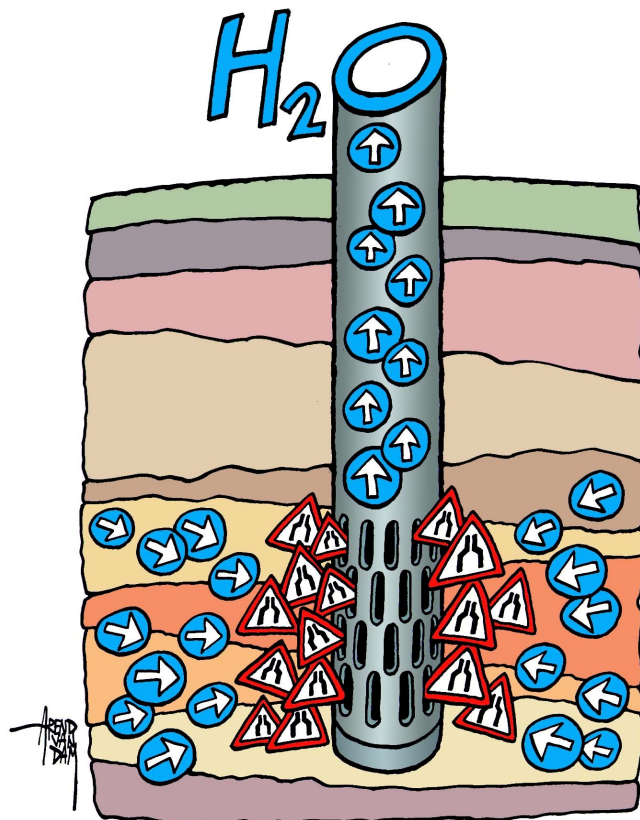


Literatuuroverzicht putverstopping

Samenvatting uitgevoerd onderzoek t/m 2007
inclusief CD met rapporten en artikelen



BTO 2008.001(s)
Januari 2008

Literatuuroverzicht putverstopping

Samenvatting uitgevoerd onderzoek t/m 2007
inclusief CD met rapporten en artikelen

© 2007 Kiwa Water
Research
Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag
worden verveelvoudigd,
opgeslagen in een
geautomatiseerd
gegevensbestand, of
openbaar gemaakt, in enige
vorm of op enige wijze,
hetzij elektronisch,
mechanisch, door
fotokopieën, opnamen, of
enig andere manier, zonder
voorafgaande schriftelijke
toestemming van de
uitgever.

Kiwa Water Research
Groningenhaven 7
Postbus 1072
3430 BB Nieuwegein

Tel. 030 606 95 11
Fax 030 606 11 65
www.kiwawaterresearch.eu

Colofon

Titel

Literatuuroverzicht putverstopping

Projectnummer

111456.404

Projectmanager

Jan Willem Kooiman

Opdrachtgever

BTO

Kwaliteitsborger(s)

Jan Willem Kooiman

Marc Balemans

Auteur(s)

Inke Leunk

Verzonden aan

--	--

Dit rapport is verspreid onder BTO-participanten en is openbaar

Inhoud

	Inhoud	1
1	Inleiding	3
1.1	Aanleiding	3
1.2	Doel	3
1.3	Leeswijzer	3
2	Werkpakket 1; Fundamenteel onderzoek	5
2.1	Doel	5
2.2	Resultaat	5
2.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	5
2.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP1	5
2.4.1	Rapporten, proefschrift, matrix; Werkpakket 1	5
2.4.2	Artikelen Werkpakket 1	7
3	Werkpakket 2; Deeltjes	9
3.1	Doel	9
3.2	Resultaat	9
3.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	10
3.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP2	10
3.4.1	Rapporten Werkpakket 2	10
3.4.2	Artikelen Werkpakket 2	13
4	Werkpakket 3; Regeneratie & Werkpakket 7; Nieuwe Regeneratietechnieken	15
4.1	Doel	15
4.2	Resultaat	15
4.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	16
4.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP3	16
4.4.1	Rapporten en memo's Werkpakketten 3 en 7	16
4.4.2	Artikelen Werkpakketten 3 en 7	23
5	Werkpakket 4; Putontwerp	25
5.1	Doel	25
5.2	Resultaat	25
5.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	26
5.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP4	26
5.4.1	Rapporten en memo's Werkpakket 4	26
5.4.2	Artikelen Werkpakket 4	29

6	Werkpakket 5; Verschijningsvormen	31
6.1	Doel	31
6.2	Resultaat	31
6.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	31
6.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP5	32
6.4.1	Rapporten Werkpakket 5	32
6.4.2	Artikelen Werkpakket 5	32
7	Werkpakket 6; Bedrijfsvoering	33
7.1	Doel	33
7.2	Resultaat	33
7.3	Werkpakkettrekker en deelnemers	34
7.4	Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP6	34
7.4.1	Rapporten en memo's Werkpakketten 6	34
7.4.2	Artikelen Werkpakketten 6	36
8	Werkpakket 8; Implementatie	39
8.1	Doel	39
8.2	Resultaat	39
8.3	Opbrengsten werkpakket 8	39

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

In de periode 2002 – 2006 liep het BTS-project putverstopping. In dit project hebben samenwerking en fundamenteel onderzoek geleid tot een beter inzicht in mechanische putverstopping en het putverstoppingsproces. De inzichten zijn samengevat in het richtlijnenboekje (literatuur 2) met praktische richtlijnen voor ontwerp, aanleg en onderhoud van putten.

Binnen het BTS-project putverstopping zijn in afzonderlijke werkpakketten deelproblemen uitgewerkt (werkpakket 2 t/m 7). Het fundamentele onderzoek concentreerde zich in werkpakket 1 en resulteerde in het proefschrift *Investigation of Clogging Processes in Unconsolidated Aquifers near Water Supply Wells* van Bert-Rik de Zwart (zie hoofdstuk 2). Werkpakket 8 heeft het richtlijnenboekje opgeleverd, waarin de resultaten van al het onderzoek zijn vertaald naar praktische richtlijnen (zie hoofdstuk 2).

1.2 Doel

We weten veel meer over oorzaken, preventie en regeneratie bij mechanische putverstopping, en de richtlijnen worden in de praktijk toegepast. Maar de wereld draait door en nieuwe vragen en ideeën borrelen op, wat kan resulteren in nieuw onderzoek. Het is dan goed om een overzicht te hebben van de onderzoeken die in het verleden zijn uitgevoerd.

Het doel van dit rapport is het samenbrengen van het onderzoek naar mechanische putverstopping dat in Nederland is uitgevoerd en hiermee de bestaande kennis en ervaring ontsluiten.

1.3 Leeswijzer

Per werkpakket zijn rapporten, memo's en artikelen verzameld. De werkpakketten 3 en 7 (regeneratie en nieuwe regeneratietechnieken) zijn samengevoegd in één hoofdstuk.

Per werkpakket is het doel aangegeven, er is een lijst opgenomen met de werkpakkettrekker en de deelnemers aan het werkpakket en per werkpakket is in het kort het resultaat beschreven. Vervolgens zijn twee literatuurlijsten gemaakt, de eerste met de rapporten, memo's etc en de tweede met de artikelen. Per item zijn de belangrijkste conclusies in enkele zinnen beschreven. De literatuurlijsten zijn op volgorde van datum gerangschikt.

Ieder rapport, memo of artikel is opgeslagen volgens het volgende formaat:

Onderwerp in steekwoorden	Uitvoerende en/of opdrachtgever
Literatuurverwijzing	
Korte omschrijving van de inhoud in enkele zinnen	
Beschikbaarheid	

De beschikbaarheid kan zijn:

- Digitaal; in dit geval staat het op bijgevoegde CD (jaar – eerste auteur – onderwerp in steekwoorden, bij artikelen staat er ‘artikel’ voor)
- Niet digitaal; het rapport is alleen als papieren versie beschikbaar
- Informatie bij ...; het rapport is niet openbaar, informatie is op te vragen bij het genoemde bedrijf.

De rapporten, memo's en artikelen staan (voor zover zij digitaal beschikbaar en openbaar zijn) op de bijgevoegde CD. Om een zo compleet mogelijk overzicht te krijgen zijn ook rapporten en artikelen opgenomen die buiten het BTS onderzoek zijn uitgevoerd, maar die wel met het onderwerp te maken hebben.

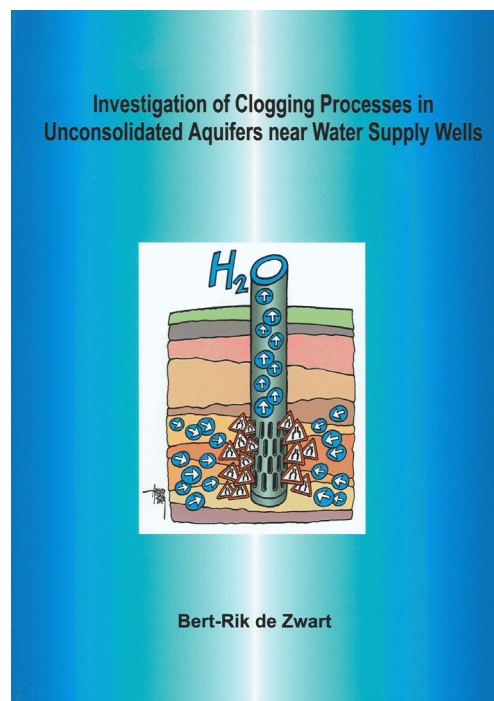
2 Werkpakket 1; Fundamenteel onderzoek

2.1 Doel

Doel van werkpakket 1 was het bouwen van een numeriek model dat de verstopping van waterwinputten voorspelt. Om tot een betrouwbaar model te komen moest eerst het hele verstoppingproces begrepen worden.

