot D_i^2 = 9,60 \cdot 117,07 + 62109,21 \cdot \frac{1}{4} \pi \cdot 0,26^2 = 4.360,64 \text{ N}$$

$$w = 5,00 \% \rightarrow R(w) = 0,025$$

$$D_k = 40 \cdot R(w) \cdot D_0 + H = 40 \cdot 0,025 \cdot 0,32 + 1,00 = 1,32 \text{ m}$$

$$G_B = R(w) \cdot \left\{ \frac{g}{D_k^2} \cdot \left( \frac{I}{\rho_{omg} \cdot g} \right)^3 \cdot t^2 \right\}^{0,125} = 0,025 \cdot \left\{ \frac{9,81}{1,32^2} \cdot \left( \frac{4.360,64}{0,83 \cdot 9,81} \right)^3 \cdot 7.200^2 \right\}^{0,125} = 3,01 \text{ m}$$

Bij hogedrukleidingen (druk groter of gelijk aan 1 MPa (10 bar)) zijn deze berekeningen indicatief.

### Berekening van de halve lengte van de erosiekrater $G_L$

$$G_L = G_B / 4 = 3,01 / 4 = 0,75 \text{ m}$$

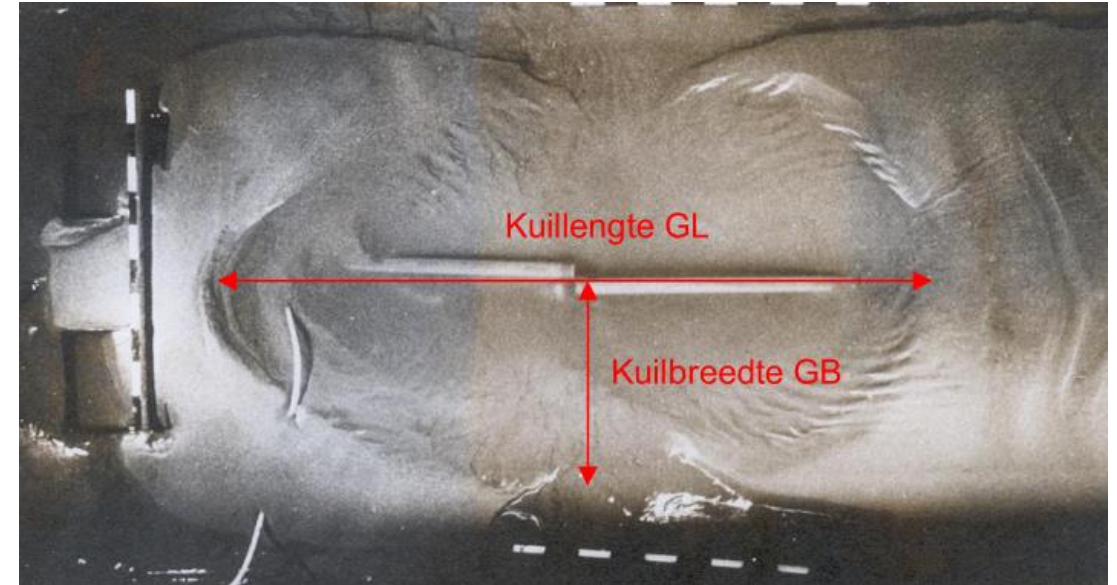
### Berekening van de veiligheidszone

Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = G_B = 3,01 \text{ m}$$

Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:

$$\text{Veiligheidszone} = G_L = 0,75 \text{ m}$$

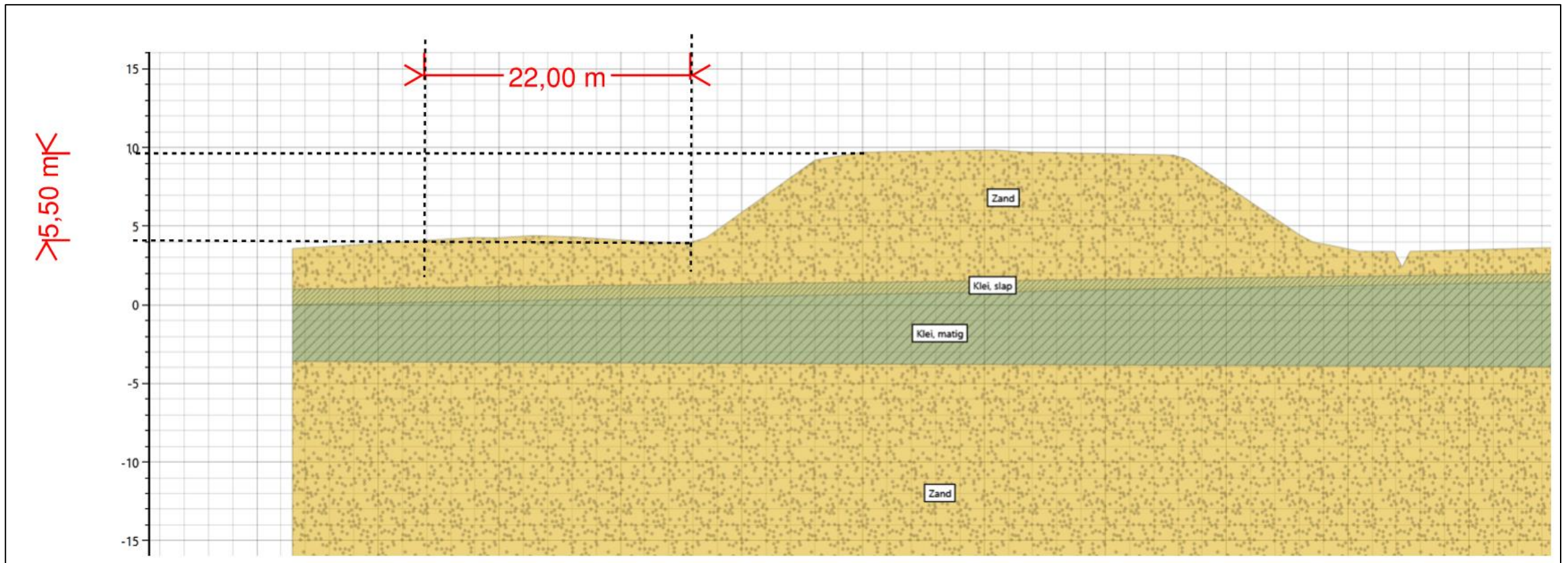


Metten vorm krater gasleiding (Waterloopkundig laboratorium)

Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

## Veiligheidszone

## Conservatieve stabiliteitszone 4 x Hw

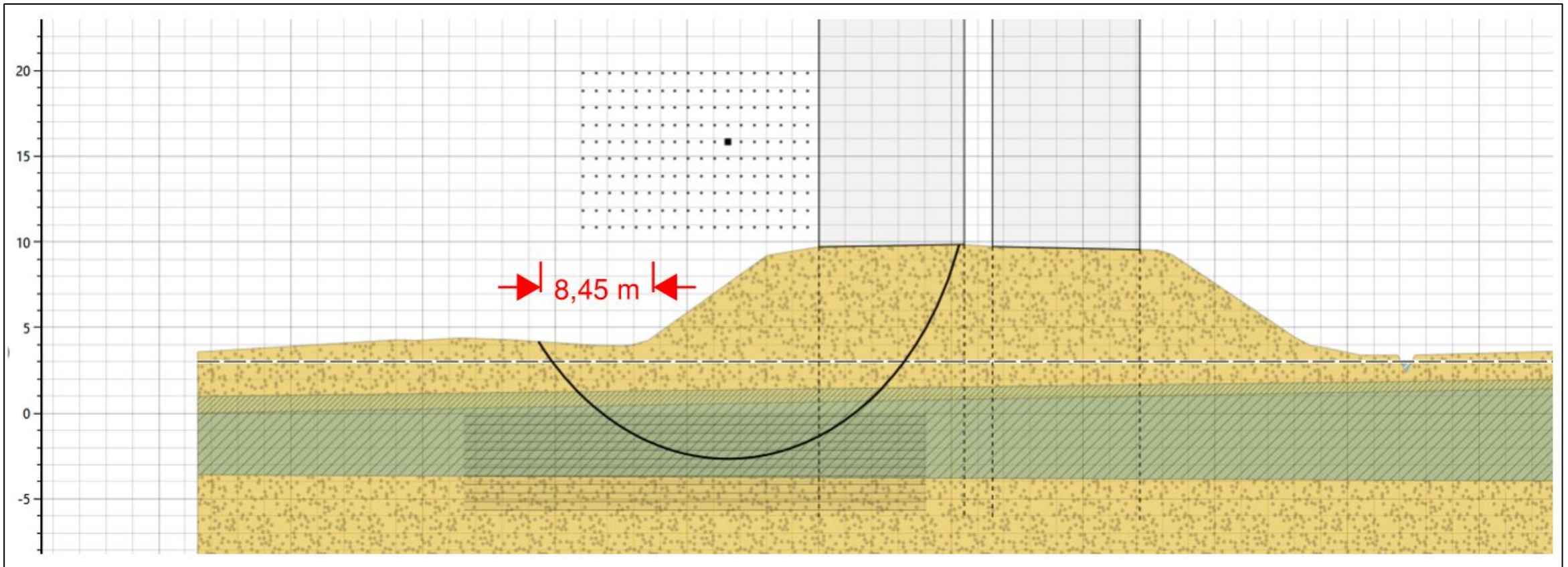


Voorbeeld: een weglichaam bestaat uit zandgrond, daaronder bevindt zich een slappe klei laag.  
De stabiliteitszone is een zone die je kunt berekenen op basis van 4 x hoogteverschil kruin-maaiveld.  
In dit geval is dit dus  $4 \times 5,5 \text{ m} = 22 \text{ m}$ .



