Ontwerp Waterwinstation Harderbroek

IR. L.M. DE WAAL, FDM
IR. L.P. WESSELS, DHV WATER BV





In het nieuwe waterwingebied Harderbroek heeft de NV Flevolandse Drinkwater Maatschappij op 6 februari jl. een nieuw grondwaterwinstation in gebruik genomen.
Op Harderbroek wordt diep grondwater gewonnen, dat van oorsprong afkomstig is van de Veluwe. De klassieke, biologisch/fysische zuiveringsopzet is gekozen om het grondwater te zuiveren tot drinkwater: cascadebeluchting, snelfiltratie, torenbeluchting.
De spoelwaterbehandeling bestaat uit vlokvorming en lamellenbezinking en is erop gericht om het spoelwater zodanig te zuiveren, dat het kan worden geloosd op het oppervlaktewater. Op termijn zal hergebruik van spoelwater gaan plaatsvinden.

In dit artikel wordt ingegaan op de achtergronden van het ontwerp en de eerste resultaten van de zuivering en de spoelwaterbehandeling.

Ruwwaterkwaliteit, zuiveringsdoelen en resultaten

Het grondwater wordt gewonnen op een diepte van circa 120 tot 170 m beneden maaiveld.

Het grondwater in deze watervoerende laag is afkomstig van de Veluwe en wordt gekenmerkt door:
- de biologische stabiliteit;
- het nagenoeg afwezig zijn van methaan en ammonium;
- relatief lage gehalten ijzer en mangaan;
- een laag zoutgehalte en een lage hardheid;
- afwezigheid van microverontreinigingen.

De zuivering heeft tot doel het gehalte ijzer, mangaan en ammonium te verlagen tot onder de aanbevelingsnormen, opgesteld door de VEWIN. Deze verwijdering wordt gerealiseerd door beluchting, gevolgd door snelle zandfiltratie.

Door het lage bicarbonaatgehalte leidt de ontijzering en de ontmanganing tot een lage verzadigingsindex (SI) van het snelfiltraat. Door torenontgassing wordt de SI verhoogd, zodat ook met deze parameter wordt voldaan aan de VEWIN-aanbeveling.

In tabel 1 zijn de ruwwater- en de reinwatersamenstelling weergegeven.

Ontwerpcapaciteiten

De hoofdzuivering en de spoelwaterbehandeling zijn beide uitgelegd in 2 straten. Het hydraulisch ontwerp is gebaseerd op een onttrekking van 9 miljoen m³ per jaar. Het bijbehorende hydraulisch ontwerpdebiet is 1800 m³/h. In de eerste fase (bij een onttrekking van 5 miljoen m³ per jaar) is het hydraulisch ontwerpdebiet 1000 m³/h.

In tabel 2 is, per processtap, de ontwerpcapaciteit weergegeven.

Grondwaterwinning

In de vergunning is vastgelegd dat de onttrekking per winput de 100 m³/h niet mag overschrijden. In de eerste fase (bij een onttrekking van 5 miljoen m³ per jaar) worden 12 winputten ingericht. De maximale onttrekking in deze fase kan derhalve worden gerealiseerd met 10 winputten.

De 12 winputten zijn opgesplitst in 3 strengen en komen met 2 ruwwaterverzamelleidingen het zuiveringsgebouw binnen. Bij uitbreiding naar een winning van 9 miljoen m³ per jaar worden 8 winputten bijgeplaatst.