2.2 Resultaat

De belangrijkste opbrengst van werkpakket 1 is het proefschrift van Bert-Rik de Zwart. Het proefschrift beschrijft het theoretische, experimentele en praktijkgerichte onderzoek naar mechanische verstoppingsprocessen in watervoerende pakketten in de buurt van waterwinputten. Geconstateerd is dat grondwater altijd deeltjes bevat, die met het grondwater in de richting van de pompput stromen. Mechanische verstopping van pompputten treedt op door het accumuleren van deeltjes in de poriën van het watervoerende pakket. Brugvorming, waarbij meerdere deeltjes gezamenlijk een porie afsluiten, komt het meeste voor. Een aanzet voor het voorkómen of verminderen van mechanische putverstopping wordt gegeven.



figuur 1 Voorkant van het proefschrift van Bert-Rik de Zwart

2.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Bert-Rik de Zwart	UU/TU Delft/ Kiwa WR

2.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP1

2.4.1 Rapporten, proefschrift, matrix; Werkpakket 1

Oorzaak en preventie proefschrift	Kiwa WR & TUD
Zwart, A.H. de (2007). Investigation of Clogging Processes in Unconsolidated Aquifers near Water Supply Wells.	
Proefschrift met het theoretische en experimentele onderzoek naar mechanische verstoppingsprocessen.	
Digitaal	

Analyse verstoppingsmatrix	Kiwa WR & TUD
Schaaf, Jorien, Caroliene van der Lee (2005). Matrix putverstopping in Nederland. Vaststellen relatie puteigenschappen en putverstopping met statistische analyse. KWR 04.053	
Hogere verstoppingsnelheid bij: fijne korrelgrootte, hoge Cl-concentratie, hoge Ca-concentratie, korte filters, ondiepe putten, heterogeniteit, hoger aantal draaiuren, lage flux op boorgatwand en oevergrondwaterwinning.	
Digitaal	
BTS Verstoppingsmatrix	Kiwa WR
Anoniem ($\pm$ 2004) Matrix totaal (Excel tabel)	
Tabel met puteigenschappen zoals putgegevens, geologie/sedimenteigenschappen, putconstructie/aanleg, regeneratie, bedrijfsvoering, berekeningen.	
Digitaal	
1D model voor putverstopping	Kiwa WR
Beekman, W. (2003). Verstopping van pompputten: beschrijving van een aantal processen. BTO 2003.037 Kiwa WR.	
1D modellering van verstopping.	
Digitaal	
Innovatieve oplossingsrichtingen	Innovation Quotient BV
Gras, Bart (Innovation Quotient BV) (2003). TRIZ: Innovatieve oplossingen voor verstoppende pompputten. Functioneel model en nieuwe concepten. BTO 2003.035	
Verschillende oplossingsrichtingen zoals boren zonder spoeling en verwijderen spoeling.	
Digitaal	
Vergelijkingstabel putmanagement	Kiwa WR
Schrama, Elbert, John Bunnik (Artesia) (2003). Vergelijkingstabel Putmanagement: Wintechnieken, Boortechneken, Ontwikkelmethoden, Regeneratiemethoden. BTO 2003.012	
Overzicht van bestaande en nieuwe technieken op het gebied van boren, ontwikkelen en regenereren van putten.	
Digitaal	
Studiereis / Laboratoriumproeven	Kiwa WR
Balemans, M.L.M. (2001). Verslag van de studiereis Putmanagement. Ervaring met schaalmodellen en laboratoriumopstellingen in Duitsland. BTO 2001.168(c)	
In Duitsland ervaring met laboratoriumproeven, begin op kleine schaal. Duitse putconstructies zijn anders dan de Nederlandse.	
Digitaal	

Quick scan	Kiwa WR
Schrama, E.J., M.L.M. Balemans, C.G.E.M. van Beek (2001). Quick scan putverstopping en regeneratie bij vijf waterleidingbedrijven. BTO 2001.169(c)	
Karakteriseren van putverstopping bij 5 waterleidingbedrijven, m.b.v. enquête.	
Digitaal	
Kennisdocument Putten	Kiwa WR
Makkink, H.J., M.L.M. Balemans, E.J. Schrama (2000). Kennisdocument Putten(velden). Ontwerp, Aanleg en Exploitatie van pompputten. BTO 2000-110(c).	
Kennisdocument met beschikbare kennis (in 2000) over putten.	
Digitaal	
Putverstopping	Kiwa WR
Geen titel. Jaren 70. Enquête Putverstopping. Van groot aantal winningen in Nederland is bepaald of ze verstopten, zo ja waardoor en hoe vaak geregenereerd werd.	
Niet digitaal	

2.4.2 Artikelen Werkpakket 1

TRIZ	Kiwa WR
Trietsch, E., B. Gras, J.W. Kooiman (2004). TRIZ: inventief oplossen van (water)problemen. H2O (2004) nr. 14/15	
Zes nieuwe onderzoeksvragen op het gebied van putverstopping.	
Digitaal	
Oorzaak en preventie	Kiwa WR
Beek, C van (2002). Mechanische putverstopping: oorzaak, preventie en kostenbesparing. H2O (2002) nr. 18	
Putverstopping ontstaat door accumulatie van deeltjes op de boorgatwand. Preventie: aanpassen van uitvoeren boring, aanpassen bedrijfsvoering.	
Digitaal	
Studiereis / Laboratoriumproeven artikel	Kiwa WR
Balemans, Marc (2001). Laboratoriumproeven geven veel informatie over verstopping pompputten. H2O (2001) nr. 25/26	
Verslag van studiereis naar Duitsland, om deelnemers kennis te laten nemen van ervaringen met schaalmodellen en kennis over putverstopping in Duitsland.	
Digitaal	

3 Werkpakket 2; Deeltjes

3.1 Doel

Het onderzoek naar deeltjes had de volgende doelen:

1. Ontwikkelen van een betrouwbare meetmethode voor veldonderzoek.
2. Vinden van een relatie tussen deeltjes en geologie (lithologie).
3. Vinden van een relatie tussen deeltjes en vóórkomen van putverstopping.
4. Onderzoeken van de relatie tussen onttrekkingsnelheid en deeltjesconcentratie.



figuur 2 Deeltjestelling in Someren

3.2 Resultaat

Er is veel vooruitgang geboekt op het gebied van het tellen van de deeltjes in het grondwater, vooral verbeterde apparatuur. Uit deeltjestellingen blijken overall deeltjes in het grondwater voor te komen, maar de hoeveelheden deeltjes zijn per locatie wel verschillend. Putten waar veel deeltjes in het grondwater gemeten worden, verstopping vaak sneller. Met de deeltjestellingen zijn verschillende bronnen van deeltjes ontdekt: een heterogene bodem, grote debieten en de aanwezigheid van klei- en veenlagen kunnen oorzaak zijn van extra deeltjes.

Geconcludeerd is dat deeltjes die bovenin de put worden gemeten in grote lijnen dezelfde samenstelling hebben als het verstoppende materiaal in de ondergrond.

Tijdens het aanschakelen van een put kunnen extra deeltjes vrijkomen. Deze extra deeltjes hebben zich in voorgaande onttrekkingsperiode in de nabijheid van de boorgatwand afgezet en worden door de cyclus uitschakelen-rustperiode-aanschakelen 'losgemaakt' en vervolgens onttrokken met het grondwater. Over de benodigde lengte van de rustperiode is nog zekerheid.

3.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Marc Balemans	Kiwa WR
Deelnemers	
Kees van Beek	Kiwa WR
Maria Juhász-Holterman	WML
Hans van Meerten	Geodelft
Bas Pittens	IF Technologie
Harrie Timmer	Hydron Zuid Holland
Bert-Rik de Zwart	UU/TU Delft/ Kiwa WR

3.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP2

3.4.1 Rapporten Werkpakket 2

Kritisch debiet en deeltjesconcentratie Someren	Kiwa WR / Brabant Water
Balemans, Marc, Bert-Rik de Zwart (2006). Verstoppingsvrije putten Someren. BTO 2006.041(s).	
Kritisch debiet bepaald van 2 putten door deeltjestelling bij verschillende debieten. Optoeren en aftoeren heeft een verschillend effect. Uit sectiegewijze deeltjestelling blijkt: fijne lagen meer deeltjes en sneller verstopt. Bij kleihoudende lagen worden meer deeltjes gemeten.	
Digitaal	
Deeltjestelling Rodenhuis (Hydron ZH)	Kiwa WR / Hydron ZH (Oasen)
Prins, Jeroen (2005). Achtergrondconcentratie van deeltjes in grondwater. Resultaten van metingen in waarnemingsfilters op puttenveld Rodenhuis (Hydron Zuid Holland). BTO 2005.048(s)	
Deeltjestelling in pompput en op drie afstanden van de pompput in waarnemingsputten. Concentratie in pp inderdaad lager dan in wp. Naarmate de deeltjes groter zijn wordt een groter percentage afgevangen. Niet mogelijk relatie stroomsnelheid - concentratie te leggen. Niet mogelijk een massabalans op te stellen. Eén van de aanvullende conclusies was dat bij schakelen na korte draaiperiode relatief meer deeltjes worden verwijderd.	
Digitaal	
Deeltjestellingen Noordbergum (Vitens)	Kiwa WR / Vitens
Prins, Jeroen (2005) Verstopping van puttenveld Riksebos, Karakterisatie van deeltjesvoorkomen en aanzet tot beheersing van putverstopping met behulp van deeltjestellingen. KWR 05.003 (rapport was in conceptfase bekend onder de titel: Onderzoek naar deeltjes en putverstopping bij put 50 van puttenveld Ritskebos)	
Grote verschillen tussen putten op 1 puttenveld. Veel deeltjes = snel verstopt. Niet lineaire relatie deeltjesconcentratie - volumestroom. Lager debiet = lagere verstoppingsnelheid.	