## Veiligheidszone

## Berekende stabiliteitszone



Met behulp van een stabiliteitsberekening kun je het glijkvlak bepalen. In dit geval eindigt dit op 8,45 m uit de teen van het weglichaam, ofwel een verschil van  $22\text{ m} - 8,45\text{ m} = 13,55\text{ m}$ . De afstand van 8,45 m kan worden ingevoerd in het programma Sigma. Zo wordt een kleinere veiligheidszone berekend.

# Veiligheidszone

# Berekende stabiliteitszone

**Projectgegevens**

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 5: Vloeistofleiding met gebruik van stabiliteitszone

**Leiding- en materiaalgegevens**

Uitwendige middellijn [mm]: 315,0

Wanddikte [mm]: 28,7

**Medium**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [ $\text{N/mm}^2$ ]: 0,3

Volumieke massa medium [ $\text{kg/m}^3$ ]: 1000,0

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

**Grondmechanische gegevens**

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,0

**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☐ Verheeld ☒ Niet Verheeld

Hoogteverschil kruin-maaiveld [m]: 5,5

☒ Aangepaste breedte stabiliteitszone [m]: 8,45

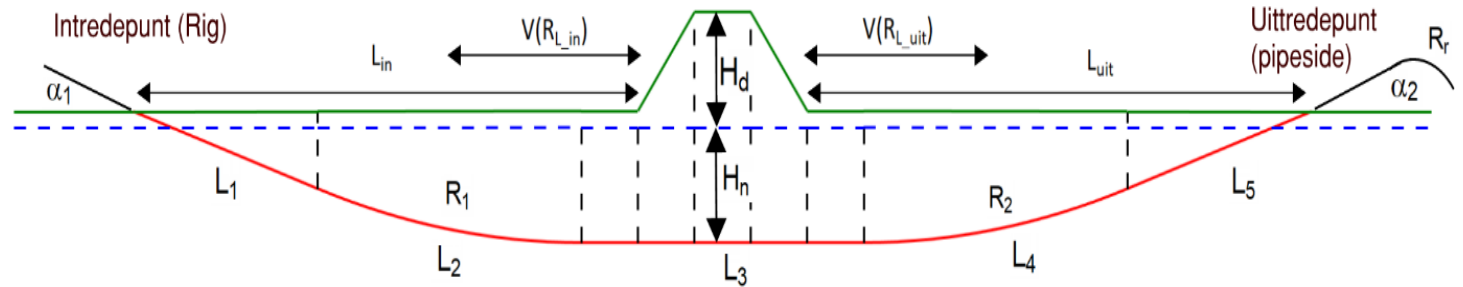
Diagram: Intredepunt (Rig)  $\alpha_1$   $L_1$   $L_2$   $L_3$   $L_4$   $L_5$   $\alpha_2$   $R_1$   $R_2$   $R_3$   $R_4$   $R_5$   $R_6$   $R_7$   $R_8$   $R_9$   $R_{10}$   $R_{11}$   $R_{12}$   $R_{13}$   $R_{14}$   $R_{15}$   $R_{16}$   $R_{17}$   $R_{18}$   $R_{19}$   $R_{20}$   $R_{21}$   $R_{22}$   $R_{23}$   $R_{24}$   $R_{25}$   $R_{26}$   $R_{27}$   $R_{28}$   $R_{29}$   $R_{30}$   $R_{31}$   $R_{32}$   $R_{33}$   $R_{34}$   $R_{35}$   $R_{36}$   $R_{37}$   $R_{38}$   $R_{39}$   $R_{40}$   $R_{41}$   $R_{42}$   $R_{43}$   $R_{44}$   $R_{45}$   $R_{46}$   $R_{47}$   $R_{48}$   $R_{49}$   $R_{50}$   $R_{51}$   $R_{52}$   $R_{53}$   $R_{54}$   $R_{55}$   $R_{56}$   $R_{57}$   $R_{58}$   $R_{59}$   $R_{60}$   $R_{61}$   $R_{62}$   $R_{63}$   $R_{64}$   $R_{65}$   $R_{66}$   $R_{67}$   $R_{68}$   $R_{69}$   $R_{70}$   $R_{71}$   $R_{72}$   $R_{73}$   $R_{74}$   $R_{75}$   $R_{76}$   $R_{77}$   $R_{78}$   $R_{79}$   $R_{80}$   $R_{81}$   $R_{82}$   $R_{83}$   $R_{84}$   $R_{85}$   $R_{86}$   $R_{87}$   $R_{88}$   $R_{89}$   $R_{90}$   $R_{91}$   $R_{92}$   $R_{93}$   $R_{94}$   $R_{95}$   $R_{96}$   $R_{97}$   $R_{98}$   $R_{99}$   $R_{100}$   $R_{101}$   $R_{102}$   $R_{103}$   $R_{104}$   $R_{105}$   $R_{106}$   $R_{107}$   $R_{108}$   $R_{109}$   $R_{110}$   $R_{111}$   $R_{112}$   $R_{113}$   $R_{114}$   $R_{115}$   $R_{116}$   $R_{117}$   $R_{118}$   $R_{119}$   $R_{120}$   $R_{121}$   $R_{122}$   $R_{123}$   $R_{124}$   $R_{125}$   $R_{126}$   $R_{127}$   $R_{128}$   $R_{129}$   $R_{130}$   $R_{131}$   $R_{132}$   $R_{133}$   $R_{134}$   $R_{135}$   $R_{136}$   $R_{137}$   $R_{138}$   $R_{139}$   $R_{140}$   $R_{141}$   $R_{142}$   $R_{143}$   $R_{144}$   $R_{145}$   $R_{146}$   $R_{147}$   $R_{148}$   $R_{149}$   $R_{150}$   $R_{151}$   $R_{152}$   $R_{153}$   $R_{154}$   $R_{155}$   $R_{156}$   $R_{157}$   $R_{158}$   $R_{159}$   $R_{160}$   $R_{161}$   $R_{162}$   $R_{163}$   $R_{164}$   $R_{165}$   $R_{166}$   $R_{167}$   $R_{168}$   $R_{169}$   $R_{170}$   $R_{171}$   $R_{172}$   $R_{173}$   $R_{174}$   $R_{175}$   $R_{176}$   $R_{177}$   $R_{178}$   $R_{179}$   $R_{180}$   $R_{181}$   $R_{182}$   $R_{183}$   $R_{184}$   $R_{185}$   $R_{186}$   $R_{187}$   $R_{188}$   $R_{189}$   $R_{190}$   $R_{191}$   $R_{192}$   $R_{193}$   $R_{194}$   $R_{195}$   $R_{196}$   $R_{197}$   $R_{198}$   $R_{199}$   $R_{200}$   $R_{201}$   $R_{202}$   $R_{203}$   $R_{204}$   $R_{205}$   $R_{206}$   $R_{207}$   $R_{208}$   $R_{209}$   $R_{210}$   $R_{211}$   $R_{212}$   $R_{213}$   $R_{214}$   $R_{215}$   $R_{216}$   $R_{217}$   $R_{218}$   $R_{219}$   $R_{220}$   $R_{221}$   $R_{222}$   $R_{223}$   $R_{224}$   $R_{225}$   $R_{226}$   $R_{227}$   $R_{228}$   $R_{229}$   $R_{230}$   $R_{231}$   $R_{232}$   $R_{233}$   $R_{234}$   $R_{235}$   $R_{236}$   $R_{237}$   $R_{238}$   $R_{239}$   $R_{240}$   $R_{241}$   $R_{242}$   $R_{243}$   $R_{244}$   $R_{245}$   $R_{246}$   $R_{247}$   $R_{248}$   $R_{249}$   $R_{250}$   $R_{251}$   $R_{252}$   $R_{253}$   $R_{254}$   $R_{255}$   $R_{256}$   $R_{257}$   $R_{258}$   $R_{259}$   $R_{260}$   $R_{261}$   $R_{262}$   $R_{263}$   $R_{264}$   $R_{265}$   $R_{266}$   $R_{267}$   $R_{268}$   $R_{269}$   $R_{270}$   $R_{271}$   $R_{272}$   $R_{273}$   $R_{274}$   $R_{275}$   $R_{276}$   $R_{277}$   $R_{278}$   $R_{279}$   $R_{280}$   $R_{281}$   $R_{282}$   $R_{283}$   $R_{284}$   $R_{285}$   $R_{286}$   $R_{287}$   $R_{288}$   $R_{289}$   $R_{290}$   $R_{291}$   $R_{292}$   $R_{293}$   $R_{294}$   $R_{295}$   $R_{296}$   $R_{297}$   $R_{298}$   $R_{299}$   $R_{300}$   $R_{301}$   $R_{302}$   $R_{303}$   $R_{304}$   $R_{305}$   $R_{306}$   $R_{307}$   $R_{308}$   $R_{309}$   $R_{310}$   $R_{311}$   $R_{312}$   $R_{313}$   $R_{314}$   $R_{315}$   $R_{316}$   $R_{317}$   $R_{318}$   $R_{319}$   $R_{320}$   $R_{321}$   $R_{322}$   $R_{323}$   $R_{324}$   $R_{325}$   $R_{326}$   $R_{327}$   $R_{328}$   $R_{329}$   $R_{330}$   $R_{331}$   $R_{332}$   $R_{333}$   $R_{334}$   $R_{335}$   $R_{336}$   $R_{337}$   $R_{338}$   $R_{339}$   $R_{340}$   $R_{341}$   $R_{342}$   $R_{343}$   $R_{344}$   $R_{345}$   $R_{346}$   $R_{347}$   $R_{348}$   $R_{349}$   $R_{350}$   $R_{351}$   $R_{352}$   $R_{353}$   $R_{354}$   $R_{355}$   $R_{356}$   $R_{357}$   $R_{358}$   $R_{359}$   $R_{360}$   $R_{361}$   $R_{362}$   $R_{363}$   $R_{364}$   $R_{365}$   $R_{366}$   $R_{367}$   $R_{368}$   $R_{369}$   $R_{370}$   $R_{371}$   $R_{372}$   $R_{373}$   $R_{374}$   $R_{375}$   $R_{376}$   $R_{377}$   $R_{378}$   $R_{379}$   $R_{380}$   $R_{381}$   $R_{382}$   $R_{383}$   $R_{384}$   $R_{385}$   $R_{386}$   $R_{387}$   $R_{388}$   $R_{389}$   $R_{390}$   $R_{391}$   $R_{392}$   $R_{393}$   $R_{394}$   $R_{395}$   $R_{396}$   $R_{397}$   $R_{398}$   $R_{399}$   $R_{400}$   $R_{401}$   $R_{402}$   $R_{403}$   $R_{404}$   $R_{405}$   $R_{406}$   $R_{407}$   $R_{408}$   $R_{409}$   $R_{410}$   $R_{411}$   $R_{412}$   $R_{413}$   $R_{414}$   $R_{415}$   $R_{416}$   $R_{417}$   $R_{418}$   $R_{419}$   $R_{420}$   $R_{421}$   $R_{422}$   $R_{423}$   $R_{424}$   $R_{425}$   $R_{426}$   $R_{427}$   $R_{428}$   $R_{429}$   $R_{430}$   $R_{431}$   $R_{432}$   $R_{433}$   $R_{434}$   $R_{435}$   $R_{436}$   $R_{437}$   $R_{438}$   $R_{439}$   $R_{440}$   $R_{441}$   $R_{442}$   $R_{443}$   $R_{444}$   $R_{445}$   $R_{446}$   $R_{447}$   $R_{448}$   $R_{449}$   $R_{450}$   $R_{451}$   $R_{452}$   $R_{453}$   $R_{454}$   $R_{455}$   $R_{456}$   $R_{457}$   $R_{458}$   $R_{459}$   $R_{460}$   $R_{461}$   $R_{462}$   $R_{463}$   $R_{464}$   $R_{465}$   $R_{466}$   $R_{467}$   $R_{468}$   $R_{469}$   $R_{470}$   $R_{471}$   $R_{472}$   $R_{473}$   $R_{474}$   $R_{475}$   $R_{476}$   $R_{477}$   $R_{478}$   $R_{479}$   $R_{480}$   $R_{481}$   $R_{482}$   $R_{483}$   $R_{484}$   $R_{485}$   $R_{486}$   $R_{487}$   $R_{488}$   $R_{489}$   $R_{490}$   $R_{491}$   $R_{492}$   $R_{493}$   $R_{494}$   $R_{495}$   $R_{496}$   $R_{497}$   $R_{498}$   $R_{499}$   $R_{500}$   $R_{501}$   $R_{502}$   $R_{503}$   $R_{504}$   $R_{505}$   $R_{506}$   $R_{507}$   $R_{508}$   $R_{509}$   $R_{510}$   $R_{511}$   $R_{512}$   $R_{513}$   $R_{514}$   $R_{515}$   $R_{516}$   $R_{517}$   $R_{518}$   $R_{519}$   $R_{520}$   $R_{521}$   $R_{522}$   $R_{523}$   $R_{524}$   $R_{525}$   $R_{526}$   $R_{527}$   $R_{528}$   $R_{529}$   $R_{530}$   $R_{531}$   $R_{532}$   $R_{533}$   $R_{534}$   $R_{535}$   $R_{536}$   $R_{537}$   $R_{538}$   $R_{539}$   $R_{540}$   $R_{541}$   $R_{542}$   $R_{543}$   $R_{544}$   $R_{545}$   $R_{546}$   $R_{547}$   $R_{548}$   $R_{549}$   $R_{550}$   $R_{551}$   $R_{552}$   $R_{553}$   $R_{554}$   $R_{555}$   $R_{556}$   $R_{557}$   $R_{558}$   $R_{559}$   $R_{560}$   $R_{561}$   $R_{562}$   $R_{563}$   $R_{564}$   $R_{565}$   $R_{566}$   $R_{567}$   $R_{568}$   $R_{569}$   $R_{570}$   $R_{571}$   $R_{572}$   $R_{573}$   $R_{574}$   $R_{575}$   $R_{576}$   $R_{577}$   $R_{578}$   $R_{579}$   $R_{580}$   $R_{581}$   $R_{582}$   $R_{583}$   $R_{584}$   $R_{585}$   $R_{586}$   $R_{587}$   $R_{588}$   $R_{589}$   $R_{590}$   $R_{591}$   $R_{592}$   $R_{593}$   $R_{594}$   $R_{595}$   $R_{596}$   $R_{597}$   $R_{598}$   $R_{599}$   $R_{600}$   $R_{601}$   $R_{602}$   $R_{603}$   $R_{604}$   $R_{605}$   $R_{606}$   $R_{607}$   $R_{608}$   $R_{609}$   $R_{610}$   $R_{611}$   $R_{612}$   $R_{613}$   $R_{614}$   $R_{615}$   $R_{616}$   $R_{617}$   $R_{618}$   $R_{619}$   $R_{620}$   $R_{621}$   $R_{622}$   $R_{623}$   $R_{624}$   $R_{625}$   $R_{626}$   $R_{627}$   $R_{628}$   $R_{629}$   $R_{630}$   $R_{631}$   $R_{632}$   $R_{633}$   $R_{634}$   $R_{635}$   $R_{636}$   $R_{637}$   $R_{638}$   $R_{639}$   $R_{640}$   $R_{641}$   $R_{642}$   $R_{643}$   $R_{644}$   $R_{645}$   $R_{646}$   $R_{647}$   $R_{648}$   $R_{649}$   $R_{650}$   $R_{651}$   $R_{652}$   $R_{653}$   $R_{654}$   $R_{655}$   $R_{656}$   $R_{657}$   $R_{658}$   $R_{659}$   $R_{660}$   $R_{661}$   $R_{662}$   $R_{663}$   $R_{664}$   $R_{665}$   $R_{666}$   $R_{667}$   $R_{668}$   $R_{669}$   $R_{670}$   $R_{671}$   $R_{672}$   $R_{673}$   $R_{674}$   $R_{675}$   $R_{676}$   $R_{677}$   $R_{678}$   $R_{679}$   $R_{680}$   $R_{681}$   $R_{682}$   $R_{683}$   $R_{684}$   $R_{685}$   $R_{686}$   $R_{687}$   $R_{688}$   $R_{689}$   $R_{690}$   $R_{691}$   $R_{692}$   $R_{693}$   $R_{694}$   $R_{695}$   $R_{696}$   $R_{697}$   $R_{698}$   $R_{699}$   $R_{700}$   $R_{701}$   $R_{702}$   $R_{703}$   $R_{704}$   $R_{705}$   $R_{706}$   $R_{707}$   $R_{708}$   $R_{709}$   $R_{710}$   $R_{711}$   $R_{712}$   $R_{713}$   $R_{714}$   $R_{715}$   $R_{716}$   $R_{717}$   $R_{718}$   $R_{719}$   $R_{720}$   $R_{721}$   $R_{722}$   $R_{723}$   $R_{724}$   $R_{725}$   $R_{726}$   $R_{727}$   $R_{728}$   $R_{729}$   $R_{730}$   $R_{731}$   $R_{732}$   $R_{733}$   $R_{734}$   $R_{735}$   $R_{736}$   $R_{737}$   $R_{738}$   $R_{739}$   $R_{740}$   $R_{741}$   $R_{742}$   $R_{743}$   $R_{744}$   $R_{745}$   $R_{746}$   $R_{747}$   $R_{748}$   $R_{749}$   $R_{750}$   $R_{751}$   $R_{752}$   $R_{753}$   $R_{754}$   $R_{755}$   $R_{756}$   $R_{757}$   $R_{758}$   $R_{759}$   $R_{760}$   $R_{761}$   $R_{762}$   $R_{763}$   $R_{764}$   $R_{765}$   $R_{766}$   $R_{767}$   $R_{768}$   $R_{769}$   $R_{770}$   $R_{771}$   $R_{772}$   $R_{773}$   $R_{774}$   $R_{775}$   $R_{776}$   $R_{777}$   $R_{778}$   $R_{779}$   $R_{780}$   $R_{781}$   $R_{782}$   $R_{783}$   $R_{784}$   $R_{785}$   $R_{786}$   $R_{787}$   $R_{788}$   $R_{789}$   $R_{790}$   $R_{791}$   $R_{792}$   $R_{793}$   $R_{794}$   $R_{795}$   $R_{796}$   $R_{797}$   $R_{798}$   $R_{799}$   $R_{800}$   $R_{801}$   $R_{802}$   $R_{803}$   $R_{804}$   $R_{805}$   $R_{806}$   $R_{807}$   $R_{808}$   $R_{809}$   $R_{810}$   $R_{811}$   $R_{812}$   $R_{813}$   $R_{814}$   $R_{815}$   $R_{816}$   $R_{817}$   $R_{818}$   $R_{819}$   $R_{820}$   $R_{821}$   $R_{822}$   $R_{823}$   $R_{824}$   $R_{825}$   $R_{826}$   $R_{827}$   $R_{828}$   $R_{829}$   $R_{830}$   $R_{831}$   $R_{832}$   $R_{833}$   $R_{834}$   $R_{835}$   $R_{836}$   $R_{837}$   $R_{838}$   $R_{839}$   $R_{840}$   $R_{841}$   $R_{842}$   $R_{843}$   $R_{844}$   $R_{845}$   $R_{846}$   $R_{847}$   $R_{848}$   $R_{849}$   $R_{850}$   $R_{851}$   $R_{852}$   $R_{853}$   $R_{854}$   $R_{855}$   $R_{856}$   $R_{857}$   $R_{858}$   $R_{859}$   $R_{860}$   $R_{861}$   $R_{862}$   $R_{863}$   $R_{864}$   $R_{865}$   $R_{866}$   $R_{867}$   $R_{868}$   $R_{869}$   $R_{870}$   $R_{871}$   $R_{872}$   $R_{873}$   $R_{874}$   $R_{875}$   $R_{876}$   $R_{877}$   $R_{878}$   $R_{879}$   $R_{880}$   $R_{881}$   $R_{882}$   $R_{883}$   $R_{884}$   $R_{885}$   $R_{886}$   $R_{887}$   $R_{888}$   $R_{889}$   $R_{890}$   $R_{891}$   $R_{892}$   $R_{893}$   $R_{894}$   $R_{895}$   $R_{896}$   $R_{897}$   $R_{898}$   $R_{899}$   $R_{900}$   $R_{901}$   $R_{902}$   $R_{903}$   $R_{904}$   $R_{905}$   $R_{906}$   $R_{907}$   $R_{908}$   $R_{909}$   $R_{910}$   $R_{911}$   $R_{912}$   $R_{913}$   $R_{914}$   $R_{915}$   $R_{916}$   $R_{917}$   $R_{918}$   $R_{919}$   $R_{920}$   $R_{921}$   $R_{922}$   $R_{923}$   $R_{924}$   $R_{925}$   $R_{926}$   $R_{927}$   $R_{928}$   $R_{929}$   $R_{930}$   $R_{931}$   $R_{932}$   $R_{933}$   $R_{934}$   $R_{935}$   $R_{936}$   $R_{937}$   $R_{938}$   $R_{939}$   $R_{940}$   $R_{941}$   $R_{942}$   $R_{943}$   $R_{944}$   $R_{945}$   $R_{946}$   $R_{947}$   $R_{948}$   $R_{949}$   $R_{950}$   $R_{951}$   $R_{952}$   $R_{953}$   $R_{954}$   $R_{955}$   $R_{956}$   $R_{957}$   $R_{958}$   $R_{959}$   $R_{960}$   $R_{961}$   $R_{962}$   $R_{963}$   $R_{964}$   $R_{965}$   $R_{966}$   $R_{967}$   $R_{968}$   $R_{969}$   $R_{970}$   $R_{971}$   $R_{972}$   $R_{973}$   $R_{974}$   $R_{975}$   $R_{976}$   $R_{977}$   $R_{978}$   $R_{979}$   $R_{980}$   $R_{981}$   $R_{982}$   $R_{983}$   $R_{984}$   $R_{985}$   $R_{986}$   $R_{987}$   $R_{988}$   $R_{989}$   $R_{990}$   $R_{991}$   $R_{992}$   $R_{993}$   $R_{994}$   $R_{995}$   $R_{996}$   $R_{997}$   $R_{998}$   $R_{999}$   $R_{1000}$

