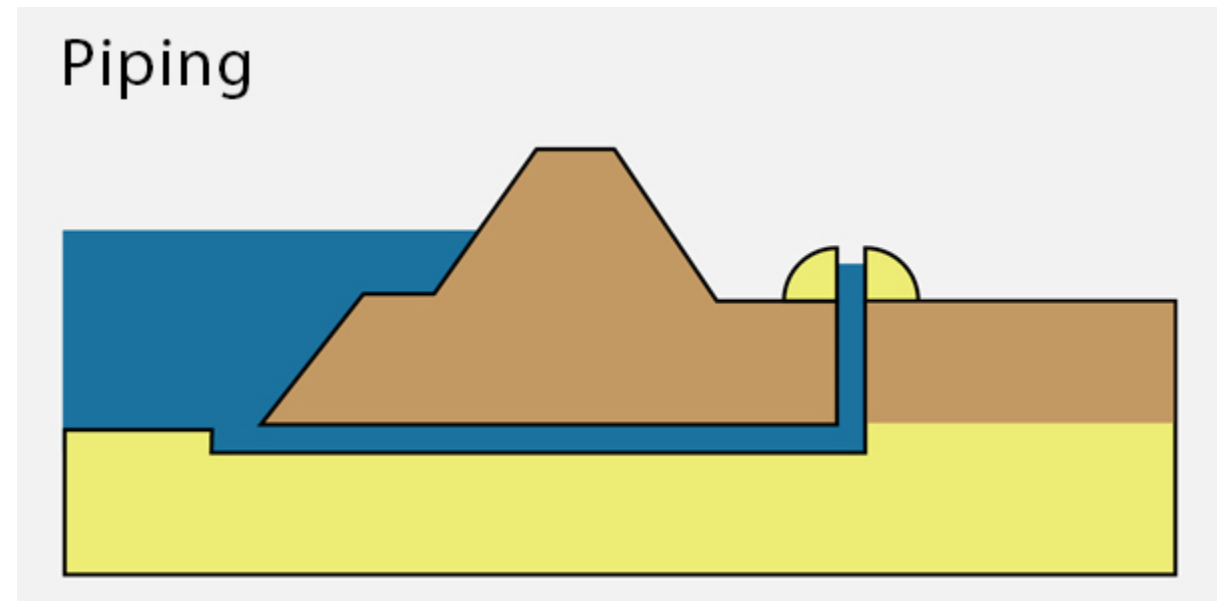


Toepassen van TIM in Sellmeijer

Geautomatiseerde indicatie piping



Sellmeijer

$$\frac{H_c}{L} = F_{\text{resistance}} F_{\text{scale}} F_{\text{geometry}}$$

$$F_{\text{resistance}} = \frac{\gamma'_p}{\gamma_w} \{ \eta \tan(\theta) \} \left(\frac{RD}{RD_m} \right)^{0,35}$$

$$F_{\text{scale}} = \frac{d_{70m}}{\sqrt[3]{\kappa L}} \left(\frac{d_{70}}{d_{70m}} \right)^{0,4}$$

$$F_{\text{geometry}} = \begin{matrix} \text{MSeep} \\ = \end{matrix} F(G) \begin{matrix} \text{standaarddike} \\ = \end{matrix} 0,91 \cdot \left(\frac{D}{L} \right)^{\frac{0,28}{2,8} + 0,04} \left(\frac{D}{L} \right)^{-1}$$

waarin:

ΔH_c	kritieke verval over de waterkering [m]
γ'_p	(schijnbaar) volumegewicht van de zandkorrels onder water [kN/m ³]
γ_w	volumegewicht van water [kN/m ³]
θ	rolweerstandshoek van de zandkorrels [°]
η	coëfficiënt van White [-]
κ	intrinsieke doorlatendheid van de pipinggevoelige/bovenste zandlaag [m ²]
d_{70}	70-percentielwaarde van de korrelverdeling [m]
d_{70m}	gemiddelde d_{70} in de kleine schaalproeven (2,08 E-4m)
D	dikte van de zandlaag [m]
L	lengte van de kwelweg (horizontaal gemeten) [m]
RD	relatieve dichtheid [-]
RD_m	gemiddelde relatieve dichtheid in de kleine schaalproeven (0,725)