Digitaal	
Vergelijking deeltjes Rodenhuis en Noordbergum	Kiwa WR
Tapias, Laura (2005) Characterization of Particles in Abstracted Groundwater. BTO 2005.050(s)	
Deeltjestelling Rodenhuis en Noordbergum. Deeltjes zijn afgevangen aan de putkop en vergeleken met deeltjes die bij steekmonsters zijn gevonden. Er wordt sterke overeenkomst gevonden. Dus de deeltjes die aan de putkop gevonden worden zijn dezelfde die de formatie verstoppen in het filtertraject.	
Digitaal	
Putverstopping en deeltjes	Kiwa WR
Zwart, Bert-Rik de, Kees van Beek, Jan Willem Kooiman (2005). Putverstopping en deeltjes in grondwater: diagnose en eerste aanzet voor therapie. BTO 2004.044	
Hoe groter de deeltjesconcentratie hoe gevoeliger voor verstopping. Mate van aanwezigheid van grove deeltjes is indicatie voor de gevoeligheid voor verstopping. Deeltjesverdeling te beschrijven met pareto vergelijking. Afwijkingen duiden op bijzonderheden: ondervertegenwoordiging van grove deeltjes duidt op achterblijven deeltjes op de boorgatwand en dus verstopping. Oververtegenwoordiging grove deeltjes duidt op gasbellen. Bij aanzetten onderwaterpomp worden afgezette deeltjes verwijderd. Groter debiet geeft onevenredig groter aantal deeltjes. Sichardtsnelheid als ontwerpcriterium is achterhaald.	
Digitaal	
Procedure deeltjestelling	Kiwa WR
Beek, Kees van (2004). Meetprocedure Deeltjestelling. Kiwa WR (geen rapport, maar een memo)	
Beschrijving van de meetprocedure voor deeltjestelling.	
Digitaal	
Deeltjes in onttrokken grondwater	Kiwa WR
Prins, Jeroen (2003). Suspended material in abstracted groundwater in the Netherlands. First results. KWR 03.029	
Deeltjes komen van nature voor in de bodemmatrix en bestaan vooral uit minerale delen (kwarts, lime, ijzeroxide). Vastleggen en vrijkomen van deeltjes wordt beïnvloed door hydrodynamische en chemische condities. De deeltjesteller voldoet. Het aantal deeltjes varieerde in dit onderzoek van 1 tot 350/ml, circa 10% is >5 µm. Ook oude bronnen bevatten nog grote aantallen deeltjes, de voorraad raakt dus niet op. Toename van onttrekken -> toename deeltjes. Geen duidelijke relatie tussen deeltjes en lithologie of deeltjes en chemische samenstelling.	
Digitaal	

Oorzaak, regeneratie en preventie (Veenendaal)	Kiwa WR/Hydron MN (Vitens)
Beek, C.G.E.M. van, J.C. Bunnik (2001). Puttenveld Veenendaal. Verstopping van winputten: oorzaak, regeneratie en preventie. KOA 01.060	
Vergelijking verstoppend puttenveld (Veenendaal) met niet verstoppend puttenveld (Woudrichem). Beide bevatten deeltjes, concentratie in Veenendaal groter (15 - 250) dan Woudrichem (3 - 30), korrelgrootteverdeling gelijk.	
Digitaal (staat bij WP3)	
Deeltjestellingen	Kiwa WR
Beek, C.G.E.M. van (2000). Deeltjes in onttrokken grondwater. Niet verstoppende puttenvelden. BTO 2000-182(C)	
Niet verstoppende puttenvelden bevatten weinig deeltjes; minder dan 5 deeltjes >2µm per ml. Na schakelen enige tijd verhoogd aantal deeltjes. Waarschijnlijk is het mogelijk het debiet te verhogen.	
Digitaal	
Relatie intreesnelheid verstopping (Somerén)	WOB (Brabant Water)
Verstraeten, J. (1999). Putverstopping pompstation Someren. WOB	
Relatie gevonden tussen klei/hout in boorbeschrijving en putverstopping. Maximale intreesnelheid bepaald.	
Digitaal	
Verstopping diepe putten	Kiwa WR / WOB (Brabant Water)
Beek, C.G.E.M. van, E.J. Schrama (1998). Verstopping van diepe putten; oorzaken en mechanismen. Kiwa Nieuwegein, SWI 98.176	
Verstopping op Helmond, Lieshout en Someren wordt veroorzaakt door deeltjes op de boorgatwand. Oorzaak wordt onder andere gezocht in resten boorspoeling. Niet duidelijk waarom de diepe winning Veghel niet verstopt. Aanvullend onderzoek is nodig.	
Digitaal	
Deeltjestellingen Panheel	Kiwa WR / WML
Beek, C.G.E.M. van (1997). Deeltjestellingen in onttrokken grondwater. In relatie tot optreden van putverstopping Panheel. KOA 97.163	
Uit deeltjestelling blijkt dat in verstoppende putten veel meer deeltjes worden onttrokken dan in niet verstoppende putten. Deeltjestellingen worden gestoord door artefacten, zoals corrosiedeeltjes en bacteriën.	
Niet digitaal	

3.4.2 Artikelen Werkpakket 2

Deeltjestelling (Duits)	Kiwa WR / TUD
Zwart, Bert-Rik de, Kees van Beek, Georg Houben, Christof Treskatis (2006). Mechanische Partikelfiltration als Ursache der Brunnenalterung (Teil 1). BBR (2006) nr. 7-8	
Deeltjes kunnen accumuleren op de boorgatwand. Op achtergebleven resten boorspoeling. Daarnaast kunnen bruggen gevormd worden.	
Digitaal	
Deeltjestelling (Duits)	Kiwa WR / TUD
Beek, Kees van, Bert-Rik de Zwart, Ate Oosterhof, Georg Houben, Christof Treskatis (2006). Mechanische Partikelfiltration als Ursache der Brunnenalterung (Teil 2). BBR (2006) nr. 9	
Mechanische verstopping ontstaat door accumulatie van deeltjes op de boorgatwand. Met deeltjestelling kan voorspeld worden of een put veel risico loopt.	
Digitaal	
Aanwezigheid deeltjes	Kiwa WR / TUD
Beek, Kees van, Harrie Timmer en Bert-Rik de Zwart (2005): Aanwezigheid van deeltjes in onttrokken grondwater, Stromingen (2005) nr. 3	
Onttrokken (anaeroob) water bevat deeltjes, die gemeten kunnen worden met een deeltjesteller. Deeltjes spelen een belangrijke rol bij mechanische verstopping.	
Digitaal	
Betrouwbare deeltjestelling	Kiwa WR / TUD
Prins, Jeroen, Bert-Rik de Zwart, Kees van Beek (2004). Betrouwbare deeltjestellingen: een stap voorwaarts in putverstoppingsonderzoek. H2O (2004) nr. 1	
Geen relatie tussen deeltjes en formatienaam. Niet verstoppende putten hebben weinig deeltjes. Niet lineair verband deeltjes - debiet.	
Digitaal	
Deeltjes op boorgatwand in diepe putten	Kiwa WR/WOB (Brabant Water)
Beek, C.G.E.M. van, Schrama, E., Eck, M, Verstraelen, J. (1999) Verstopping van diepe putten door deeltjes. H2O (1999) nr. 16	
Deeltjes op zowel verstoppende als niet verstoppende puttenvelden. Verstopping op de boorgatwand met deeltjes.	
Digitaal	
Deeltjestelling	Kiwa WR/WML
Beek, C.G.E.M. van, C.J.G. Janssen, M.H.A Juhász-Holterman, J.H. Peters (1998). Verstopping van productieputten door deeltjes, H2O (1998) nr. 17	
Deeltjestelling als hulpmiddel bij onderzoek naar putverstopping.	
Digitaal	

4 Werkpakket 3; Regeneratie & Werkpakket 7; Nieuwe Regeneratietechnieken

4.1 Doel

Het doel van werkpakket 3 was het verhogen van de effectiviteit van regeneraties, hierbij is gekeken naar bestaande en nieuwe regeneratie methoden. Het doel van werkpakket 7 was het testen van nieuwe regeneratietechnieken, in het bijzonder regeneratie met CO₂.

De onderzoeken die voor deze twee werkpakketten zijn uitgevoerd zijn in één hoofdstuk samengevat.



figuur 3 Regeneratie met hogedrukreiniging Macharen (Brabant Water)

4.2 Resultaat

Er is een aantal nieuwe regeneratietechnieken uitgebreid getest, zoals rotocavitatie en de Jetmaster. Van andere technieken, zoals ultrasoon en CO₂, zijn resultaten uit de literatuur op een rij gezet. De belangrijkste conclusie is dat geen van deze technieken tot op heden zeer bevredigende resultaten heeft opgeleverd, in de zin van een goede techniek om mechanisch verstopte putten te regenereren. Het vermoeden bestaat dat de minder goede resultaten in een aantal gevallen het gevolg zijn van een niet optimale praktische toepassing. Een aantal technieken is ontwikkeld voor de Duitse markt, waar grotere krachten kunnen worden uitgeoefend, omdat putten daar gemaakt worden van RVS in plaats van PVC.

