

Bijlage voorbeeldexamen Ontwerp en realisatie ondergrondse open systemen

Grondwaterstroming	$q = -k \frac{\Delta h}{\Delta x}$
Grondwaterverplaatsing	$v_{eff} = \frac{q}{n}$
Grondwater stroomsnelheid naar een bron	$q(r) = \frac{Q}{A(r)} = \frac{Q}{(2\pi \cdot r \cdot D)}$
Stijghoogteverandering enkele onttrekkingsbron	$S(ro) = \frac{Q}{2\pi k D} \ln\left(\frac{1,123\lambda}{ro}\right)$
Stijghoogteverandering bij infiltratie- en onttrekkingsbron	$S(r) = \frac{Q}{2\pi k D} \ln\left(\frac{ro}{ri}\right)$
Maximale injectiedruk	$\Delta h_{max} = 0,2 \cdot (d + h_{wvp}) - 0,15 \cdot (h_{freatisch})$
Ontwerpnorm voor infiltratiebronnen (NVOE, 2006)	$v_{inf} = 1.000 \left(\frac{k}{150}\right)^{0,6} \sqrt{\frac{v_{verstoping}}{2 MFI u_{eq}}}$
Ontwerpnorm voor onttrekkingsbronnen (NVOE, 2006)	$v_{ont} = \frac{k}{12}$
Minimale reistijd tussen een onttrekkings- en infiltratiebron	$t = \frac{L^2 \cdot 2\pi \cdot h \cdot n}{6Q}$
Hydraulische straal	$R_{hydraulisch} = \sqrt{\frac{Q_{seizoen}}{n \cdot h \cdot \pi}}$
Thermische straal	$R_{thermisch} = \sqrt{\frac{C_w \cdot Q_{seizoen}}{C_a \cdot h \cdot \pi}}$
Vuistregel minimale bronafstand	3 x thermische straal 2,25 x hydraulische straal
Energieverbruik bronpomp	$P_{el} = \frac{(Q_{uur} \cdot \Delta P \cdot 10^{-6})}{(\eta_{el} \cdot \eta_p \cdot 3,6)}$

Drukverlies in een rechte leiding

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{\Delta x}{d_h} \cdot \frac{1}{2} \rho_w v^2$$

A	Doorstromend oppervlak	m ²
c	Weerstand kleilaag	m
C _a	Warmtecapaciteit aquifer	MJm ⁻³ K ⁻¹
C _w	Warmtecapaciteit water	MJm ⁻³ K ⁻¹
C _z	Samendrukkingsconstante grondlaag	-
d _h	Inwendige diameter van de leiding	m
d	Diepte bovenkant filter	m-mv
D	Dikte van het watervoerend pakket	m
g	Zwaartekrachtsversnelling (9,81 m/s ² ≈ 10 m/s ²)	m/s ²
Δh	Stijghoogteverschil tussen twee punten	m
Δh _{max}	Maximale injectiedruk (toename stijghoogte)	mwk
h	Verticale verbreiding van het geïnfiltreerde water	m
h _{wvp}	Stijghoogte watervoerend pakket	m-mv
h _{freatisch}	Freatische grondwaterstand	m-mv
k	Doorlatendheid van de aquifer (k-waarde)	m/d
kD	Doorlaatvermogen van de aquifer	m ² /dag
L	Afstand tussen de infiltratiebron en onttrekkingsbron	m
MFI	MFI, maat voor slibhoudendheid onttrokken grondwater	s/l ²
n	Porositeit	-
P _{el}	Elektrisch vermogen van de onderwaterpomp	kW _e
P _k	Verticale korrelspanning	Pa
P _g	Verticale grondspanning	Pa
P _w	Waterspanning	Pa
ΔP	Drukverandering van de vloeistof	Pa of N/m ²
q	Darcy snelheid	m/d
Q	Debiet per dag	m ³ /dag

Q_{uur}	Debiet per uur	m^3/uur
Q_{seizoen}	Debiet per seizoen	$\text{m}^3/\text{seizoen}$
r	Afstand tot de bron	m
r_0	Straal van de bron (helft van de boordiameter)	m
r_i	Afstand tot het middelpunt van de injectiebron	m
r_o	Afstand tot het middelpunt van de onttrekkingsbron	m
$R_{\text{hydraulisch}}$	Hydraulische straal	m
$R_{\text{thermisch}}$	Thermische straal	m
S	Stijghoogteverandering	m
t	Minimale reistijd tussen infiltratie- en onttrekkingsbron	dag
u_{eq}	Equivalente vollasturen	h/j
v	Stroomsnelheid door een buisleiding	m/s
v_{eff}	Verplaatsing snelheid grondwater	m/d
v_{inf}	Ontwerp stroomsnelheid op de boorgatwand	m/h
v_{ont}	Ontwerp stroomsnelheid op de boorgatwand	m/h
$v_{\text{verstopping}}$	Specifieke verstoppingsnelheid	m/j
Δx	Doorstroomlengte, afstand tussen twee punten	m
z	Zetting	m
λ	Spreidingslengte aquifer $\sqrt{(kDc)}$	m
λ	Wrijvingsfactor stroming door een leiding	-
ρ_g	Dichtheid grond	kg/m^3
ρ_w	Dichtheid water	kg/m^3
η_p	Rendement van de pomp	-
η_{el}	Rendement van de elektromotor	-