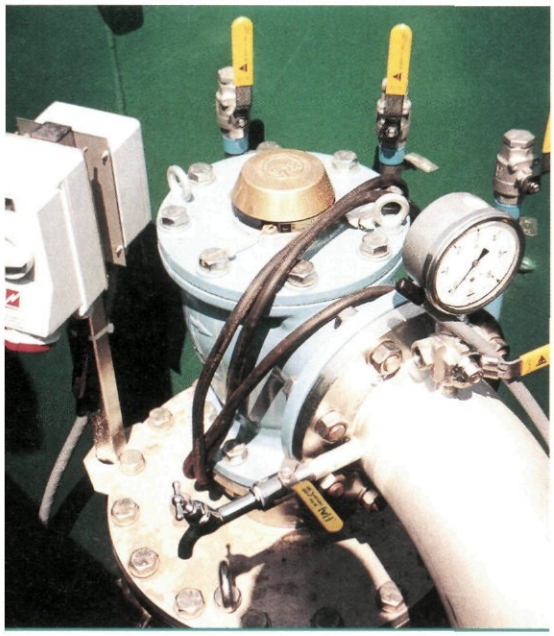
Tabel 1 *Ruwwater- en reinwatersamenstelling (meetwaarden 21 oktober 1997).*

parameter	*ruw*	*rein*	*norm* [1]
temperatuur	11,5 °C	11,5 °C	< 25°C
zuurgraad	7,45	8,00	7,8< pH <8,3
verzadigingsindex	-0,80	-0,27	-0,2< SI <0,3
koolzuur	5,1 mg/l	1,7 mg/l	-
zuurstof	-	>10 mg/l	>4
methaan	<10 µg/l	<10 µg/l	-
ammonium	<0,05 mg/l	<0,05 mg/l	<0,05
waterstofcarbonaat	88 mg/l	87 mg/l	>60
chloride	8 mg/l	7 mg/l	<150
sulfaat	10 mg/l	8 mg/l	<150
nitriet	<0,02 mg/l	<0,02 mg/l	<0,05
nitraat	1,2 mg/l	1,4 mg/l	<25
natrium	5,1 mg/l	5,2 mg/l	<120
calcium	27 mg/l	26 mg/l	20< Ca <80
magnesium	2,0 mg/l	2,0 mg/l	<50
totale hardheid	0,76 mmol/l	0,73 mmol/l	1< TH <2,5 [2]
ijzer	1,4 mg/l	0,03 mg/l	<0,05
mangaan	0,11 mg/l	<0,01 mg/l	<0,02
kolonie getal 22 °C	1/ml	80/ml	<100
kolonie getal 37 °C	<1/ml	1/ml	<10

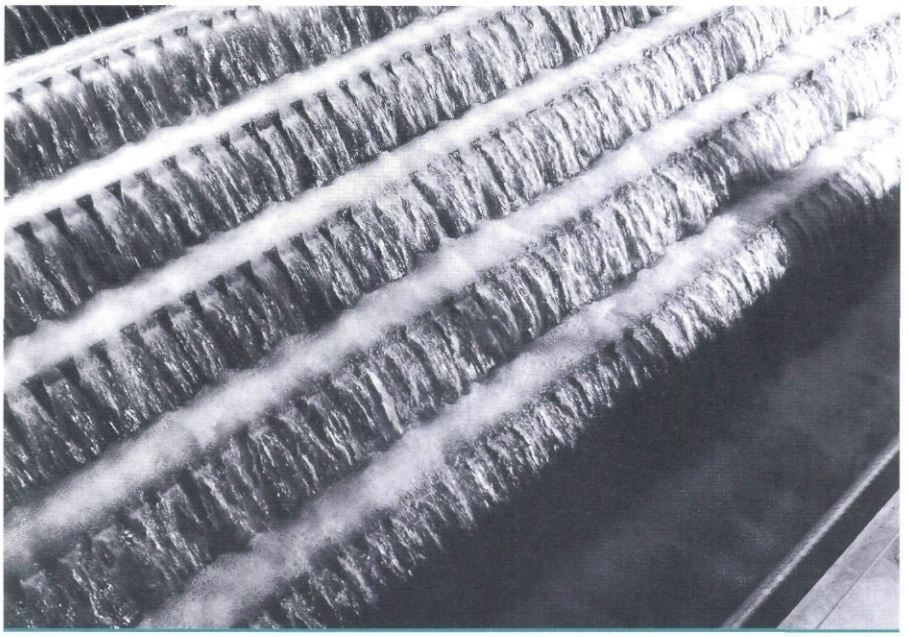
[1] De normstelling is gebaseerd op de herziening normen waterleidingbesluit 1993 en de aanbeveling van de VEWIN. De strengste norm van beide is opgenomen in de tabel.
[2] De norm voor hardheid geldt alleen bij toepassing van ontharding.