Bij verschillende bedrijven zijn overzichten gemaakt van de toegepaste regeneraties en het effect daarvan. Jutteren in combinatie met waterstofperoxide of chloorbleekloog blijkt in de praktijk meestal het beste te werken. Onduidelijk is nog welke mechanismen hieraan precies ten grondslag liggen, en hoe optimalisatie kan worden verkregen.

4.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Jan Hoogendoorn / Ate Oosterhof	Vitens
Deelnemers	
Ton Ebbing	Vitens
Frans Glorie	BAM / de Ruiter
Chris Janssen	WML
Bas Pittens	IF Technology
Anne Nieuwaal	Haitjema
Carl van Rosmalen	Brabant Water
Herman Sluiter	Vitens
Harrie Timmer	Hydron ZH (Oasen)
Ton Timmermans	Westerloo
Joost van de Ven	Hoekloos
Roos Wolfsberger	Hoekloos
Marc Balemans	Kiwa WR
Bert-Rik de Zwart	Kiwa WR / TUD

4.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP3

4.4.1 Rapporten en memo's Werkpakketten 3 en 7

Regeneratie met JET-master®	Kiwa WR, Artesia
Gijsbert Cirkel, John Bunnik (2008). Putregeneratie met de JET-master®. Evaluatie van het testprogramma 2004-2007. CONCEPT. Kiwa WR, Artesia	
De werking van de techniek is sterk afhankelijk van de constructie (dikte omstorting, type filter) en ouderdom van de putten. Het merendeel van de onderzochte putten blijkt minder geschikt voor toepassing van de JET-master® door: aanwezigheid van smalle bruggetjes, matige kwaliteit PVC en de dikte van de omstorting.	
Niet digitaal	
Richtnota putmanagement VMW	VMW
Anoniem (2007) Richtnota Putmanagement	
Stand van zaken putverstopping en regeneratie bij VMW. Voorstel voor monitoren en regenereren.	
Informatie bij VMW	

Regeneratie met Aixtractor 2.0	Qflow
Anoniem (2007) Zuiver in water. Bronregeneratie met AIXTRACTOR. Milieuvriendelijk en effectief regenereren. Qflow	
Op ps Wierden (Vitens) eerste regeneratie met Aixtractor. Put heeft behalve op filterspleten ook neerslag in de omstorting. Deze wordt met Aixtractor wel verwijderd in tegenstelling tot met HD-reiniging. Niet terug tot 100%, waarschijnlijk doordat ook mechanische verstopping optreedt. Theoretisch is standtijd met Aixtractor langer, maar dit moet in aankomende jaren blijken.	
Digitaal	
Regeneratie Jetmaster Brabant Water	Brabant Water
Verbruggen, Bettie (2007). Regenereren met Jetmaster. 070322/verbb1/verbb1/55172	
Jetmaster getest op 7 pompputten, bij 3 winningen. Resultaat van -5% tot +4%, overall kwam zand/slib mee. Slecht resultaat waarschijnlijk mede doordat putten niet geschikt zijn voor hele hoge druk.	
Digitaal	
Regeneratie Herent	Kiwa WR / VMW
Beek, Kees van (2006). Regeneratie pompput 3004-002 te Herent. Advies en resultaat. KWR 06.022	
Regeneratie met CBL zorgt voor verbetering van specifiek debiet van 10 naar 33%. Uit chemische analyse blijkt dat CBL grotendeels is gebruikt voor oxidatie van organisch materiaal, dus wel de goede chemicaliën. Matig resultaat waarschijnlijk doordat de put al te ver verstopt was.	
Digitaal	
Flowmetingen Fikkersdries	Vitens
Ebbing, Ton (2005). Pompstation Fikkersdries. Evaluatie flowmetingen en putontwikkeling. Vitens	
Beschrijving van werkzaamheden. Twee putten verbeteren over hele filter, 1 verbeterd alleen de grove delen. Regeneraties met H2O2. Vermindering van specifiek debiet door toename totale winning (en dus niet door verstopping).	
Digitaal	
Evaluatie regeneraties Noordbergum	Vitens
Oosterhof, A.T. (2005). Evaluatie regeneraties en onderzoek putverstopping puttenveld Ritskebos te Noardburgum. Vitens Watertechnologie.	
Chemische regeneratie in combinatie met jutteren werkt het best. Met H2O2 en CBL worden goede en minder goede resultaten bereikt. Langdurig jutteren (circa 50 uur) lijkt positief, maar nog geen gegevens over duurzaamheid.	
Digitaal	
CMC	IF Technologie
Beek, Kees van (Kiwa WR), Bas Pittens (IF Technology), Harrie Timmer (Hydron) (2004). Boorspoeling, een samenvatting van de informatie van Akzo Nobel over CMC. Notitie, referentie 6228/50854/GW.	

Verslag van gesprek met Akzo Nobel over CMC. Gebruik van een gecontroleerde dunne, goed afpleisterende polymeer tijdens het boren leidt er toe dat fijn materiaal niet de boorgatwand indringt en dus niet verwijderd hoeft te worden. Na het boren kan de polymeer “makkelijk” verwijderd worden.	
Digitaal	
Rotocavitatie	Artesia / Kiwa WR
Bunnik, John (Artesia) (2004). Putregeneratie met Roto-cavitatie. Evaluatie van het testprogramma 2002-2004. BTO 2004.040	
Putregeneratie met rotocavitatie, getest in putten van Hydron ZH (Ridderkerk), Vitens (Vorden, Doetinchem), WML (Susteren) en Brabant Water (Macharen, Someren). Weinig tot geen verbetering specifiek debiet.	
Digitaal	
Regeneratie ultrasoon	Kiwa WR
Bunnik, John (2004). Putregeneratie met Ultrasoon. Stand van zaken 2004 en achtergrondinformatie. BTO 2004.009	
Het effect van regeneratie met ultrasoon valt tegen. Uit laboratoriumexperimenten en uit de medische wereld blijkt dat het wel goede resultaten kan opleveren. Verwacht wordt dat met aanvullend onderzoek naar de werking en optimalisatie van de techniek goede resultaten kunnen worden behaald.	
Digitaal	
Metingen Fikkersdries (Vitens)	Vitens
Ebbing, Ton (2004). Historisch overzicht Waterwinning PS Fikkersdries. Vitens	
Beschrijving van putmetingen, flowmetingen en divermetingen.	
Digitaal	
Verstopningsniveau voor regeneratie	IF Technologie
Pittens, Bas (2004). Notitie. Bij welk verstopningsniveau dient te worden gespuid/geregenereerd? IF Technology 8158/50854/GW	
De verstopping van een infiltratieput (uitgedrukt als verhoging van stijghoogte bij infiltratie) mag maximaal 1 meter zijn. Bij een verstopping van 1 meter is fysische en/of chemische regeneratie nodig.	
Digitaal	
Studiereis Duitsland	Kiwa WR
Balemans, M., Kees van Beek, John Bunnik, Jan Willem Kooiman, Elbert Schrama, Pieter Stuyfzand, Bert-Rik de Zwart (2003). Verslag Studiereis Putmanagement Duitsland, november 2002. Putverstopping, regeneratie, horizontale boringen en samenwerking in onderzoek. BTO 2003.007	
In Duitsland meer filterspleetverstopping en hierop is ook regeneratie gericht, verder meer onderzoek naar ijzerverstopping. Techniek van horizontaal gestuurd boren verdient nader onderzoek.	
Digitaal	

Aixtractor	Kiwa WR
Beek, Kees van, John Bunnik, Marc Balemans (2003). Notitie Aixtractor. Reductiemiddel Aixtractor wordt in Duitsland gebruikt voor chemische verwijdering van filterspleetverstopping. Voorstel voor de aanpak van een haalbaarheidsonderzoek.	
Digitaal	
Boorgatmetingen Bohrlochmessung – Storkow	Oasen / de Ruiter
1. Beek, Kees van, Harrie Timmer (2003). Memo Geofysische boorgatmetingen 2. Glorie, Frans (2003). Bezoek van Karsten Bauman te Zwolle. BAM	
Beschrijving van diverse geofysische metingen.	
Digitaal	
Regeneratie Duitsland	DGFZ
Börner, F. (2003). Untersuchungen zur Bewertung von Gerätetechnik auf die Wirksamkeit in der Kiesschüttung. Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. W 55/99 – Brunnenregenerierung.	
Onderzoek naar het effect van regeneratietechnieken in de omstorting van een put.	
Niet digitaal	
Regeneratie Kerk Avezaath	WG (Vitens)
Ebbing, A. (2003). Waterwingebied Kerk Avezaath. Regeneratie van het puttenveld. Waterbedrijf Gelderland.	
Regeneratie met CBL (advies Kiwa WR) gaf slechte resultaten en problemen met lozen. Nieuw regeneratieplan: filterdelen in 2 ^e en 3 ^e watervoerende pakket apart regenereren met H ₂ O ₂ .	
Digitaal	
Regeneratie Bergen (WML)	WML
Janssen, Chris (2003). Memo 03-04-2003. Kenmerk zgcj. Boekingsnummer 400/60204/6027	
Beschrijving regeneraties Bergen, jutteren, interrumperend pompen, roterende hogedrukreiniging.	
Digitaal	
Regeneratie radiaalput Roosteren (WML)	WML
Juhász-Holterman, M.H.A., et al. (2003). Roosteren, regeneratie en optimalisatie radiaalput. WML kenmerk B 5400	
Verslag van regeneratie, renovatie en verbouwing radiaalput Roosteren. Bedrijfsvoerings- en onderhoudsprocedures.	
Niet digitaal	
Verstopping Lucas Ziekenhuis	IF Technologie
Pittens, Bas (2003). Notitie regeneratie bronnen Lukas Ziekenhuis. IF Technology 4583/9948/MH	
Verstopping met ijzerhydroxides verwijderd met zoutzuur en spoelen, putten	