- Een weerstandsfactor die de korrels die het moment beschrijft waar door een externe druk de korrels in een buis (pipe) net gaan bewegen.
- Een schaalfactor die de ‘sprong’ van de schaal van de korreltjes (<1 mm) zelf naar de werkelijkheid (meterschaal) vertegenwoordigt
- Een geometriefactor waarin de korrelgrootte van het zand en de doorlatendheid van de watervoerende laag is opgenomen
- De afstand van het intredepunt naar het uitredepunt (lengte in m)
- Berekent : een drukverschil (kritiek verval H_c)

Veel variabelen die in een pythonscript per locatie kunnen worden afgelezen.

```
## Sellmeijer_Pol
n      = 0.34      # whites constant [-]
vw     = 1.5182e-6 # kinematic viscosity
g      = 9.81     # gravity [m/s2]
ysp    = 26.5-9.81 # vol weight sand korrels onder water
D70factor = 1.4e-4 # neem nu eens minimum in Hjulstrom=fijn zand wat als eerste uitstroomt

## weerstandsfactor komt rond 0.3
df['rho'] = np.where(df['Kg']==1, 38, 37) #schoon zand (well graded) heeft net wat meer weerstand
df['fr'] = n * (ysp / 9.81) * np.tan(np.radians(df['rho']))*(pow(df['Dr']/0.725,0.35))* (pow(df['Cu']/1.81,0.13))*(pow(df['KAS']/0.498,-0.02))

# Geometriefactor komt rond 1.1
ddl = diktesell / l_entry_exit
asell = pow(ddl, 2.8) - 1
b = 0.28 / asell + 0.04
df['fg'] = 0.91 * pow(ddl, b)
df['kms'] = df['k']/(24*60*60)
df['kappa'] = vw / g * df['kms']
df['d70'] = 0.96984815*df['kms'] + 0.00012985
df['csell'] = D70factor/ pow(df['kappa'] * l_entry_exit, 1/3)
df['dsell'] = df['d70']/D70factor

## Schaalfactor komt rond 0.2
df['fs'] = df['csell'] * pow(df['dsell'],0.6) # ipv 0.4

df['Hc'] = l_entry_exit * df['fr'] * df['fs'] * df['fg']
```


Uiteindelijk resultaat

Gegeven de uitgangsvariabelen (e.g. extreme rivierwaterstand, korrelgrootte, ligging onderzijde deklaag, afstand tot watergangen) wordt de maximale lengte van de pipe berekend.

```
df['Hc'] = l_entry_exit * df['fr'] * df['fs'] * df['fg'] Sellmeijer
df['H'] = (df['in']-df['uit'])*0.3*dikte_dek
if diktesell > l_entry_exit:
    ratioLc_L = (-0.3984 * pow(1.0, 2.0) + 0.7979*(1.0) + 0.0707) TIM
else:
    ratioLc_L = (-0.3984 * pow(diktesell / l_entry_exit, 2.0) + 0.7979*(diktesell / l_entry_exit) + 0.0707)
Lc = l_entry_exit*ratioLc_L
df['Lpipe'] = np.where(df['H']/df['Hc'] >0,Lc*(164.535456 * pow(df['H']/ df['Hc'], 8.0) - 570.088738 * pow( df['H']/ df['Hc'], 7.0)+
    797.636538 * pow(df['H']/ df['Hc'], 6.0) - 575.466330 * pow( df['H']/ df['Hc'], 5.0) + 227.705051 *
    pow(df['H']/ df['Hc'], 4.0) - 48.9853799 * pow( df['H']/ df['Hc'], 3.0) + 5.96645859 *
    pow(df['H']/ df['Hc'], 2.0) -3.67385412e-01 * (df['H']/ df['Hc']) + 0.00757329545), Lc*0.001) Deltares
```