Tabel 2 *Ontwerpcapaciteiten.*

processtap	*hydraulische capaciteit 1e fase (aantal x m³/h)*	*hydraulische capaciteit 2e fase (aantal x m³/h)*	*opmerkingen*
winning	12 x 100	20 x 100	waarvan 2 putten reserve
cascadebeluchting	4 x 335	4 x 600	1 cascade in onderhoud
snelfiltratie	8 x 145	8 x 255	1 snelfilter in onderhoud
torenbeluchting	3 x 500	4 x 600	1 torenbeluchter in onderhoud
spoelwaterbehandeling	2 x 50	2 x 50	50 m³/h per straat



Afb. 1 *Kijkje in de putkopconstructie van een winput.*



Afb. 2 *Cascadebeluchting.*

Twee winputten zijn voorzien van toerengeregelde bronpompen, zodat het gewenste windebiet nauwkeurig kan worden ingesteld.

Beluchting

Met de beluchting wordt zuurstof in het water gebracht om het daarin aanwezige ijzer(II) en mangaan(II) te oxideren.
De uitdrijving van koolzuurgas en methaan is niet noodzakelijk. Voor de keuze van het beluchtingsysteem is een vergelijking gemaakt tussen versproeiing en cascadebeluchting. Het argument dat cascadebeluchting ongevoeliger is voor debietvariaties en vervuiling, heeft geleid tot een keuze voor het laatstgenoemde systeem.

Het grondwater wordt verdeeld over 4 cascades. De cascades stromen vervolgens uit in de verdeelgoot voor de snelfilters.

De cascades zijn uitgevoerd in 6 trappen met een totale valhoogte van 1,20 m. Door stalen platen met vertandingen wordt het overstortende water opgedeeld in stralen.
Ten behoeve van de beluchting wordt buitenlucht aangevoerd en over de cascades geleid. De maximale RQ (= verhouding luchtdebiet : waterdebiet) bedraagt 10.

Snelfiltratie

Het beluchte grondwater wordt met behulp van een verdeelgoot hydraulisch verdeeld over de 8 snelfilters. Deze verdeelgoot kan door middel van een afsluiter in twee gelijke delen worden verdeeld met elk 2 cascades en 4 snelfilters.

De filterbakken zijn gevuld met een enkele laag zand en voorzien van een doppenbodem. Deze doppenbodem heeft een tweeledige functie:
- aftap van het filtraat (tegenhouden van het filterzand);
- een goede verdeling van water en spoellucht tijdens het terugspoelen.

Om het zand tegen te houden is het noodzakelijk dat de spleetwijdte van de doppen ligt in de range 40-70% van de toegepaste korreldiameter voor het filtermateriaal.

Om een goede water- en luchtverdeling tijdens het terugspoelen van de zandfilters te bereiken, moeten voldoende doppen per m^2 worden toegepast. Bovendien dienen de filterdoppen een voldoende hoge weerstand te hebben. Een weerstand van 0,25 mWk is veelal voldoende voor een goede waterverdeling.

In eerste instantie zijn 4 van de 8 filterbakken gevuld met filtergrind. Hiermee zal worden bekeken welke filtratiesnelheid kan worden gehaald en wat de daarbij behorende looptijd zal zijn. Bij uitbreiding van de winning, zullen de overige filterbakken eveneens met filtergrind worden gevuld en in gebruik genomen. In tabel 3 zijn de eerste resultaten van de snelfiltratie samengevat.

De bovenwaterstand van de filters wordt geregeld met behulp van 8 toerengeregelde pompen die het gefiltreerde water direct opvoeren naar de torenbeluchting.
Dit systeem heeft de volgende voordelen:
- kostenbesparing doordat buffering van het snelfiltraat niet nodig is;
- beperking van de bouwhoogte.