- 1 Algemeen scherm Veiligheidszone
- 2 We zien vijf blokken met gegevens.
  - Projectgegevens
  - Leiding- en materiaalgegevens
  - Gegevens medium
  - Grondmechanische gegevens
  - **Gegevens waterstaatswerk**
- 3 Voer de gegevens in die op dit scherm staan. We gaan uit van een stabiliteitszone van 8,45 m breed

# Oefening #5: Veiligheidszone vloeistofleiding

## stap voor stap

### Niet verheeld waterstaatswerk

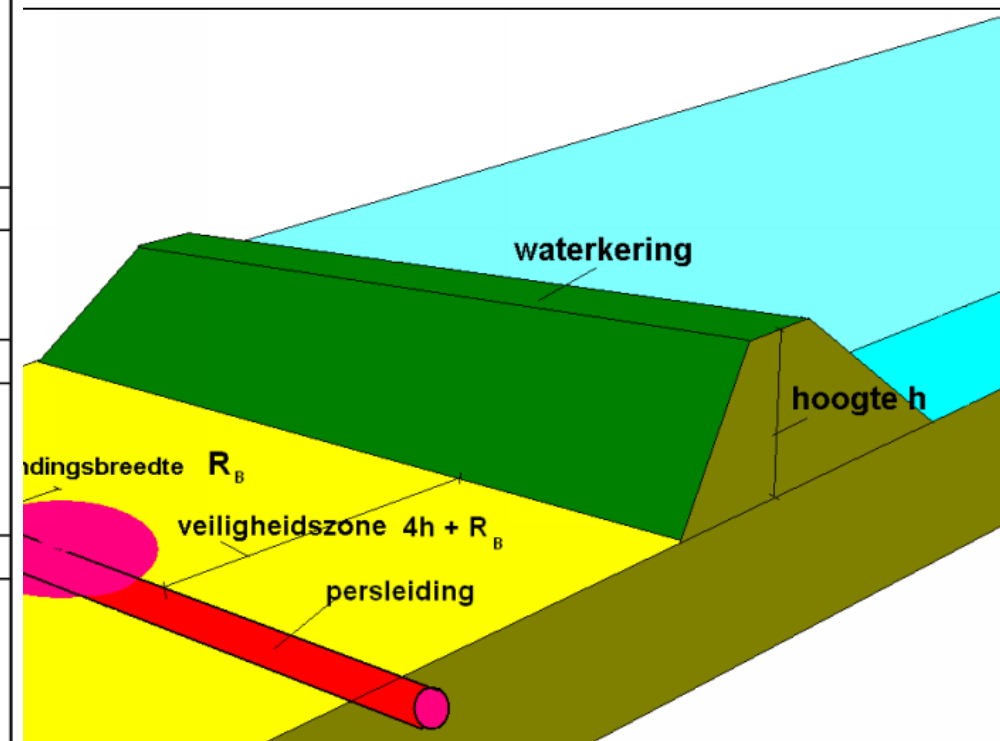


- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- De “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - De gronddekking van de leiding
  - Welk medium is van toepassing: in dit geval “Vloeistof”
  - De normaal heersende druk (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Volumieke massa vloeistof (bij water is dit  $1000 \text{ kg/m}^3$ , bij olie is dat vaak  $800 \text{ kg/m}^3$ )
  - Vink aan of sprake is van aanvullende pomp-/lekgegevens (in dit voorbeeld “Nee”)
  - Vink aan of het waterstaatswerk verheeld of niet verheeld is (in dit voorbeeld “Nee”)
  - Vink aan “Aangepaste breedte stabiliteitszone”. Vul in 8,45 m
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

# Oefening #5: Veiligheidszone vloeistofleiding

## Resultaten

| Berekening van de factor $H^3 \cdot D_l^5$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $H = \frac{p_d}{\rho \cdot g}$ $H = \frac{300.000}{1.000 \cdot 9,81} = 30,58 \text{ m} \rightarrow H^3 \cdot D_l^5 = 30,58^3 \cdot 0,26^5 = 32,44 \text{ m}^8$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Berekening van de halve breedte van de erosiekrater $R_B$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| $R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{H^3 \cdot D_l^5}$ $R_B = 8 \cdot \sqrt[8]{30,58^3 \cdot 0,26^5} = 12,36 \text{ m}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Berekening van de halve lengte van de erosiekrater $R_L$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Indien er sprake is van een klein gat: $R_{L1} = 0,5 \cdot R_B = 6,18 \text{ m}$<br>Indien er sprake is van een groot gat: $R_{L2} = R_B = 12,36 \text{ m}$<br>Indien er sprake is van niet-trekvraste verbindingen: $R_{L3} = 2 \cdot R_B = 24,72 \text{ m}$                                                                                                                                                                                                                                             |
| Berekening van de veiligheidszone                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Indien er sprake is van een evenwijdige ligging met een waterkering:<br>Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_B = 8,45 + 12,36 = 20,81 \text{ m}$<br><br>Indien er sprake is van een kruising met een waterkering:<br>Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L1} = 8,45 + 6,18 = 14,63 \text{ m}$<br>Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L2} = 8,45 + 12,36 = 20,81 \text{ m}$<br>Veiligheidszone = Breedte stabiliteitszone + $R_{L3} = 8,45 + 24,72 = 33,17 \text{ m}$ |
| Berekening van de diepte van de erosiekrater                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| $D_K = 1,2 \cdot (D_0 + H) = 1,2 \cdot (0,315 + 1) = 1,58 \text{ m}$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



Indien de leiding in de veiligheidszone wordt gelegd moet deze voldoen aan de NEN 3650 / NEN 3651.

Met behulp van Sigma kunnen de spanningen in leidingen worden bepaald ten gevolge van inwendige druk, grond- en verkeer, zettingen en temperatuursverschil.