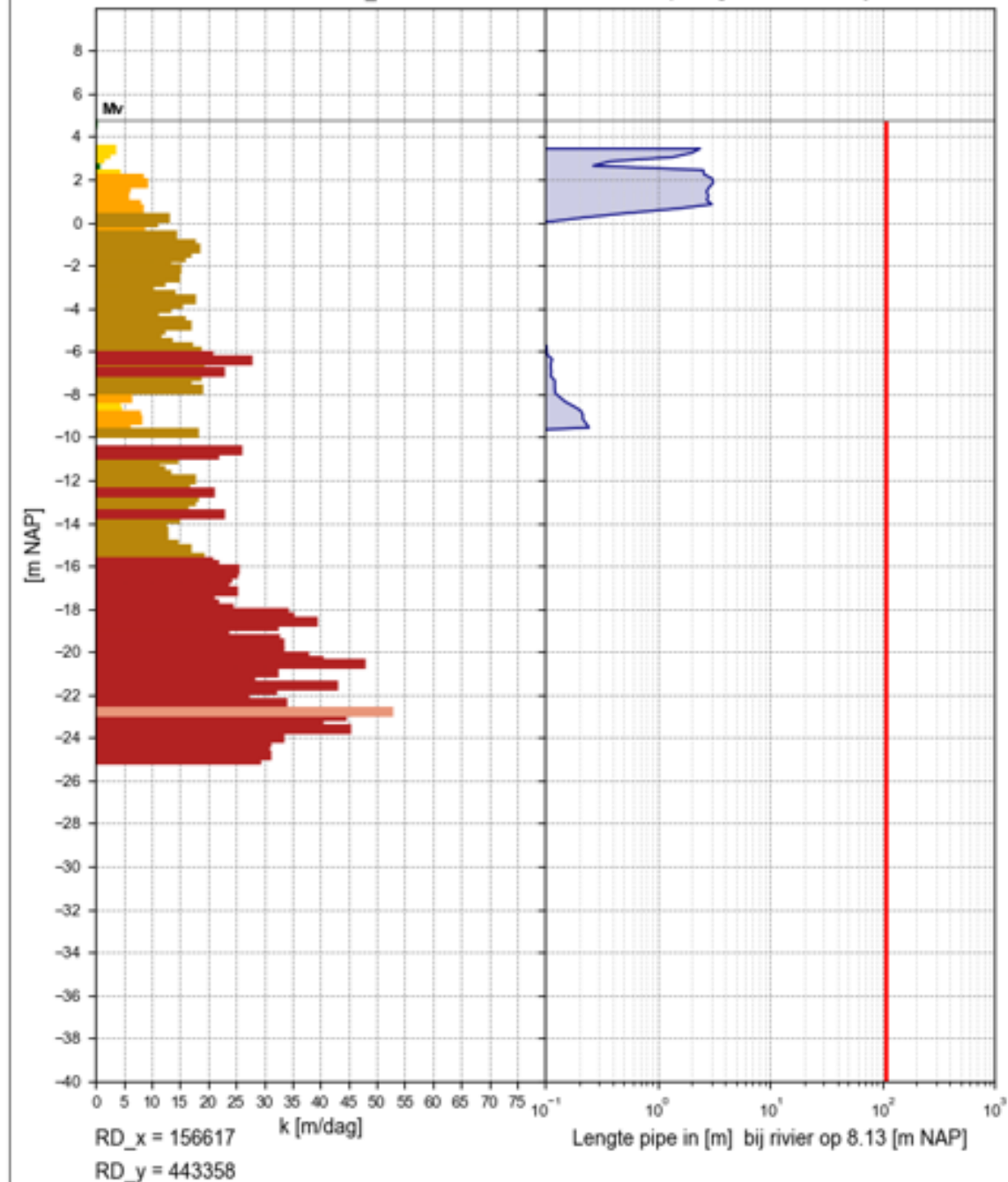
Hiervoor is het drukverschil nodig tussen intredepunt en uittredepunt (H obv TIM), de Sellmeijer waarde (Hc) en een door Deltares ontwikkeld algoritme (Lpipe)

