

Werkgroep Deltagebied

Doorspoeling van zoute polderwaterleidingen

ir. J.A. van 't Leven

6700 713 Wageningen

Ten gevolge van kwel en uitspoeling van bodemzout hebben in het westen en in het noorden van ons land de polderwaterleidingen een te hoog zoutgehalte voor gebruik in land- en tuinbouw.

Met behulp van zoetwater kunnen deze leidingen worden ontzilt. Dit gebeurt momenteel afdoende in Zuid-Holland, met gedeeltelijk succes in Noord-Holland, Friesland en Groningen. In het zuidwesten van het land is ontzilting pas mogelijk na de afsluiting en verzoeting van de zee-armen.

Het ontzilten van polderwater kan op een aantal manieren geschieden zoals bijvoorbeeld met

- . doorspoelen, waarbij het inlaatpunt en het lozingspunt aan weerszijden van het poldergebied liggen
- . uitwisselen van zout met zoetwater, waarbij het inlaatpunt en het lozingspunt samenvallen (longsysteem).

Het zoute water komt in tijden van waterafvoer via de slootbodem, de slootwanden en via de drains in het polderwater. De waterafvoer is afhankelijk van de neerslag en het bergend vermogen van de grond. In droge tijden treedt tengevolge van grondwaterstands daling door verdamping accumulatie van zout in de bodem op. De chloridebelasting van de sloten en leidingen is daardoor gedurende het gehele jaar aan grote schommelingen onderhevig. Over korte perioden gerekend is de chloridebelasting constant en verdeeld over het gehele polderoppervlak (drainafvoer). Bij een regelmatige aanvoer van zoetwater treedt een goede menging op van zoet en zoutwater.

Op grond van de veronderstelling dat volledige menging optreedt, kan worden berekend hoeveel water nodig is voor ontzilting van een leidingenstelsel met een gegeven zoutbelasting tot een zoutniveau dat voldoet aan de eisen van land- en tuinbouw.

Van de mogelijkheid tot berekening hiervan is in het volgende een eerste benadering gegeven.

290/1261/25



0000 0672 4088

1787071

De zoutinhoud in kilogrammen van de polderleidingen bedraagt:

$$V c$$

$V = m^3$ water per hectare, geborgen in
de open waterleidingen

$c =$ chloridegehalte in grammen per liter

De zoutbelasting door afvoer van zouthoudend water uit de omliggende percelen bedraagt in kilogrammen

$$Q_a c_a$$

$Q_a = m^3$ water per etmaal per hectare

$c_a =$ chloridegehalte in grammen per liter

De zoutaanvoer met het ingelaten water bedraagt in kilogrammen

$$Q_i c_i$$

$Q_i = m^3$ water per etmaal per hectare

$c_i =$ chloridegehalte in grammen per liter

De inhoud aan water in de polderleidingen wordt constant verondersteld; er wordt evenveel water uitgemaalend als er in totaal wordt ingelaten en aangevoerd uit de grond.

$$Q_u = Q_i + Q_a$$

$Q_u = m^3$ uitgeslagen water per etmaal per
hectare

De verandering van het zoutgehalte in de leidingen tengevolge van het doorspoelen bedraagt in de tijd Δt

$$V \cdot \Delta c$$

De volgende vergelijking kan nu worden opgesteld:

$$V \cdot \Delta c = \left\{ (Q_i c_i + Q_a c_a) - (Q_i + Q_a) c \right\} \Delta t$$

De differentiaalvergelijking luidt:

$$\frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{V} - \frac{Q_i + Q_a}{V} c \quad (1)$$

Vergelijking (1) kan worden voorgesteld door

$$\frac{dx}{dy} = b - ax$$

$$x = \frac{b}{a} + ke^{-ay}$$

k = integratie constante

De oplossing van de differentiaalvergelijking (1) wordt nu geschreven:

$$c = \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} + ke^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} \cdot t} \quad (2)$$

c = chloridegehalte van
het uitgeslagen water
in grammen per liter

Vergelijking (2) bestaat uit 2 termen, waarvan $\frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a}$, het constante deel, aangeeft tot welk niveau het zoutgehalte van het polderwater bij bepaalde inlaat en zoutbelasting uiteindelijk kan dalen.