## Inwendige druk

- Normaal heersende druk
- Eventueel ook drukloos uitrekenen

## Grondbelasting

- Welke grondsoort is ter plaatse aanwezig
- Invloed grondwater meenemen

## Verkeersbelasting

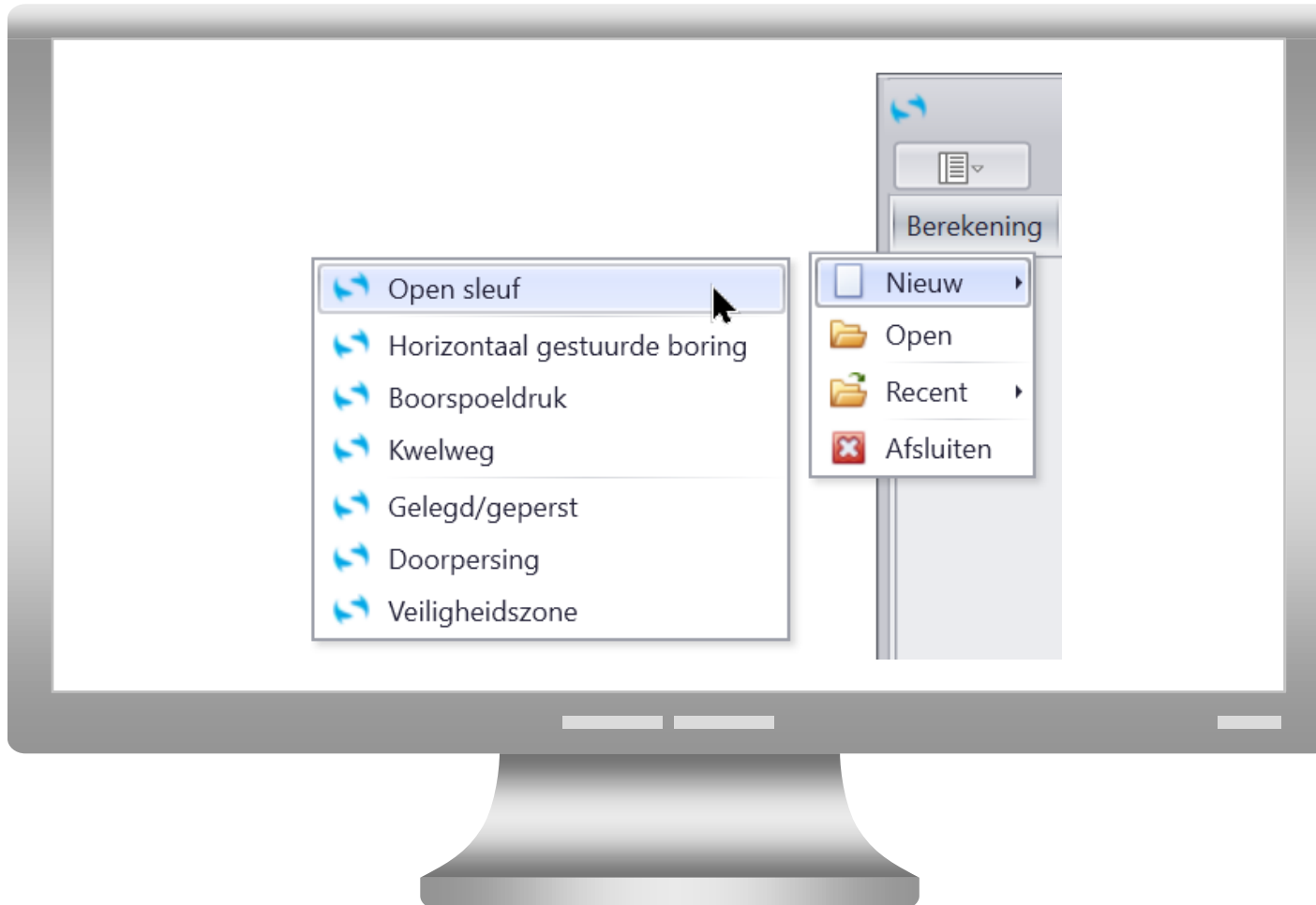
- Onderscheid in stroomwegen en niet-stroomwegen
- Invloed wegdek kan worden meegenomen

## Zettingen

- Uitvoeringszakkingsverschil
- Zettingsverschil

## Temperatuurs- verschil

- Verschil in temperatuur medium/grond ( $10^{\circ}$ )
- Variatie in temperatuursopbouw



- 1 Klik op “Berekening”
- 2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

- 3 Klik op “Open sleuf”

Inwendige druk



**Projectgegevens**

Naam van het project: Cursus Sigma 2020

Projectonderdeel: Oefening 6: Onderzoek naar invloed inwendige druk

**Leiding- en materiaalgegevens**

Materiaal: PE

Kwaliteit: PE 100

Uitwendige middellijn [mm]: 200,0

Wanddikte [mm]: 18,2

Dikte bekleding [mm]: 0,0

Bocht in constructie: ☒ Nee ☐ Glad ☐ Mijter

**Verkeersbelasting**

Verkeersbelasting: Grafiek I

Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: ☒ Geen ontlastende invloed ☐ Tweelagen structuur ☐ Drielagen structuur

**Importantiefactor**

☐ 1.0 ☐ 0.95 ☐ 0.90 ☒ 0.85 ☐ 0.80 ☐ 0.75

**Aanleggegevens**

Ligging: ☐ Kruisling met een waterstaatswerk ☒ Evenwijdig aan een waterstaatswerk ☐ Zinkerconstructie

Uitvoeringszakkingverschil [mm]: 15,0

Zettingsverschil [mm]: 25,0

Klinkpercentage [-]: 0,1

Marstonfactor [-]: 0,3

**Opleghoeken**

Horizontale steundruk: ☐ Ja ☒ Nee

Belastinghoek [°]: 180

Ondersteuningshoek [°]: 70

**Medium**

Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos

Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3

Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 1000,0

Temperatuurverschil [°C]: 10,0

Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

**Grondmechanische gegevens**

Grondwater: ☐ Ja ☒ Nee

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,25

G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]: 0,8

Grondsoort: Klei

Volumiek gewicht droge grond [kN/m<sup>3</sup>]: 17,0

Volumiek gewicht natte grond [kN/m<sup>3</sup>]: 17,0

Inwendige wrijvingshoek grond [°]: 17,5

Effectieve cohesie [kN/m<sup>2</sup>]: 10,0

Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m<sup>2</sup>]: 50,0

E-modulus ondergrond [MN/m<sup>2</sup>]: 2,0

Minimale verticale beddingconstante [N/mm<sup>2</sup>]: 0,004

Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm<sup>2</sup>]: 0,006

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☐ Ja ☒ Nee

**Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**

Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- 1 We starten met een PE leiding
- 2 Inwendige druk is 0,3 N/mm<sup>2</sup> (3 ato)  
Overige gegevens bij 2 zijn niet nodig

Inwendige druk

The screenshot shows the Sigma 2020 software interface with the following sections:

- Projectgegevens**
  - Naam van het project: Cursus Sigma 2020
  - Projectonderdeel: Oefening 6: Onderzoek naar invloed inwendige druk
- Leiding- en materiaalgegevens**
  - Materiaal: PE
  - Kwaliteit: PE 100
  - Uitwendige middellijn [mm]: 200,0
  - Wanddikte [mm]: 18,2
  - Dikte bekleding [mm]: 0,0
  - Bocht in constructie: ☒ Nee, ☐ Glad, ☐ Mijter
- Medium**
  - Medium: ☒ Vloeistof, ☐ Gas, ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3
  - Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja, ☒ Nee

- 1 Klik op “Berekening”
- 2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

- 3 Klik op “Open sleuf”

Inwendige druk

## Oefening #6: Spanning t.g.v inwendige druk bij PE

stap voor stap

- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- Kies materieel PE (staat in Sigma standaard vermeld)
  - Vul de “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Vul de normaal heersende druk in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Inwendige druk

# Oefening #6: Spanningen t.g.v. inwendige druk bij kunststof Resultaten

## 1. Eigenschappen van de leiding

|                                 |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 163,60 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 181,80 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 200,00 | mm |
| Uitwendige straal               | $r_e = D_e / 2$           | = 100,00 | mm |
| Inwendige straal                | $r_i = D_i / 2$           | = 81,80  | mm |

Let op: Volgens de NEN 3650 moeten de optredende spanningen t.g.v. inwendige druk getoetst worden aan de toelaatbare spanning.