TIM berekent het drukverschil (df['in'] – df['uit'])

Toelaatbare kwelweglengte 105.4 [m]
 Maximale pipelengte 3.1 [m]
 Rivierwaterstand 8.13 [m NAP]
 Hoogte maaiveld achterland 4 [m NAP]
 Dikte WVP 42 [m]
 Dikte deklaag 0.3 [m]
 Toelaatbaar verval (Hc) 8.15 [m]
 Berekende Lc 34.3 [m]
 D70 (max. pipinginterval) 234 [mu]

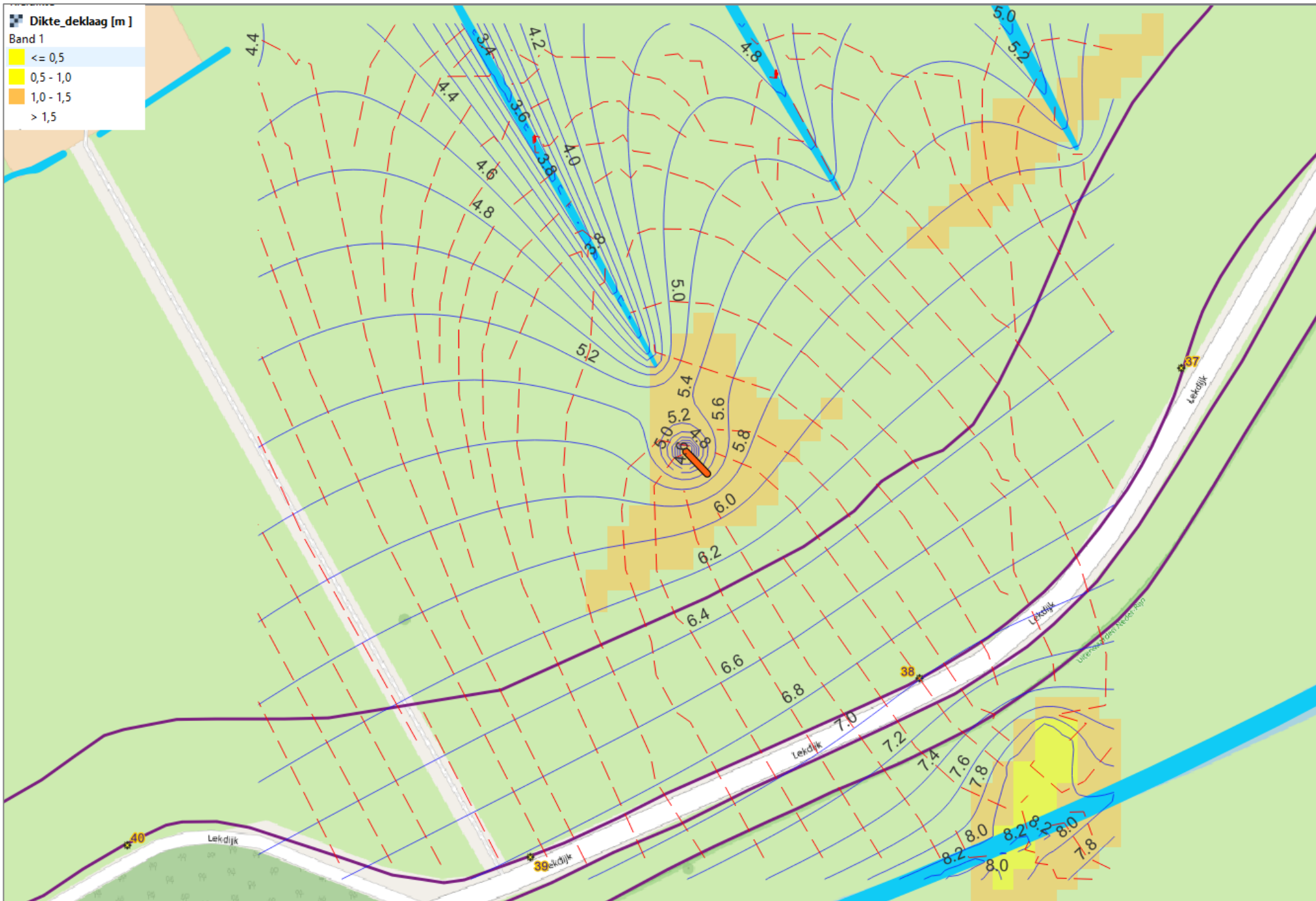
MC_sim Hc (5%_50%_95%) [5.5, 7.1, 10.5] [m]
 MC_sim LPipe (95%_50%_5%) [25.2, 8.4, 3.3] [m]