Het deel $ke^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t}$ verloopt met de tijd. Dit deel nadert tot nul indien t tot oneindig nadert.

De berekening van k bij t = 0 wordt als volgt met c = c₀ voor t = 0.

Uit formule (2) volgt c₀ = $\frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} + k$

$$k = c_0 - \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} \quad (3)$$

De volledige oplossing van (1) luidt nu:

$$c = \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} + \left(c_0 - \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} \right) e^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t} \quad (4)$$

of

$$c = c_o \cdot e^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t} + (1 - e^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t}) \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} \quad (4a)$$

Het volgende voorbeeld is, voor wat de zoutbelasting betreft, ontleend aan de bemalingsgegevens van de onderbemaling aan de Schroeweg (Walcheren).

$$\begin{aligned} Q_i &= 30 \text{ m}^3/\text{ha etmaal} & c_i &= 0,25 \text{ kg/m}^3 \\ Q_a &= 0,65 \text{ m}^3/\text{ha etmaal} & c_a &= 6,8 \text{ kg/ha etmaal} \\ & & c_o &= 17,5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

$V = 50 \text{ m}^3/\text{ha}$ de inhoud aan water van de sloten is hierbij gesteld op 5 mm

$$\text{Formule (2)} \quad c = \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a} + k e^{-\frac{Q_i + Q_a}{V} t}$$

Berekening van de integratieconstante k bij $t = 0$ en $c_o = 17,5$ uit (3):

$$k = 17,5 - \frac{7,5 + 4,4}{30,65} = 17,5 - 0,388 = 17,112$$

$$c = 0,388 + 17,112 e^{-0,73 t}$$

Berekening van het zoutgehalte van het uitgeslagen water in de loop van een decade:

t	$0,73 t$	$e^{-0,73 t}$	$17,112 e^{-0,73 t}$	$c = 0,388 + k e^{-0,73 t}$	
$t = 0$	0	1	17,112	17,500	100%
$t = 1$	0,73	0,482	8,25	8,648	49%
$t = 2$	1,46	0,232	3,95	4,338	25%
$t = 3$	2,19	0,112	1,92	2,308	13%
$t = 4$	2,92	0,054	0,92	1,308	7,5%
$t = 5$	3,65	0,026	0,44	0,828	5%
$t = 6$	4,38	0,012	0,21	0,598	3%
$t = 7$	5,11	0,006	0,10	0,488	3%
$t = 8$	5,84	0,003	0,05	0,438	2,5%
$t = 9$	6,57	0,001	0,02	0,408	2,5%
$t = 10$	7,30	0,0006	0,01	0,398	2,3%

Het blijkt dat het chloridegehalte na 10 dagen gedaald is tot 398 mg per liter. Het chloridegehalte ligt nog slechts 10 mg boven de uitkomst van het constante deel, dat 388 mg bedraagt.

Een snellere daling van het chloridegehalte van het polderwater is te bereiken met een grotere inlaat en/of een lager chloridegehalte van het water waarmede wordt doorgespoeld.

De uitgangstoestand voor de volgende decade is nu $c_0 = 398$ mg chloride per liter.

De berekening van k bij $c_0 = 0,398$ en $t = 0$ volgens (3)

$$\begin{aligned} 0,398 &= k + 0,388 \\ k &= 0,010 \end{aligned}$$

De term $ke - \frac{Q_i + Q_a}{V} t$ kan nu voor korte tijdvakken verwaarloosd worden, zodat (4) overgaat in

$$c = \frac{Q_i c_i + Q_a c_a}{Q_i + Q_a}$$

Het met de tijd verlopend deel $ke - \frac{Q_i + Q_a}{V} t$ is dus feitelijk alleen belangrijk in de decade, waarin men met de doorspoeling begint.