## 4. Berekening van de spanningen $\sigma_p$ en $\sigma_{pl}$ t.g.v. inwendige druk

$$D_g/d_n = 181,80/18,20 = 9,99 \rightarrow D_g/d_n \leq 20 \rightarrow \text{Dikwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{r_e^2 + r_i^2}{r_e^2 - r_i^2} \cdot p_d$$

$$\sigma_p = \frac{100,00^2 + 81,80^2}{100,00^2 - 81,80^2} \cdot 0,3 = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 1,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,4 \cdot 1,51 = 0,61 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning} = \bar{\sigma}_t \cdot S = 8,00 \cdot 1,00 = 8,00 \text{ N/mm}^2$$

Inwendige druk

The screenshot shows a software interface for pipe design calculations. The interface is divided into several sections:

- Leiding- en materiaalgegevens**:
  - Materiaal: **Staal** (highlighted with a blue circle and '1')
  - Kwaliteit: NEN-EN ISO 318
  - Uitwendige middellijn [mm]: 219,1
  - Wanddikte [mm]: 4,5
  - Rekenen met minimale wanddikte: ☐
  - Minimale wanddikte [mm]: 4,5
  - Dikte bekleding [mm]: 0,0
  - Bocht in constructie: ☒ Nee, ☐ Glad, ☐ Mijter
- Verkeersbelasting**:
  - Verkeersbelasting: Grafiek I
  - Ontlastende invloed t.g.v. wegdek: ☒ Geen ontlastende invloed, ☐ Tweelagen structuur, ☐ Drielagen structuur
- Importantiefactor**:
  - 1.0, 0.95, 0.90, 0.85, 0.80, 0.75
- Aanleggegevens**:
  - Ligging: ☐ Krusing met een waterstaatswerk, ☒ Evenwijdig aan een waterstaatswerk, ☐ Zinkerconstructie
  - Uitvoeringszakkingverschil [mm]: 15,0
  - Zettingsverschil [mm]: 25,0
  - Klinkpercentage [-]: 0,1
  - Marstonfactor [-]: 0,3
- Opleghoeken**:
  - Horizontale steundruk: ☐ Ja, ☒ Nee
  - Belastinghoek [°]: 180
  - Ondersteuningshoek [°]: 70
- Medium**:
  - Medium: ☒ Vloeistof, ☐ Gas, ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3 (highlighted with a blue circle and '2')
  - Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja, ☒ Nee
- Grondmechanische gegevens**:
  - Grondwater: ☒ Ja, ☐ Nee
  - Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,25
  - G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]: 0,8
  - Grondsoort: Klei
  - Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]: 17,0
  - Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]: 17,0
  - Inwendige wrijvingshoek grond [°]: 17,5
  - Effectieve cohesie [kN/m²]: 10,0
  - Ongedraineerde schuifsterkte [kN/m²]: 50,0
  - E-modulus ondergrond [MN/m²]: 2,0
  - Minimale verticale beddingconstante [N/mm³]: 0,004
  - Gemiddelde verticale beddingconstante [N/mm³]: 0,006
  - Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☐ Ja, ☒ Nee
- Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**:
  - Waterstaatswerk: ☒ Verheeld, ☐ Niet Verheeld

1

We kiezen nu voor staal

2

Inwendige druk is 0,3 N/mm<sup>2</sup> (3 ato)  
Overige gegevens bij 2 zijn niet nodig

Inwendige druk

The screenshot shows the Sigma 2020 software interface with three main sections:

- Projectgegevens**
  - Naam van het project: Cursus Sigma 2020
  - Projectonderdeel: Oefening 7: Onderzoek naar invloed inwendige druk Staal
- Leiding- en materiaalgegevens**
  - Materiaal: Staal
  - Kwaliteit: NEN-EN ISO 3183
  - Uitwendige middellijn [mm]: 219,1
  - Wanddikte [mm]: 4,5
- Medium**
  - Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm<sup>2</sup>]: 0,3
  - Volumieke massa medium [kg/m<sup>3</sup>]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee

- 1 Klik op “Berekening”
- 2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

- 3 Klik op “Open sleuf”

Inwendige druk

## Oefening #7: Spanning t.g.v inwendige druk bij Staal

stap voor stap

- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- Kies materieel Staal (via Pull downmenu)
  - Selecteer staalkwaliteit (via Pull downmenu)
  - Vul de “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Vul de normaal heersende druk in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Inwendige druk



# Oefening #7: Spanningen t.g.v. inwendige druk bij Staal

## Resultaten

### 1. Eigenschappen van de leiding

|                                 |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 210,10 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 214,60 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 219,10 | mm |
| Uitwendige straal               | $r_e = D_e / 2$           | = 109,55 | mm |
| Inwendige straal                | $r_i = D_i / 2$           | = 105,05 | mm |

Let op: Volgens de NEN 3650 moeten de optredende spanningen t.g.v. inwendige druk getoetst worden aan de toelaatbare spanning.

### 4. Berekening van de spanningen $\sigma_p$ en $\sigma_{pl}$ t.g.v. inwendige druk

$$D_g/d = 214,60/4,50 = 47,69 \rightarrow D_g/d > 20 \rightarrow \text{Dunwandige leiding}$$

$$\sigma_p = \frac{p_d \cdot D_g}{2 \cdot d}$$

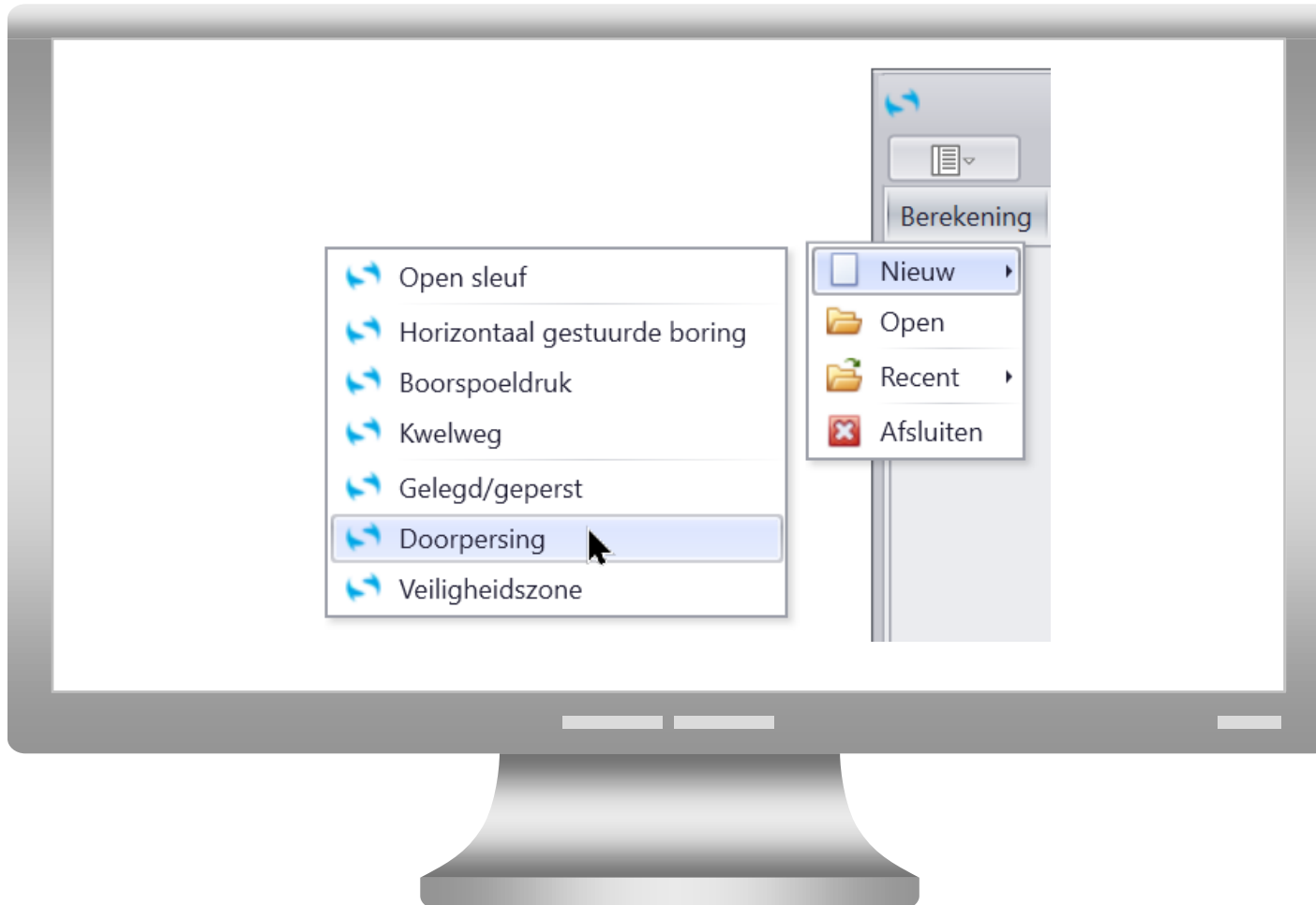
$$\sigma_p = \frac{0,3 \cdot 214,6}{2 \cdot 4,5} = 7,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{y1} = \sigma_p = 7,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{pl} = \nu \cdot \sigma_p = 0,3 \cdot 7,15 = 2,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Toelaatbare spanning: } 0,72 \cdot R_e \cdot S = 0,72 \cdot 1,00 \cdot 245,00 = \mathbf{176,40 \text{ N/mm}^2}$$

Inwendige druk



- 1 Klik op “Berekening”
- 2 Kies welke berekening gemaakt moet worden.

Zeven keuzes:

- Open sleuf
- Horizontaal gestuurde boring
- Boorspoeldruk
- Kwelweg
- Gelegd/geperst
- Doorpersing
- Veiligheidszone

- 3 Klik op “Doorpersing”

Grondbelasting

The screenshot shows the Sigma 2020 software interface with the following sections and inputs:

- Projectgegevens**
  - Naam van het project: Cursus Sigma 2020
  - Projectonderdeel: Oefening 8: Onderzoek naar invloed grondbelasting
- Leiding- en materiaalgegevens**
  - Materiaal: Staal
  - Kwaliteit: NEN-EN ISO 318
  - Uitwendige middellijn [mm]: 406,4
  - Wanddikte [mm]: 5,0
  - ☒ Rekenen met minimale wanddikte
  - Minimale wanddikte [mm]: 5,0
  - Dikte bekleding [mm]: 0,0
- Verkeersbelasting**
  - Verkeersbelasting: Grafiek I
  - Ontlastende invloed t.g.v. wegdek:
    - ☒ Geen ontlastende invloed
    - ☐ Tweelagen structuur
    - ☐ Drielagen structuur
- Importantiefactor**
  - Importantiefactor: 1.0
- Opleghoeken**
  - Horizontale steundruk: ☒ Ja ☒ Nee
  - Horizontale steundrukhoek [°]: 120
  - Belastinghoek [°]: 180
  - Ondersteuningshoek [°]: 120
- Medium**
  - Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3
  - Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee
- Grondmechanische gegevens**
  - Grondwater: ☐ Ja ☒ Nee
  - Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,25
  - Grondsoort: Zand
  - Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]: 18,0
  - Inwendige wrijvingshoek grond [°]: 32,5
  - Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☐ Ja ☒ Nee
- Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**
  - Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- 1 We starten met een stalen leiding Ø 406,4 mm
- 2 We moeten de dekking van de leiding invoeren (maaiveld – kruin van de leiding)

Grondsoort, gewicht grond en inwendige wrijvingshoek grond zijn ook nodig.