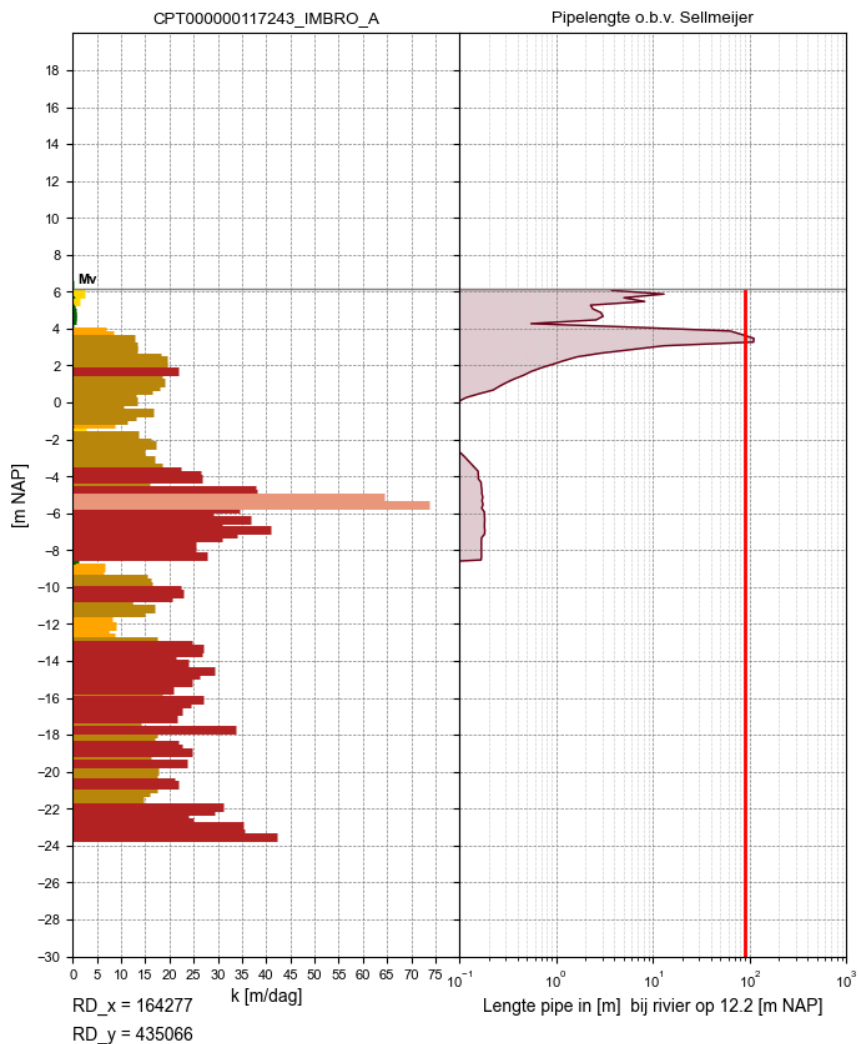
Laagjes 0.2 m



Dikte_deklaag [m]
Band 1

≤ 0,5
0,5 - 1,0
1,0 - 1,5
> 1,5





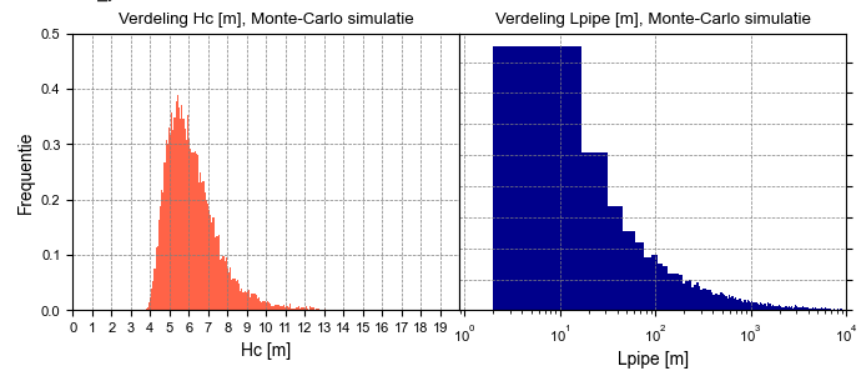
Toelaatbare kwelweglengte	89.6 [m]	
Maximale pipelengte	110.6 [m]	
Rivierwaterstand	12.2 [m NAP]	
Hoogte maaiveld achterland	4 [m NAP]	
Dikte WVP	36 [m]	
Dikte deklaag	0.5 [m]	
Toelaatbaar verval (Hc)	7.2 [m]	
Berekende Lc	29.3 [m]	
D70 (max. pipinginterval)	349 [mu]	
MC_sim Hc (5%_50%_95%)	[4.5, 5.9, 8.8]	[m]
MC_sim LPipe (95%_50%_5%)	[40733.7, 1562.6, 13.6]	[m]

K-waarde		
Klei	$k \leq 0.1$	[m/dag]
Leem tot fijn zand	$0.1 < k \leq 1$	[m/dag]
Veen	$k \leq 1$	[m/dag]
Fijn zand	$1 < k \leq 5$	[m/dag]
Matig fijn/grof zand	$5 < k \leq 10$	[m/dag]
Matig grof zand	$10 < k \leq 20$	[m/dag]
Grof zand tot grindig	$20 < k \leq 50$	[m/dag]
Grindig zand tot grind	$k > 50$	[m/dag]