Om onderdruk onder de filterbodems te voorkomen, is elk filter voorzien van een

Tabel 3 *Resultaten snelfiltratie (meetwaarden 10 november 1997).*

parameter	*filter 1*	*filter 2*	*filter 3*	*filter 4*
ijzer (mg/l)	0,01	0,02	0,07	0,04
mangaan (mg/l)	<0,01	0,01	0,02	0,02
kolonie getal 22 °C	6	2	38	9
kolonie getal 22 °C	<1	<1	1	<1

Tabel 4 *Ontwerpgegevens filterspoelingen snelfiltratie.*

	ontwerp
spoelcriterium	m^3 productie/ drukval
maximale spoelsnelheid water	40 m/h
aantal spoelpompen	2 (1+1)
capaciteit per spoelpomp	1000 m^3/h
maximale spoelsnelheid lucht	80 m/h
aantal spoelluchtblowers	2 (1+1)
capaciteit per blower	2000 Nm^3/h

onderdrukbeveiliging in de vorm van een standpijpje. De filtraatpompen leveren een capaciteit van 50-255 m^3/h.

Tijdens het spoelen van de snelfilters stort het vuile spoelwater via een vaste overstortrand aan de korte zijde van de filters over in een gezamenlijke spoelwaterafvoergoot. Deze afvoergoot stroomt uit in de (vuil)spoelwaterbuffers die zich onder de snelfilters bevinden. De snelfilters worden gespoeld op basis van gefiltreerd volume of op drukval over het filterbed. In de eerste fase is een looptijd van 48 uur geschat. In tabel 4 zijn de ontwerpgegevens voor het spoelen weergegeven.

Torenbeluchting

In de eerste fase worden 3 torenbeluchters opgesteld. Indien nodig kan bij uitbreiding van de wincapaciteit een 4e torenbeluchter worden bijgeplaatst. De torenbeluchters worden gevoed door de filtraatpompen en het water stroomt vervolgens onder vrij verval uit naar de reinwaterbergingen.
Gekozen is voor het type tegenstroombeluchting. Door de lucht in tegengestelde richting door de torens te laten stromen wordt een efficiëntere koolzuurverwijdering gerealiseerd dan bij meestroombeluchting. De maximale RQ bedraagt 10.

Reinwaterberging

De reinwaterberging is uitgevoerd in 2 delen met elk een inhoud van 2500 m^3. Vanuit deze berging kunnen de fluctuaties in het drinkwaterverbruik (distributie) worden opgevangen. Daarnaast dient de berging als voorraadbuffer om de snelfilters te kunnen spoelen en als pompbuffer voor de transportpompen.

Beide reinwaterbergingen zijn uitgevoerd als ronde betonnen bakken op het maaiveld. De reinwaterbergingen zijn aan de buitenzijde voorzien van een isolerende laag om al te grote temperatuurverschillen in de betonwanden te voorkomen. Het gezuiverde grondwater stroomt tangentieel binnen en wordt in het midden weer onttrokken. Hierdoor wordt het optreden van kortsluitstromen en dode hoeken geminimaliseerd.



Afb. 3 Reinwaterpompstation met uitgaande persleidingen (links en rechts) en hydrofoorketels.



Afb. 4 Opstelling hogedrukpompen met zuigleidingen (lichtblauw)

Reinwaterpompstation

In het reinwaterpompstation staan opgesteld:

- de transportpompen voor het transport van drinkwater naar Almere/Lelystad;
- de distributiepompen voor de lokale distributie van drinkwater;
- de spoelwaterpompen;
- 4 hydrofoorketels.

Afb. 5 Spoelwaterbehandeling: watervalmengers, vlokvormers en lamellen.





Afb. 6 *Voldoende ruimte voor het bijplaatsen van een nabehandeling tot drinkwater.*

Bij het ontwerp van de pompenkelder is rekening gehouden met 4 uitgaande persleidingen, 2 voor transport en 2 voor distributie. Er zijn 4 hydrofoorketels geplaatst. Elke hydrofoorketel kan aan de aanliggende transport- of distributieleiding worden gekoppeld.