Grondbelasting

- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- Kies materieel Staal (via Pull downmenu)
  - Selecteer staalkwaliteit (via Pull downmenu)
  - Vul de “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Selecteer “Nee” bij de vraag over grondwater
  - Vul de dekking van de leiding in (hoogte maaiveld - kruin buis)
  - Selecteer “Zand” in Pull downmenu (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Vul het volumiek gewicht van de grond in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Geeft op wat de inwendige wrijvingshoek van de grond is (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Grondbelasting

# Oefening #8: Grondbelasting zonder grondwater

Invoer

| Leidinggegevens       |       |          |    |
|-----------------------|-------|----------|----|
| Uitwendige middellijn | $D_e$ | = 406,40 | mm |
| Wanddikte             | $d_n$ | = 5      | mm |

| 1. Eigenschappen van de leiding |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 396,40 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 401,40 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 406,40 | mm |

| Aanleggegevens                         |   |        |   |
|----------------------------------------|---|--------|---|
| Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld | H | = 1,25 | m |

| Grondmechanische gegevens     |            |        |                   |
|-------------------------------|------------|--------|-------------------|
| Grondsoort                    |            | = Zand |                   |
| Volumiek gewicht droge grond  | $\gamma_d$ | = 18   | kN/m <sup>3</sup> |
| Inwendige wrijvingshoek grond | $\varphi$  | = 32,5 | °                 |

Grondbelasting

# Oefening #8: Grondbelasting zonder grondwater

## Resultaten

### 1. Eigenschappen van de leiding

|                                 |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 396,40 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 401,40 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 406,40 | mm |

Wanneer de leiding voorzien is van een uitwendige bekleding dan is  $D_o$  gelijk aan de uitwendige middellijn + 2 x dikte uitwendige bekleding.

### 6. Berekening van de neutrale grondbelasting $Q_n$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 1,25 = 24,75 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 24,75 \cdot 10^{-3} \cdot 406,4 = 10,06 \text{ N/mm}^1$$

$q_n$  = partiële factor (standaard 1,1) x gewicht grond x de dekking.

Grondbelasting

The screenshot displays the Sigma 2020 software interface with the following sections and values:

- Projectgegevens**
  - Naam van het project: Cursus Sigma 2020
  - Projectonderdeel: Oefening 9: Onderzoek naar invloed grondbelasting (met grondwater)
- Leiding- en materiaalgegevens**
  - Materiaal: Staal
  - Kwaliteit: NEN-EN ISO 3182
  - Uitwendige middellijn [mm]: 406,4
  - Wanddikte: 5,0
  - ☐ Rekenen met minimale wanddikte
  - Minimale wanddikte [mm]: 5,0
  - Dikte bekleding [mm]: 0,0
- Verkeersbelasting**
  - Verkeersbelasting: Grafiek I
  - Ontlastende invloed t.g.v. wegdek:
    - ☒ Geen ontlastende invloed
    - ☐ Tweelagen structuur
    - ☐ Drielagen structuur
- Importatiefactor**
  - Importatiefactor: 1.0
- Opleghoeken**
  - Horizontale steundruk: ☐ Ja ☒ Nee
  - Horizontale steundrukhoek [°]: 120
  - Belastinghoek [°]: 180
  - Ondersteuningshoek [°]: 120
- Medium**
  - Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3
  - Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee
- Grondmechanische gegevens**
  - Grondwater: ☒ Ja ☐ Nee
  - Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,25
  - G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]: 0,8
  - Grondsoort: Zand
  - Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]: 18,0
  - Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]: 20,0
  - Inwendige wrijvingshoek grond [°]: 32,5
  - Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☒ Ja ☐ Nee
  - Partiële factor: 1,1
- Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**
  - Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

- 1 We starten met een stalen leiding Ø 406,4 mm
- 2 We moeten de dekking van de leiding invoeren (maaiveld – kruin van de leiding)

Grondsoort, gewicht grond (zowel droog als nat) en inwendige wrijvingshoek grond zijn ook nodig.

Grondbelasting

- Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)
- Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)
- Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:
- Kies materieel Staal (via Pull downmenu)
  - Selecteer staalkwaliteit (via Pull downmenu)
  - Vul de “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Selecteer “Ja” bij de vraag over grondwater
  - Vul de dekking van de leiding in (hoogte maaiveld - kruin buis)
  - Vul in wat de grondwaterstand is ten opzichte van het maaiveld
  - Selecteer “Zand” in Pull downmenu (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Vul het volumiek gewicht van de grond in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
  - Vul de inwendige wrijvingshoek van de grond in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Stap 4)** Klik “Berekenen”

Grondbelasting



# Oefening #9: Grondbelasting indien er grondwater is

Invoer

| Leidinggegevens       |       |          |    |
|-----------------------|-------|----------|----|
| Uitwendige middellijn | $D_e$ | = 406,40 | mm |
| Wanddikte             | $d_n$ | = 5      | mm |

| 1. Eigenschappen van de leiding |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 396,40 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 401,40 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 406,40 | mm |

| Aanleggegevens                         |          |        |   |
|----------------------------------------|----------|--------|---|
| Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld | $H$      | = 1,25 | m |
| Gronddekking boven de grondwaterstand  | $H_d$    | = 0,8  | m |
| Gronddekking onder de grondwaterstand  | $H_n$    | = 0,45 | m |
| Belastinghoek                          | $\alpha$ | = 180  | ° |
| Ondersteuningshoek                     | $\beta$  | = 120  | ° |

Grondbelasting

# Oefening #9: Grondbelasting met grondwater

## Resultaten

### 1. Eigenschappen van de leiding

|                                 |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 396,40 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 401,40 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 406,40 | mm |

Wanneer de leiding voorzien is van een uitwendige bekleding dan is  $D_o$  gelijk aan de uitwendige middellijn + 2 x dikte uitwendige bekleding.

### 6. Berekening van de neutrale grondbelasting $Q_n$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$q_n = 1,1 \cdot 18 \cdot 0,8 + 1,1 \cdot 20 \cdot 0,45 - 10 \cdot 0,45 = 21,24 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 21,24 \cdot 10^{-3} \cdot 406,4 = 8,63 \text{ N/mm}^1$$

$q_n$  = partiële factor (standaard 1,1) x  
(gewicht droge grond – gewicht natte grond)  
x de dekking.

$Q_n$  zonder grondwater was 10,06 N/mm<sup>1</sup>  
dus hoger dan nu berekend is.

Grondbelasting

The screenshot displays the Sigma 2020 software interface with the following sections and values:

- Projectgegevens**
  - Naam van het project: Cursus Sigma 2020
  - Projectonderdeel: Oefening 9: Onderzoek naar invloed grondbelasting (met grondwater)
- Leiding- en materiaalgegevens**
  - Materiaal: Staal
  - Kwaliteit: NEN-EN ISO 3182
  - Uitwendige middellijn [mm]: 406,4
  - Wanddikte: 5,0
  - ☒ Rekenen met minimale wanddikte
  - Minimale wanddikte [mm]: 5,0
  - Dikte bekleding [mm]: 0,0
- Verkeersbelasting**
  - Verkeersbelasting: Grafiek I
  - Ontlastende invloed t.g.v. wegdek:
    - ☒ Geen ontlastende invloed
    - ☐ Tweelagen structuur
    - ☐ Drielagen structuur
- Importatiefactor**
  - Importatiefactor: 1.0
- Opleghoeken**
  - Horizontale steundruk: ☐ Ja ☒ Nee
  - Horizontale steundrukhoek [°]: 120
  - Belastinghoek [°]: 180
  - Ondersteuningshoek [°]: 120
- Medium**
  - Medium: ☒ Vloeistof ☐ Gas ☐ Drukloos
  - Ontwerpdruk [N/mm²]: 0,3
  - Volumieke massa medium [kg/m³]: 1000,0
  - Temperatuurverschil [°C]: 10,0
  - Aanvullende pomp-/lekgegevens: ☐ Ja ☒ Nee
- Grondmechanische gegevens**
  - Grondwater: ☒ Ja ☐ Nee
  - Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m]: 1,25
  - G.W.S. t.o.v. maaiveld [m]: 0,8
  - Grondsoort: Zand
  - Volumiek gewicht droge grond [kN/m³]: 18,0
  - Volumiek gewicht natte grond [kN/m³]: 20,0
  - Inwendige wrijvingshoek grond [°]: 32,5
  - Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd: ☒ Ja ☐ Nee
  - Partiële factor: 1,1
- Gegevens waterstaatswerk i.v.m. berekening veiligheidszone**
  - Waterstaatswerk: ☒ Verheeld ☐ Niet Verheeld

Sinds Sigma 2020 2.0 is het mogelijk om de grondparameters in te lezen via een sondering. Dit was al mogelijk bij horizontaal gestuurde Boringen, maar het is nu mogelijk bij alle aanlegtechnieken.