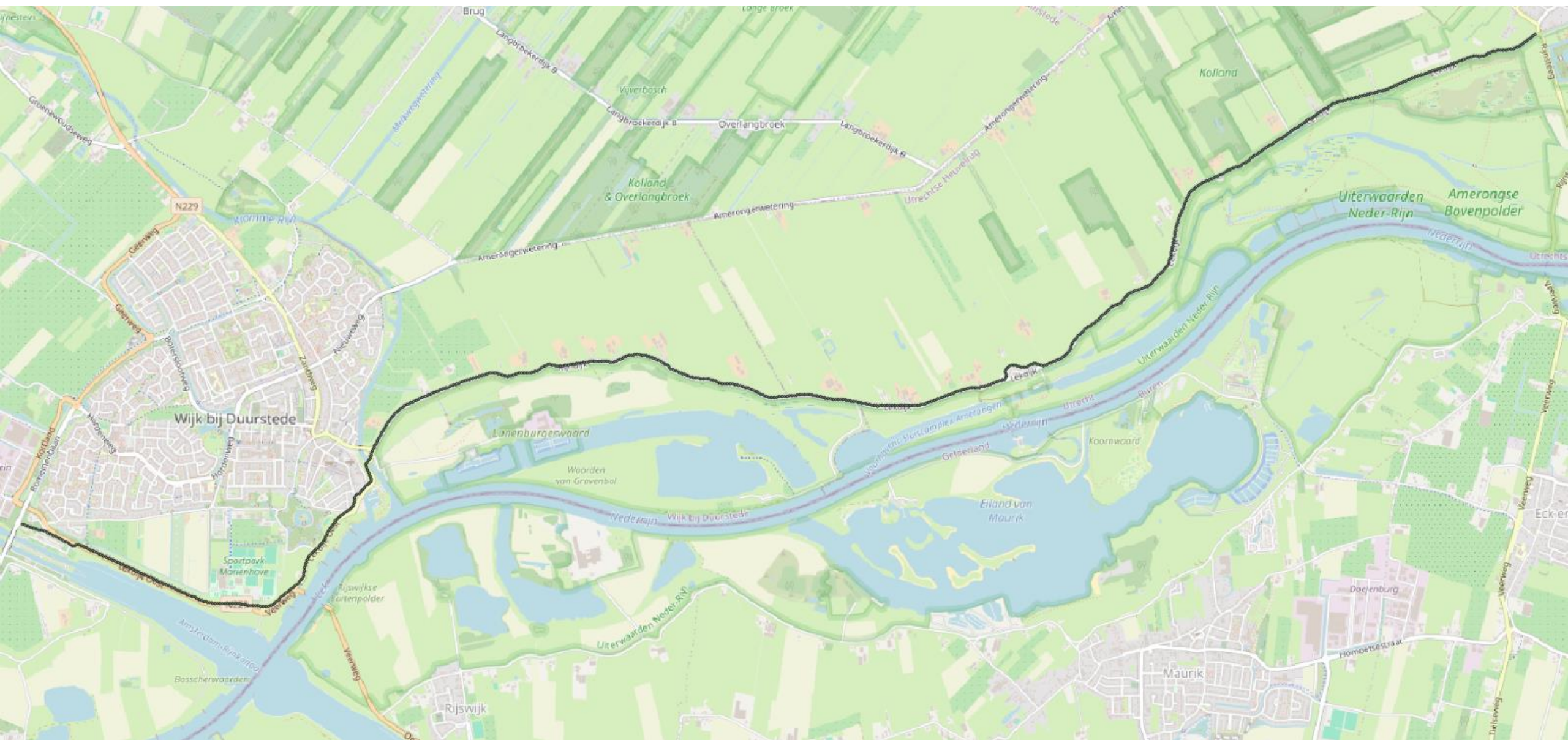
Monte Carlo simulatie o.b.v van Beek (ICOLD Bulletin 164, page 46)

N = 25000 variaties in D, L, D70, K etc.

Indien aantal voldoet <100%: Risico op piping



Monte Carlo simulatie, [min, mediaan, max]		
MC_sim D	[31, 36, 41]	[m]
MC_sim L	[84.6, 89.6, 94.6]	[m]
MC_sim RD	[0.6, 0.7, 0.8]	[-]
MC_sim d70	[245, 349, 543]	[mu]
MC_sim k	[1, 18, 67]	[m/dag]
MC_sim rolweerstand	[36, 37, 38]	[graden]
MC_sim temp	[5, 10, 15]	[graden Celsius]



- Elke 10 meter een punt (= 1350 punten)
- Script zoekt meest dichtbijzijnde sondering = input bodemopbouw
- Script bepaalt D70 waarde, K-waarde per laag
- Script leest dikte deklaag af
- Script leest extreme rivierstanden af per rekenpunt (ca. 103 langs trace)
- Script laadt oppervlaktewatersysteem in

- TIM berekend de druk bij het intrede en uittredepunt (per laag)

- MC analyse geeft risicopunten indien <100 % veilig

- Half uurtje rekenen

[Script en achtergronddocument op
Died1808 \(Dick Edelman\) \(github.com\)](#)