sterk verbeterd.	
Informatie bij IF Technology	
Evaluatie van regeneraties	Hydron (Oasen)
Timmer, Harrie en Goswin van Staveren (2003). Evaluatie puttenbeheer met regeneraties van 2000 tot en met 2003. Memorandum Hydron	
Verschillende regeneratiemethoden zijn vergeleken. Omdat de methode afhankelijk is van de mate van verstopping, zijn de effecten moeilijk te vergelijken. Regeneratie met jutteren met H ₂ O ₂ +HCL heeft een vergelijkbaar effect als regeneratie met CBL en hogedrukreiniging. Op puttenveldniveau duidelijke verschillen in effectiviteit. Gesloten Put Methode (GPM) experimenteel toegepast, weinig duurzaam.	
Digitaal	
Verstopping door lekke jutterkraan	IF Technologie
Anoniem (2002). Verstopping warme bron stadhuis Amsterdam. IF Technologie. Referentie: 1925/9911/JW	
Verstopping door lekke jutterkraan, hierdoor werd buitenlucht aangezogen en ontstond ijzeroxide. Met jutteren is specifiek debiet hersteld.	
Informatie bij IF Technology	
Verstopping WIVA, verschillende regeneraties	IF Technologie
Anoniem (2002). Verstopping van de bronnen bij WIVA Verpakkingen te Oosterhout. IF Technology bv, 2/50150/GB	
Verstopping op boorgatwand, mechanisch regenereren geen effect. Regeneratie met CBL aanzienlijk effectiever.	
Informatie bij IF Technology	
Regeneratie CO ₂ Corus	Hoekloos / Corus
Anoniem (2002). Eindrapportage Project 351350/2410 "Waterwinputten wordt weer leven in geblazen".	
Twee putten bij Corus geregenereerd en 1 ontwikkeld met CO ₂ . Verbetering 21 tot 108% t.o.v. voor regeneratie (17 - 22% t.o.v. nulsituatie). Putten waren zeer ver verstopt circa 20% van nulsituatie. Put 117 heeft verbetering van ca 20% door regeneratie nabij gelegen put 118 (30 m afstand). Ontwikkelen leverde verbetering van 22%.	
Digitaal	
Regeneratie CO ₂ WG	WG (Vitens) / Kiwa WR
Beek, Kees van (2001). Putregeneratie met koolzuur op put 11 van pompstation Sijmons. BTO 2001.172(c)	
Verbetering van specifiek debiet van 50 naar 60%. Slecht resultaat niet door methode (CO ₂) maar doordat niet het goede gedeelte van het filter is aangepakt. CO ₂ werkt op het bovenste deel van het filter.	
Digitaal	

Oorzaak, regeneratie en preventie (Veenendaal)	Kiwa WR/Hydron MN (Vitens)
Beek, C.G.E.M. van, J.C. Bunnik (2001). Puttenveld Veenendaal. Verstopping van winputten: oorzaak, regeneratie en preventie. KOA 01.060	
Putten verstopt tot 18-45%, na regeneratie terug tot 65-70%. Regeneratie met CBL geeft betere resultaten dan met H ₂ O ₂ . Putfilters bestaan uit ondiep en diep deel. Vooral de ondiepe delen zijn verbeterd met eerste regeneratie. Daarna zijn ondiepe delen afgeblind om het diepe deel te kunnen regenereren, zonder afblinden stroomt regeneratiemiddel via het ontwikkelde deel weg en heeft geen effect. Putverstopping werd (mede) veroorzaakt door resten boorspoeling.	
Digitaal	
Regeneratie en oorzaak putverstopping (Noordbergum)	Kiwa WR/Nuon Water Friesland (Vitens)
Beek, C.G.E.M. van, J.C. Bunnik (2001). Puttenveld Noordbergum. Regeneratie van verstopte putten en vaststellen van de oorzaak van verstopping. BTO 2001.128(C)	
Zwaarst belaste putten zijn meest verstopt. Zeer ernstige verstopping, tot 13%. Alle putten terug naar minimaal 70% door regeneratie met chloorbleekloog. Verstopping geconcentreerd in delen van het filter, waardoor opnieuw regenereren geen zin heeft.	
Digitaal	
Regeneratie radiaalput WML (Roosteren)	WML
Juhász-Holterman, M.H.A., T.J.W. Schiptholt, G.M.G. Meuleners, S.H.T. Nijsten (2001). Roosteren, Inspectie Radiaalput (PP3a). WML Kenmerk B 5125	
Mechanische regeneratie door leegpompen schacht, 1 afsluiter open; uit 1 filterstreng stroomt dan 900 m ³ /h met grote snelheid in de schacht.	
Digitaal	
Regeneratie Duitsland	Afstudeeronderzoek
Tutar-El Beqqali, Z. (2001). Entwicklung eines Versuchsstandes zur Untersuchung mechanischer und chemischer Brunnenregeneriervverfahren. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen.	
Voorstel voor een onderzoekopstelling (schaalmodel) voor het testen van verschillende regeneratietechnieken.	
Niet digitaal	
Regeneraties Genderen Drongelen	WNWB (Brabant Water)
Velden, Marleen van der (2001). Putverstopping Genderen Drongelen. WNWB	
Verstopping door deeltjes. Duidelijke verschillen in specifiek debiet. tussen de putten. Regeneratie met CBL en in 2 putten H ₂ O ₂ ging goed, wel kwam bij een aantal putten ook fijn zand mee.	
Digitaal	

Verschillende regeneratie methode (jutteren, spuitklossen, ultrasoon) Rodenhuis	WZHO (Oasen)
Timmer, H., J.D. Verdel (2000). Onderzoeksproject putverstopping winning Rodenhuis WZHO 1998 – 2000, Eindrapport. WZHO	
Spuitklossen (regeneratie met hogedrukspuit) + CBL en H₂O₂ (later aangezuurd met zoutzuur) vergelijkbare resultaat als traditioneel (CBL + jutteren), maar minder snel opnieuw verstopt. Spuitklossen werkt dus ook voor boorgatwand verstopping. Resultaten Ultrasoon (uitgevoerd door aquador) waren teleurstellend en kosten hoog.	
Digitaal bij WP5	
Regeneratie Kerk Avezaath	Kiwa WR
Beek, Kees van, Marc Balemans (2000). Regeneratie pompputten Kerk Avezaath. Verstoppingsoorzaak, regeneratie en putcapaciteit. KOA 00.030	
Putten verstoppem door deeltjes, bij > 100 m ³ /h neemt aantal deeltjes sterk toe. Aanbeveling regenereren met CBL en max. capaciteit 125 m ³ /h.	
Digitaal	
Oorzaak en mogelijke oplossingen Macharen	Kiwa WR / Brabant Water
Beek, C.G.E.M. van, E. Schrama, J. Verstraelen (1998). Putverstopping PS Macharen. Mogelijke oorzaken en oplossingen. KOA 98.143	
Verschillende soorten verstopping: filterspleet (door ijzerhydroxide en door mangaancarbonaat) en boorgatwandverstopping. Effect van regeneraties wisselend.	
Digitaal	
Regeneratie WML (Heel)	WML
Juhász-Holterman, M.H.A., C.G.E.M. van Beek, C.J.G. Janssen (1997). Heel. Putverstopping/ontwerp putten. Fase 1.WML kenmerk 6533PVOMJ.95MS	
Zowel chemische als mechanische verstopping. Regeneratie met jutteren en hogedrukreiniging werkt goed. Verticale putten goedkoper dan horizontale.	
Niet digitaal	
Stand van zaken 1996	Kiwa WR
Hettinga, F.A.M., C.G.E.M. van Beek. Putverstopping en putregeneratie; recente ervaringen en ontwikkelingen. Kiwa, Nieuwegein, SWI 96.211	
Beschrijving van de stand van zaken op het gebied van regeneratie en putverstopping.	
Digitaal	
Sectiegewijs schoonpompen	WOB (Brabant Water)
Ouwenland, A. van den (1988). Heeft sectiegewijs schoonpompen nut? Waterleidingmaatschappij Oost Brabant	
Sectiegewijs schoonpompen geeft verbetering van het specifiek debiet.	
Digitaal	

4.4.2 Artikelen Werkpakketten 3 en 7

Regeneratie VMW	Kiwa WR / VMW
Sluys, Jan van der, Nico Vanhove, Kees van Beek, Jan Willem Kooiman (2005). Flinke kostenbesparing door geslaagde regeneratie van afgeschreven putten. H2O (2005) nr. 20	
In plaats van oude regeneratietechniek is juttieren toegepast met zeer goede resultaten, waardoor putten niet vervangen hoeven worden.	
Digitaal	
Regeneratie meerdere vormen putverstopping	Brabant Water & Kiwa WR
Verstraeten, J.J.P., C.G.E.M. van Beek, J.A.M. van Hoof en E.J. Schrama (1999): Macharen, regeneratie van meerdere vormen van putverstopping op één puttenveld, H ₂ O (1999) nr. 13	
Drie typen putverstopping; boorgatwand en filterspleet door ijzerhydroxide en door mangaancarbonaat.	
Digitaal	
Regeneratie en vormen van putverstopping	Kiwa WR
Beek, C.G.E.M. van (1989). Rehabilitation of clogged discharge wells in the Netherlands. Quarterly Journal of Engineering Geology, London (1989) vo. 22	
De selectie van regeneratiemethode, het resultaat en de kosten zijn afhankelijk van het type verstopping	
Digitaal	
Regeneratie	Kiwa WR
Beek, C.G.E.M. van, M.C. Brandes (1977). Regeneratie van putten. H2O (1977) nr. 24	
Chemische verstopping mechanische en/of met zuur regenereren. Verstopping door microbiologische processen regenereren met CBL. Op tijd regenereren, zodra specifiek debiet gehalveerd is.	
Digitaal	