- 1 We rekenen met dezelfde stalen leiding  $\varnothing 406,4$  mm
- 2 We moeten de dekking van de leiding invoeren (maaiveld – kruin van de leiding). Grondsoort, gewicht grond (zowel droog als nat) en inwendige wrijvingshoek grond zijn ook nodig. Daarvoor gebruiken we een sondering.

Grondbelasting

## Oefening #10: Grondbelasting met gebruik van sondering    stap voor stap

**Stap 1)** Vul de naam van het project in (bijv. Vernieuwen waterleiding Maasdijk in Dordrecht)

**Stap 2)** Vul de naam van het projectonderdeel in (bijv. Veiligheidszoneberekening waterleiding)

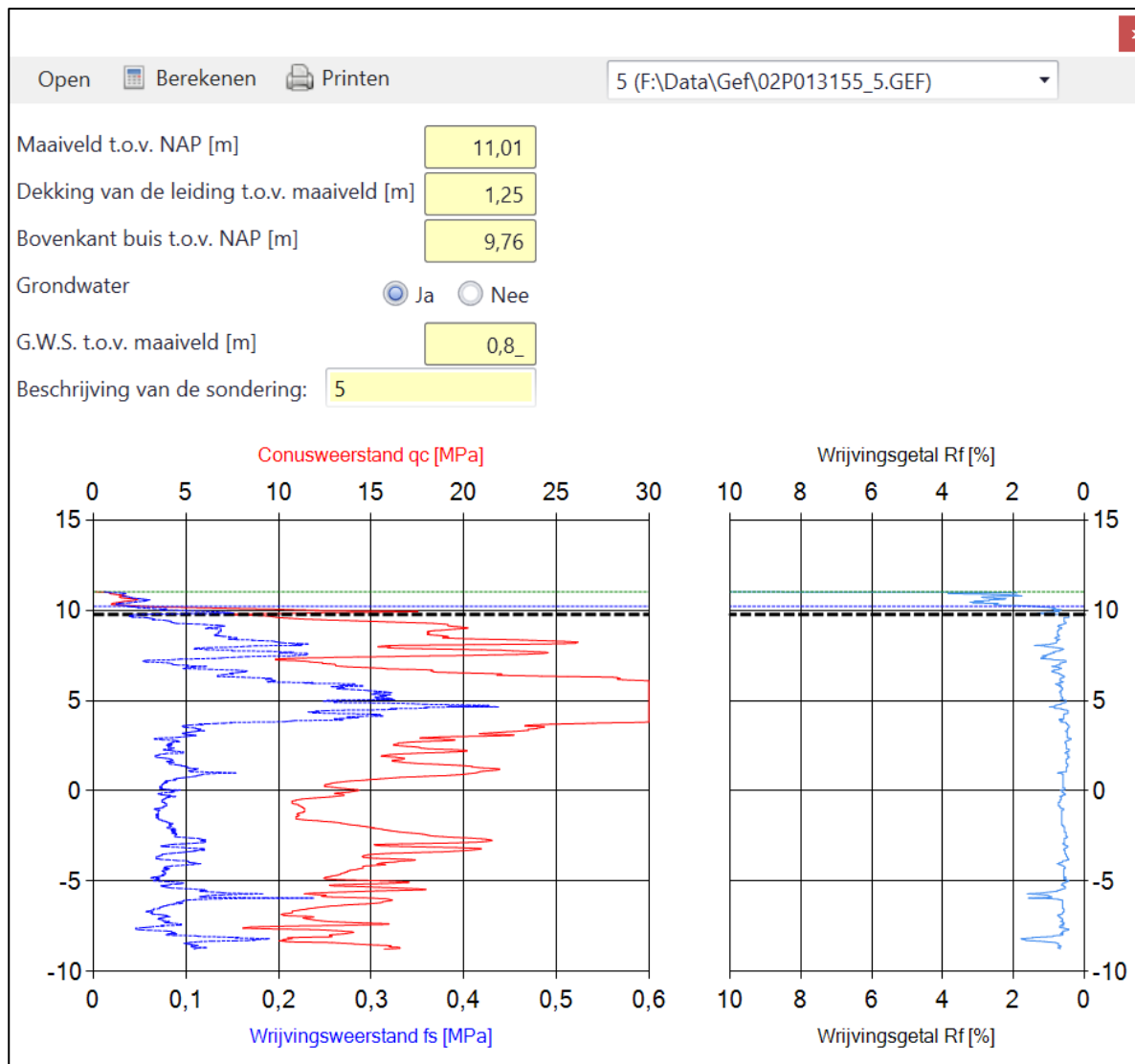
**Stap 3)** Vul de relevante gegevens in:

- Kies materieel Staal (via Pull downmenu)
- Selecteer staalkwaliteit (via Pull downmenu)
- Vul de “Uitwendige middellijn” en de “Wanddikte” in (gebruik indien nodig de rechtermuisknop)
- Selecteer “Ja” bij de vraag over grondwater
- Vul de dekking van de leiding in (hoogte maaiveld - kruin buis)
- Vul in wat de grondwaterstand is ten opzichte van het maaiveld
- Selecteer “Sondering” in Pull downmenu (gebruik de rechtermuisknop)
- Open de sondering (dit is een GEF-bestand)
- Klik op “Berekenen” in scherm Sondeergegevens
- Sluit scherm Sondeergegevens

**Stap 4)** Klik “Berekenen”

Grondbelasting

# Oefening #10: Grondbelasting met gebruik van sondering



Grondmechanische gegevens

Grondwater ☒ Ja ☐ Nee

Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld [m] 1,25

G.W.S. t.o.v. maaiveld [m] 0,8\_

Grondsoort Zand

Volumiek gewicht d ☒ Tabel grondgegevens 17,74

Volumiek gewicht n ☒ Sondering 20,48

Inwendige wrijving ☒ Vul grondgegevens in 35,0\_

Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd ☒ Ja ☐ Nee

Partiële factor 1,1\_

De diepteligging van de leiding is aangegeven in de sondering. De grondparameters worden bepaald op basis van het wrijvingsgetal.

Grondbelasting

# Oefening #10: Grondbelasting met gebruik van sondering

| Leidinggegevens       |       |          |    |
|-----------------------|-------|----------|----|
| Uitwendige middellijn | $D_e$ | = 406,40 | mm |
| Wanddikte             | $d_n$ | = 5      | mm |

| Aanleggegevens                         |          |        |   |
|----------------------------------------|----------|--------|---|
| Dekking van de leiding t.o.v. maaiveld | $H$      | = 1,25 | m |
| Gronddekking boven de grondwaterstand  | $H_d$    | = 0,8  | m |
| Gronddekking onder de grondwaterstand  | $H_n$    | = 0,45 | m |
| Belastinghoek                          | $\alpha$ | = 180  | ° |
| Ondersteuningshoek                     | $\beta$  | = 120  | ° |

| Grondmechanische gegevens              |            |         |                   |
|----------------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Grondsoort                             |            | = Zand  |                   |
| Volumiek gewicht droge grond           | $\gamma_d$ | = 17,74 | kN/m <sup>3</sup> |
| Volumiek gewicht natte grond           | $\gamma_n$ | = 20,48 | kN/m <sup>3</sup> |
| Volumiek gewicht water                 | $\gamma_w$ | = 10    | kN/m <sup>3</sup> |
| Inwendige wrijvingshoek grond          | $\varphi$  | = 35    | °                 |
| Niet rekenen met horizontale steundruk |            |         |                   |
| Grondmechanisch onderzoek uitgevoerd   | $\gamma$   | = 1,1   |                   |
| Beschrijving van de sondering          | 5          |         |                   |

Grondbelasting

# Oefening #10: Grondbelasting met sondering

## Resultaten

### 1. Eigenschappen van de leiding

|                                 |                           |          |    |
|---------------------------------|---------------------------|----------|----|
| Inwendige middellijn            | $D_i = D_e - 2 \cdot d_n$ | = 396,40 | mm |
| Gemiddelde middellijn           | $D_g = (D_e + D_i)/2$     | = 401,40 | mm |
| Uitwendige middellijn+bekleding | $D_o = D_e + 2 \cdot e$   | = 406,40 | mm |

Wanneer de leiding voorzien is van een uitwendige bekleding dan is  $D_o$  gelijk aan de uitwendige middellijn + 2 x dikte uitwendige bekleding.

### 6. Berekening van de neutrale grondbelasting $Q_n$

$$q_n = \gamma \cdot \gamma_d \cdot H_d + \gamma \cdot \gamma_n \cdot H_n - \gamma_w \cdot H_w$$

$$q_n = 1,1 \cdot 17,74 \cdot 0,8 + 1,1 \cdot 20,48 \cdot 0,45 - 10 \cdot 0,45 = 21,25 \text{ kN/m}^2$$

$$Q_n = q_n \cdot D_o$$

$$Q_n = 21,25 \cdot 10^{-3} \cdot 406,4 = 8,64 \text{ N/mm}^1$$

$q_n$  = partiële factor (standaard 1,1) x  
(gewicht droge grond – gewicht natte grond)  
x de dekking.

$$Q_n \text{ zonder grondwater} = 10,06 \text{ N/mm}^1$$

$$Q_n \text{ met grondwater} = 8,63 \text{ N/mm}^1$$

Grondbelasting