In de eerste fase zijn 4 van de 6 beschikbare plaatsen voor transport- en distributiepompen gebruikt. Bij uitbreiding van de winning kunnen 2 transportpompen worden bijgeplaatst.

In de nabijheid van het reinwaterpompstation is de noodstroomaggregaat geplaatst en zijn ook de elektrische ruimten gelegen.

De besturingsruimte is hoog gelegen en kijkt uit op de hoofdzuivering en, via een vide, op de reinwaterpompen.

Spoelwaterbehandeling

De spoelwaterbehandeling is erop gericht om het spoelwater te kunnen lozen op het oppervlaktewater ter plaatse. De spoelwaterbehandeling bestaat uit:

- (vuil)spoelwaterbuffering;
- vlokvorming;
- lamellenbezinking.

De (vuil)spoelwaterbuffers, inclusief zandvangers, zijn onder de snelfilters en cascades geplaatst. De totale bufferinhoud bedraagt 800 m^3. In combinatie met een verwerkingscapaciteit voor de spoelwaterbehandeling van 100 m^3/h kunnen hiermee, bij onderhoud aan 1 van beide buffers en onder de aanname dat slechts 1 filter per uur kan worden gespoeld, 4 filterspoelingen achter elkaar worden verwerkt.

Bij het ontwerp van de vlokvorming en de bezinking is gebruik gemaakt van de resultaten van bezinkproeven op spoelwater van de waterwinstations Fledite en Bremerberg. Uit deze bezinkproeven is een maximale oppervlaktebelasting voor de lamellen bepaald van 0,8 m/h.

De menging van vlokvormingsmiddel (ijzerchloride) en spoelwater geschiedt met behulp van een watervalmenger. In een nageschakeld vlokvormingscompartiment vindt aangroei van de vlokken plaats.

In tabel 5 zijn de ontwerpgegevens van de vlokvorming en lamellenbezinking samengevat.

Tabel 5 *Ontwerpgegevens spoelwaterbehandeling.*

	ontwerp
minimale vlokvormingstijd	12 minuten
G-waarde roerwerken vlokvorming	10^{-1}–$50\ s^{-1}$
maximaal jaarverbruik Fe (als 40% product)	circa 20 m^3
oppervlakte lamellen	125 m^2

Al in de eerste fase van het project is het totale lameloppervlak van 125 m^2 aangebracht, zodat de maximale oppervlaktebelasting in deze fase 0,4 m/h is. Hiermee is de zekerheid dat de lozingseisen worden gehaald vergroot. In de spoelwaterbehandeling blijkt het ijzergehalte inderdaad te worden verlaagd tot ruim onder de lozingsnorm van 2 mg Fe/l. Het chloridegehalte van het bezonken spoelwater is, als gevolg van de dosering van ijzerchloride verhoogd van circa 8 naar 36 mg/l.

In de spoelwaterverwerkingsruimte is ruimte vrijgehouden voor het bijplaatsen van aanvullende zuiveringsstappen. Verwacht wordt dat het spoelwater eenvoudig kan worden hergebruikt door het over een snelfilter te leiden.

Slibbehandeling

Bij een maximale drinkwaterproductie van 9 miljoen m^3 per jaar zal de jaarlijkse slibproductie circa 34 ton ds bedragen. Bij dergelijke geringe slibhoeveelheden is het niet rendabel om een vaste slibontwateringsinstallatie te plaatsen. Er is derhalve gekozen voor gecombineerde slibindikking en -opslag in combinatie met mobiele ontwatering.

De slibbuffer heeft een inhoud van 600 m^3 en is voorzien van een drijvende overlaat voor afvoer van het bovenstaande water. Het slib dient 1 maal per jaar te worden geruimd en ontwaterd. Het afgelaten water bevat 0,55 mg Fe/l (meetwaarde 11 november 1997) en voldoet hiermee evenals het bezonken spoelwater aan de lozingsnorm voor ijzer.

Afb. 7 *Slibontwatering met een mobiele zeefbandpers op waterwinstation Bremerberg (1997).*