5 Werkpakket 4; Putontwerp

5.1 Doel

Het doel van werkpakket 4 was inzicht krijgen in de werkelijke relatie tussen putontwerp / putconstructie en het optreden van putverstopping. Daarnaast zijn mogelijkheden onderzocht om met andere boortechnieken en putconstructies de putverstopping te reduceren of de regeneratie en monitoring te vergemakkelijken.



figuur 4 Boren van een put in Zwijndrecht

5.2 Resultaat

Er zijn verschillende putten gemaakt met een alternatieve constructie; putten van RVS; putten zonder omstorting; putten met grotere filterdiameter en daarmee een dunnere omstorting. Het idee is dat hierdoor minder verstopping optreedt, of dat een regeneratie meer effect heeft, bijvoorbeeld doordat de boorgatwand beter bereikt wordt, of doordat grotere krachten kunnen worden uitgeoefend.

Omdat een put enkele jaren in bedrijf moet zijn voor putverstopping optreedt, is het nog niet duidelijk welke putconstructies een verbetering opleveren.

5.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Rosalie Franssen	Brabant Water
Deelnemers	
Kees van Beek	Kiwa WR
Frans Glorie	BAM / De Ruijter
Hans van Meerten	Geodelft
Anne Nieuwaal	Haitjema
Ate Oosterhof	Vitens
Bas Pittens	IF Technologie
Herman Sluiter	Vitens
Harrie Timmer	Hydron ZH
Ton Timmermans	Westerloo
Jos Wehrens	WML
Bert-Rik de Zwart	UU/TU Delft/ Kiwa WR

5.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP4

5.4.1 Rapporten en memo's Werkpakket 4

Put zonder omstorting (Veenendaal)	Kiwa WR /Hydron(Vitens)
Beek, C.G.E.M. van, R.J.M. Breedveld (2005). Effect van omstortingsloze put op aanwezigheid van deeltjes in het onttrokken grondwater. Vastlegging van de uitgangssituatie van put 22 op puttenveld Veenendaal. BTO 2005.025	
Concentratie deeltjes is <40 deeltjes/ml bij 7,5 m ³ /m filter en >80 deeltjes/ml bij 15 m ³ /m filter. Grotere onttrekking geeft meer grove deeltjes. Ondiepe filterdeel gedraagt zich beter. Na regeneratie lagere concentratie deeltjes (oorzaak onduidelijk) en grotere bijdrage grove fractie.	
Digitaal	
Invloed putvariabelen op putverstopping	Hydron (Vitens)
Dam, Harald ten, Harrie Timmer (2005). Evaluatie invloed boortechniek en bedrijfsvoering op putverstopping met gegevens tot November 2004. Pompputten Hydron-ZH. Hydron Advies & Diensten.	
Toename regeneratiefrequentie t.o.v. 2003. Bij lage belasting is specifiek debiet hoger, maar verstoppingssnelheid gelijk. Jutten bij ontwikkelen levert eerste 3 jaar minder verstopping. Put geregenereerd met CBL beter dan referentieputten. Referentieputten binnen 1,5 jaar geregenereerd, maar daarna beter. Nieuwe putten met boorgat 1000 mm verstoppem minder snel. Uitboren van putten blijkt geen nut te hebben. RVS filter in gepulst boorgat heeft een groter specifiek debiet dan referentie putten, RVS filter in gezuigboord gat lager. Allen hebben gelijke verstoppingssnelheid. Eerste regeneratie in gepulst gat succesvol. Putten met ondergrondse ontijzering verstoppem minder.	

Digitaal	
Literatuurstudie Boorspoelingen	IF Technologie (stagiair)
Aalten, Tim (2004). Boorspoelingen voor boringen van verticale en horizontale bronnen. Literatuuronderzoek naar het gebruik van boorspoeling. IF Technologie.	
Bij horizontale boring worden meer eisen gesteld aan de boorspoeling. Bentoniet voldoet aan de eisen, maar is lastig te verwijderen. Polymeren kunnen verwijderd/afgebroken worden, maar voldoen minder op bepaalde eigenschappen.	
Digitaal	
Cryogeen boren	Kiwa WR
Cirkel, Gijsbert (2004). Cryogeen boren van putten. Inventarisatie van technische aspecten en toepassingsmogelijkheden. BTO 2004.043	
Cryogeen boren is technisch haalbaar. Investeringskosten nodig voor aanpassing boorwagen en gereedschap. Meerkosten orde grootte 2k€ - 5,5k€ per put t.o.v. conventionele boring. Veldproeven nodig.	
Digitaal	
Verstopping door ijzerneerslag	IF Technologie
Drijver, B.C. (2004) Putverstopping door ijzerneerslag in Nederland. IF Technology i.o.v. NVOE/NOVEM, 2/53232/GW.	
Verklarende kaart met toelichting, om een snelle indicatie te krijgen of de aanwezigheid van een redoxgrens een belangrijk knelpunt kan vormen voor koude-/warmteopslagprojecten.	
Informatie bij IF Technology	
Horizontale put Boerhaar	Kiwa WR/Vitens
Bunnik, John (2003). Kostenvergelijking winningsmethoden PS Boerhaar. Kiwa Water Research, KWR 03.055	
Vier winningsvarianten vergeleken. Exploitatiekosten van verticale en horizontale putten liggen dicht bij elkaar.	
Digitaal	
Invloed putvariabelen op putverstopping	Hydron (Vitens)
Genuchten, Caspar van, Harrie Timmer, Christ van Schaijk (2003). Evaluatie invloed putvariabelen op putverstopping met gegevens tot juni 2003. Hydron ZH.	
Gezuigboorde putten verstoppem sneller dan gepulste. Ontwikkelen put met aanvullend jutteren (na sectiegewijs schoonpompen) geeft goede resultaten. Ontwikkelen met aanvullend chloorbleekloog geeft goede resultaten. (Beide extra ontwikkelingen zijn beperkt getest, dus misschien niet representatief). Put 1000 mm verstopt (het eerste jaar) minder dan een put van 600 mm. Wikkeldraad filter zonder omstorting geeft (in eerste 1-1,5 jaar) groter specifiek debiet, maar zelfde verstoppingssnelheid. Ondergronds beluchte putten verstoppem minder snel.	

Digitaal	
Redoxproblematiek	IF Technologie
Pittens, Bas (2003). Notitie redoxproblematiek. IF Technologie	
Verstopping door ijzerneerslag. Door gestuwde zand- en kleilagen sterke variatie van redox-milieu op korte afstand.	
Digitaal	
Bepaling redoxgrens	IF Technologie
Anoniem (2002). Notitie redox-grensvlak Hoofdkantoor Grontmij. IF Technologie.	
Modelstudie naar verandering redoxgrensvlak onder invloed van KWO.	
Informatie bij IF Technology	
Put met minimale omstorting	Brabant Water
Franssen, Rosalie, Carl van Rosmalen (2002). Minimale omstorting productieputten Nuland. BTS-werkpakket 4: Putconstructie. Brabant Water. 020723/franr1/franr1/13025	
Standaardput: boordiameter 700 mm en filterdiameter 250 mm, alternatieve putten: boordiameter 700 mm en filterdiameter 450 mm. Alle putten ontwikkeld met jutteren en rondpompen, 'onderzoekspullen' ook CBL. Monitoringsplan opgesteld voor alternatieve en referentie putten.	
Digitaal	
Biologisch afbreekbare boorspoeling	Brabant Water
Rosmalen, Carl van (2002). Minimale omstorting productieputten Nuland. BTS-werkpakket 4: Putconstructie. Bijlage iv. Brabant Water. 020723/franr1/franr1/13025.	
Twee boringen geen kleival, 1 lichte kleival. Grote bacteriologische besmetting, uit nagroeiproef bleek 700 keer meer bacteriën.	
Digitaal	
Putconstructie	Kiwa WR
Horstmeier, A.J.N. (1976). Constructie en exploitatie van de put. Mededeling nr 48 van het KIWA.	
Eisen aan filter en stijgbuis. Materialen voor aanvulling. Plaats peilbuizen voor meten intredeweerstand. Ontwikkelen van de put.	
Niet digitaal	
Omstorting	Kiwa WR
Kobus, E.J.M., T.N. Olsthoorn, H. Tuinzaad, A.N.G. de Vogel (1976). Omstortingen van waterwinputten en het maximaal toelaatbare debiet. Mededeling nr. 45.	
Labonderzoek naar de gewenste grofte van het omstortingsmateriaal. Maximaal toelaatbaar debiet, op basis van zandleveren. Er wordt geen reden gezien om debiet lager te houden vanwege verstopping.	
Digitaal	

RVS met brugsleufspleten	WZHO (Oasen)
RVS put uit 1968 met brugsleufspleten wordt genoemd in “Drs. H. Timmer en ir. J.D. Verdel (2000). Onderzoeksproject putverstopping winning Rodenhuis WZHO 1998 – 2000, Eindrapport. WZHO (pag88)” zie WP5.	
Niet duidelijk of er meer van zulke rvs putten zijn en hoe ze het doen t.o.v. pvc. Verloop van afpompingsputten ziet er hetzelfde uit als bij andere putten, in de loop van jaren steeds verder wegzakken en minder terugkomen na regeneratie.	
Digitaal bij WP5	

5.4.2 Artikelen Werkpakket 4

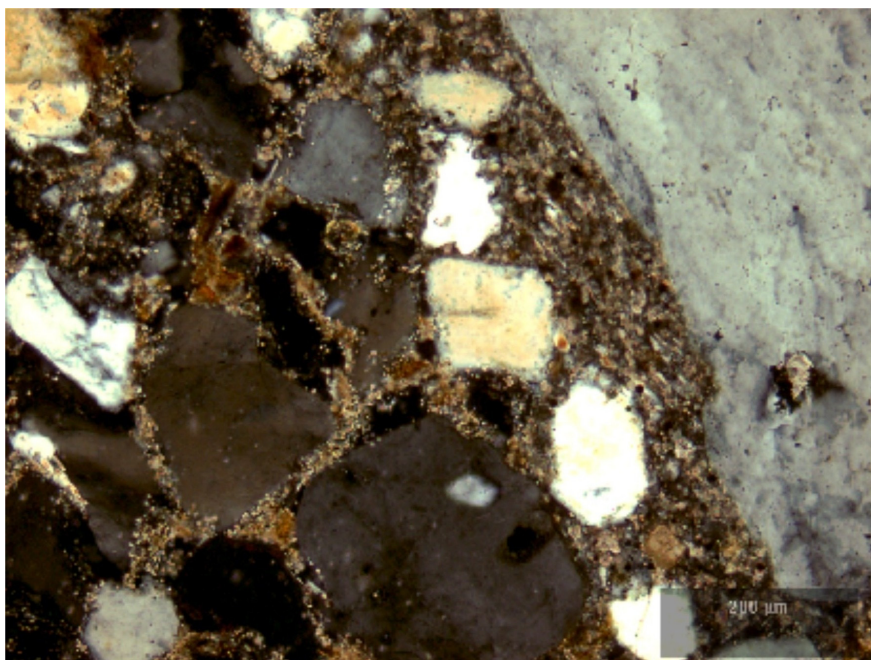
Ontwerp horizontale put	Oasen / IF Technologie
Timmer, Harrie, Bas Pittens (2007). Exelent Disign. HDD well drilled for potable water supply is the right choice at Netherlands site. Water Well Journal (july 2007).	
Ontwerp horizontale put. Speciale aandacht voor boorspoeling, problemen met verstopping en bacteriegroei.	
Digitaal	
Duitsland RVS putten	Kiwa WR
Schrama, E. (2001). Nieuwe ontwikkelingen in putbeheer. H2O (2001) nr. 1	
Duitse voorkeur voor RVS in plaats van PVC en verschillende putregeneratiemethoden.	
Digitaal	
Horizontale putten	Kiwa WR, WMN en WG (beide nu Vitens)
Graafsma, Y., E. Schrama, S. Meijer, J. W. Kooiman (1999). Horizontale putten: extra investering in winning levert aanzienlijke kostenreductie op. H2O (1999) nr. 18	
Hogere investering in duurdere techniek van horizontale put levert besparing op investeringskosten voor zuivering en in de jaarlijkse zuiverings- en regeneratiekosten.	
Digitaal	
Schoonschrapen boorgatwand	GWA (Waternet) en De Ruiter BV
Olsthoorn, T.N. en S. van Harlingen (1994) Infiltratieputten: schoon boren door wandschrapen, H2O (1994) nr. 21	
De boorgatwand van diepinfiltratieputten is schoongeschrapt. De volumestroom neemt hierdoor sterk toe, wat aantoonst dat de sliblaag op de boorgatwand praktisch geheel is weggenomen.	
Digitaal	

Ontwikkelen	Kiwa WR/WLF (Vitens)
Beek, Kees van, Sprong (1983) Wat te doen wanneer een put te weinig water levert: het ontwikkelen van een put te Oudega. H2O (1983) nr. 15	
Ontwikkelen met CBL geeft grote toename van specifiek debiet.	
Digitaal	
Skineffect	TNO
Deelder, C. (1977). Het skineffect. H2O (1977) nr. 23	
Skineffect is het verminderen van de doorlatendheid rondom het boorgat door verontreiniging met ingedrongen boorspoeling. Proeven tonen aan dat schoonpompen en toevoegen van Calgon (Na-hexametafosfaat) werkt om spoeling te verwijderen.	
Digitaal	

6 Werkpakket 5; Verschijningsvormen

6.1 Doel

Het doel van werkpakket 5 was inzicht verkrijgen in de aard en de exacte positie van het verstoppend materiaal.



figuur 5: detailopname boorgatwand (foto Jongmans WUR)

6.2 Resultaat

Putten verstoppem door deeltjes op de boorgatwand. In dit werkpakket zijn horizontale steekmonsters genomen van de boorgatwand, waardoor de aard van het materiaal kon worden onderzocht. De boorgatwand raakt verstopt met deeltjes organische stof, klei, kalk, kwarts of mica. Deeltjes kunnen bruggen vormen, die verder kunnen verkitten, waardoor ze moeilijk uit elkaar vallen. Ook is gebleken dat het verstoppende materiaal niet in elke put hetzelfde is, maar mede afhankelijk van de geologische formatie

6.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Harrie Timmer	Hydron ZH (Oasen)
Deelnemers	
Kees van Beek	Kiwa WR
Maria Juhász-Holterman	WML
Hans van Meerten	Geodelft

Bas Pittens	IF Technologie
Bert-Rik de Zwart	UU/TU Delft/ Kiwa WR
Marc Balemans	Kiwa WR

6.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP5

6.4.1 Rapporten Werkpakket 5

Steekmonsters (Noordbergum)	Wageningen Universiteit
Jongmans, A.G. (2004). Waterwinputverstopping Ritskebos (Vitens). Stereomicroscopisch en Micromorfologisch onderzoek. Wageningen Universiteit.	
Zandig materiaal is afgezet door vlechtende rivieren in het Pleistoceen. Op alle diepten kleiballetjes, organische stof, primair calciet, secundair CaCO ₃ . Nabij de putwand coatings en bruggetjes van kalkdeeltjes en wat klei en organische stof. Dichter bij de putwand coating type 2, die is afgezet tijdens boren. Type 2 is geïmpregneerd met secundaire ijzerverschijnselen.	
Digitaal	
Oorzaak en aard verstopping Rodenhuis (steekmonsters)	WZHO (Oasen)
Timmer, H., J.D. Verdel (2000). Onderzoeksproject putverstopping winning Rodenhuis WZHO 1998 – 2000, Eindrapport. WZHO	
Verstopping bestaat uit huidjes van OS, klei, kalk, kwarts, mica rond grovere zandkorrels en in poriehalzen, in eerste 10 cm buiten boorgatwand. Doorbraaksnelheid voor deeltjes, boven bepaalde snelheid stijgende concentratie deeltjes.	
Digitaal	

6.4.2 Artikelen Werkpakket 5

Oorzaak en aard verstopping Rodenhuis (steekmonsters)	WZHO (Oasen)
Timmer, H., Verdel, J.D., and Jongmans, A. (2000) Verstopping putten door van nature aanwezig materiaal. H ₂ O (2000) nr. 20	
Bepaling van de aard van verstopping.	
Digitaal	

7 Werkpakket 6; Bedrijfsvoering

7.1 Doel

Het doel van werkpakket 6 was inzicht krijgen in de mogelijkheden om putverstopping te beïnvloeden met bedrijfsvoering.



figuur 6: Schakelbord pompstation Nuland (foto Brabant Water)

7.2 Resultaat

De resultaten van de voorgaande werkpakketten zijn van groot belang voor de bedrijfsvoering. De belangrijkste conclusie is dat de bedrijfsvoering grote gevolgen heeft voor de mate en snelheid van (mechanische) verstopping. Van belang zijn putschakelingen en debietgroottes. Er is ontdekt dat er een duidelijke relatie is tussen het uit- en aanschakelen van een put en verstopping. Er is aangetoond dat een put die continue draait een steeds grotere afpomping krijgt, dus steeds verder verstopt, en dat een put die regelmatig wordt geschakeld geen toename van de verstopping te zien geeft. Ook blijkt een relatie met het onttrekkingsdebiet. Boven een bepaalde waarde van het debiet neemt de verstopping veel sneller toe dan onder die grens.

Er zijn geen universele regels voor de lengte van de rustperiode en de schakelfrequentie, dit is maatwerk, dat per put per wingebed bepaald moet worden. Ook de grenswaarde voor het onttrekkingsdebiet is per put verschillend.

7.3 Werkpakkettrekker en deelnemers

Werkpakkettrekker	Bedrijf
Maria Juhász-Holterman	WML
Deelnemers	
Marc Balemans	Kiwa WR
Ton Ebbing	Vitens
John Lambert	Geodelft
Inke Leunk	Brabant Water
Bas Pittens	IF Technologie
Harrie Timmer	Hydron ZH (Oasen)
Joost van de Ven	Hoekloos
Bert-Rik de Zwart	UU/TU Delft/ Kiwa WR

7.4 Opbrengsten uitgevoerd onderzoek WP6

7.4.1 Rapporten en memo's Werkpakketten 6

Richtlijnen Hydron	Kiwa WR/Hydron (Vitens)
Beek, Kees van, Rob Breedveld (2007). Richtlijnen voor het voorkómen en beheersen van putverstopping Puttenvelden Vitens Midden Nederland. KWR 06.079	
Beschrijving verstoppingsgevoeligheid winningen Midden Nederland. Richtlijnen voor bedrijfsvoering, aanleg en regeneratie.	
Digitaal	
Tull en 't Waal	Kiwa WR/Hydron (Vitens)
Wurf, Nico van der (Hydron MN) en Kees van Beek (Kiwa WR) (2006). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal. Resultaten van uitgevoerde experimenten bij aanleg en bedrijfsvoering (januari - oktober 2005). KWR 06.076	
Beheersen van verstopping met schakeling, waardoor regeneratie achterwege kon blijven.	
Digitaal	
Tull en 't Waal	Kiwa WR/Hydron (Vitens)
Beek, Kees van (2006). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal; Putverstopping, deeltjes en schakelen (uitgevoerde metingen januari - december 2005). KWR 06.077	
Meten van stijghoogte, schakelen en deeltjestelling. Uit deeltjestellingen blijken grote verschillen tussen deeltjesconcentratie en -grootteverdeling. Geen lineaire relatie tussen verwijderde deeltjes en duur van voorgaande	

onttrekking. Tussen 7 en 25% van de deeltjes wordt afgefilterd op de boorgatwand.	
Digitaal	
Tull en 't Waal	Kiwa WR/Hydron (Vitens)
Beek, Kees van, Inke Leunk en Martijn Tas (Hydron A&D) (2006). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 't Waal. Gedrag van deeltjes bij bedrijfsvoering (uitgevoerde metingen t/m juli 2006). KWR 06.078	
Duur van onttrekking en duur van rustperioden is van belang voor verstopping. Geen of zwakke relatie gevonden tussen verwijderde deeltjes en voorgaande onttrekkingsperiode.	
Digitaal	
Putverstopping en bedrijfsvoering Heel	WML
Juhász-Holterman, M.H.A., C.J.G.Janssen (2005). Analyse putverstopping Heel, Verstopping op de boorgatwand en bedrijfsvoering. WML, kenmerk B5961	
Op 2 wingebieden is schakelen het beste middel om putverstopping te voorkomen. Op derde wingebied wordt geringe verstopping na ½ jaar continue onttrekken door hernieuwd schakelen ongedaan gemaakt. Schakelen helpt verstopping te voorkómen, maar in aantal gevallen ook om verstopping te 'genezen'.	
Digitaal	
Verstopping persputten	IF Technologie
Pittens, B.M. (2004) Vergroting maximaal brondebiet door verhoging toelaatbare injectiedrukken bij energieopslag in de bodem. IF Technologie 1/52229/BP	
De 'Theorie van Olsthoorn' geldig bij verstopte infiltratiebronnen, anders 'Cavity Expansion Theory'. Uit analytische afleiding blijken de oplossingen van de twee gelijk. Bij meerdere infiltratiebronnen bij elkaar kan volgend 'Cavity Expansion Theory' de injectiedruk tot 15% verhoogd worden.	
Informatie bij IF Technology	
WWIS	Kiwa WR
Balemans, M.L.M., J. Bunnik (2003). Defenitiefase Well Warning and Information Systeem. BTO 2003.033	
Functie van WWIS is waarschuwen en informeren. Bedrijfstad vindt systeem niet generiek toepasbaar, wel behoefte aan aparte modules.	
Digitaal	
Horizontale put Laren	Hydron/Kiwa WR
Schrama, E.J., C.G.E.M. van Beek (2002). Bedrijfsvoerings- en monitoringsplan Horizontale put pompstation Laren. Hydron Advies en Diensten. HAD 01-22	
Plan voor monitoring en bedrijfsvoering van horizontale put.	
Niet digitaal	

Verandering van bedrijfsvoering	Vitens
Ebbing, T. (?) Wijziging van de verdeling van de onttrekking over het puttenveld. Vitens (datum onbekend, jaren 00)	
Beschrijving van mogelijke effecten van verschillende ingrepen in de bedrijfsvoering.	
Digitaal	
Verstopping persputten	Kiwa WR
Olsthoorn, T.N. (1982) Verstopping van Persputten, Hoofdpijnen. Kiwa mededeling nr. 72.	
Vuistregel voor maximale druk in een persput. Oorzaken en preventie van verstopping van persputten.	
Niet digitaal	

7.4.2 Artikelen Werkpakketten 6

Tull en 't Waal (artikel 1)	Kiwa WR/Vitens
Breedveld, Rob, Kees van Beek, Gertjan Doedens (2007). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 'Waal (1): Pompputten van de toekomst? H2O (2007) nr. 2	
Chloorbleekloog effectief voor verwijdering van klei en humus door oxidatie. CMC vormt een netwerk waarin klei- en humusdeeltjes worden gevangen, dit netwerk wordt door H2O2 aangetast. Daarom voorkeur voor ontwikkelen van put met H2O2.	
Digitaal	
Tull en 't Waal (artikel 2)	Kiwa WR/Vitens
Wurf, Nico van der, Kees van Beek, Rob Breedveld, Gertjan Doedens (2007). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 'Waal (2): carrousel putschakelschema H2O (2007) nr. 2	
Met een carrousel putschakelschema kan maximum onttrekkingsduur worden ingesteld. Hierdoor maximum belasting met deeltjes, waardoor putverstopping wordt tegengegaan.	
Digitaal	
Tull en 't Waal (artikel 3)	Kiwa WR/Vitens
Beek, Kees van, Rob Breedveld, Marc Balemans, Gertjan Doedens (2007). Naar een verstoppingsvrij puttenveld Tull en 'Waal (3): putverstopping en putschakelen. H2O (2007) nr. 3	
Duur van onttrekking en duur van rustperiodes is van belang voor verstopping. Put in goede staat kan enige tijd worden overbelast.	
Digitaal	
Tull en 't Waal (artikel 4)	Kiwa WR/Vitens
Beek, Kees van, Rob Breedveld, Marc Balemans, Gertjan Doedens (2007). Tull en 'Waal (4): deeltjesbalans en gedrag van deeltjes in onttrokken grondwater.	

H2O (2007) nr. 3	
Deeltjesconcentratie en -grootte geven informatie over putverstopping, putontwikkeling en bedrijfsvoering.	
Digitaal	
IJzerverstopping	Kiwa WR
Houben, G.J. (2006). The Influence of Well Hydraulics on the Spatial Distribution of Well Incrustations. Ground Water vol 44, no 5 September-October 2006.	
Door inhomogene instroom van water ontstaat inhomogene verstopping. Met SFCD wordt gelijkmatig over de hele diepte van het filter gewonnen.	
Digitaal	
Continue bedrijfsvoering	Vitens
Hoogendoorn, J. J. van Paassen, J. Timmer (2005). Hoe een goed producerend winveld onderuit kan gaan. H2O (2005) nr. 22	
Op wingebied Boerhaar is overgeschakeld naar continue bedrijfsvoering (vanwege nanofiltratie), waardoor putten in een half jaar heel zwaar verstopt zijn. Bestaande verticale putten worden vervangen door een horizontale put, omdat verwacht wordt dat deze minder verstopt en beter geschikt is voor continue belasting.	
Digitaal	
Divers, flowmetingen en schakelen	WML
Juhász-Holterman, M, M. Balemans, C. Janssen (2004). Beter inzicht in putverstopping door flowmetingen en hoogfrequente stijghoogtemetingen, H2O (2004) nr. 17	
Door hoogfrequente metingen en flowmetingen is het proces van verstopping gekarakteriseerd en gelokaliseerd. Door de hoogfrequente metingen heeft WML voor het eerst aangetoond, dat putten door continue bedrijfsvoering verstopten en dat schakelen verstopping voorkomt of zelfs opheft.	
Digitaal	
Schakelen	Kiwa WR
Beek, Kees van, Ate Oosterhof, Rob Breedveld, Bert-Rik de Zwart (2004). Frequent schakelen voorkomt mechanische putverstopping. H2O (2004) nr. 17	
Door regelmatig schakelen kan putverstopping worden beheerst. (Eerdere versie onder de naam 'Zelfregeneratie van mechanisch verstoppende putten')	
Digitaal	

8 Werkpakket 8; Implementatie

8.1 Doel

Het doel van werkpakket 8 is het combineren en vertalen van fundamentele kennis en praktijk kennis welke is opgedaan in de werkpakketten 1 t/m 7. De kennis wordt vertaald in een richtlijnenboekje. In het boekje zullen richtlijnen worden omschreven voor het ontwerp, de realisatie, de bedrijfsvoering en de regeneratie van onttrekkingsbronnen. De richtlijnen zijn gericht op het voorkomen, onder controle houden of verwijderen van putverstopping door deeltjes op en rondom de boorgatwand van een onttrekkingsbron.

8.2 Resultaat

De belangrijkste opbrengst van werkpakket 8 is het richtlijnenboekje, waarin de kennis en ervaring van werkpakketten 1 t/m 7 is samengevat. Het boekje bevat 37 praktische richtlijnen voor ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en regeneratie van pompputten, elk met een toelichting.

8.3 Opbrengsten werkpakket 8

Richtlijnenboekje	BTS
Anoniem (2006) Voorkomen en verwijderen van putverstopping door deeltjes op de boorgatwand. Richtlijnen voor ontwerp, realisatie, bedrijfsvoering en regeneratie van pompputten.	
De inzichten uit het BTS putverstopping zijn samengevat in het richtlijnenboekje met praktische richtlijnen voor ontwerp, aanleg en onderhoud van putten.	
Digitaal	