

Methodologie, ontwikkeld in BRIDGE, voor de bepaling van drempelwaarden en natuurlijke achtergrondwaarden van grondwaterlichamen – Toepassing op het Vlaamse CKS_0200_GWL_1 grondwaterlichaam

In het kader van het Europese BRIDGE-project (Background cRiteria for the IDentification of Groundwater thrEsholds) werd een methodologie ontwikkeld voor de bepaling van drempelwaarden van verontreinigende stoffen die kunnen aangetroffen worden in grondwaterlichamen. Drempelwaarden zijn kwaliteitsnormen voor verontreinigende stoffen in grondwater die door de individuele lidstaten opgesteld dienen te worden. Deze drempelwaarden stellen een concentratie voor van een verontreinigende stof die niet overschreden mag worden om de menselijke gezondheid en het milieu te beschermen. De bepaling van natuurlijke achtergrondwaarden is van groot belang gezien de Dochterrichtlijn Grondwater (2003/550/EC) erkent dat grondwater met natuurlijke hoge concentraties van een bepaalde substantie niet enkel daarom als zijnde in slechte status gedefinieerd moet worden. Een gefaseerde aanpak werd voorgesteld om de status van een grondwaterlichaam te bepalen. Iedere fase bevat toenemend gesofisticeerde niveaus van gegevensverzameling en -analyse.

De uitgewerkte methode werd getest op veertien grondwaterlichamen binnen Europa waaronder het Vlaamse CKS_0200_GWL_1 grondwaterlichaam dat deel uitmaakt van het Centraal Kempisch Systeem. Dit komt voor in het noordoosten van Vlaanderen en werd opgedeeld in vier grondwaterlichamen, waarvan CKS_0200_GWL_1 het grootste is. Volgens de gefaseerde aanpak werden natuurlijke achtergrondwaarden en drempelwaarden bepaald. De methodologie voor de bepaling van drempelwaarden werd toegepast op parameters van de milieukwaliteitsnormen voor dewelke analytische gegevens beschikbaar waren; het betreft zowel hoofdelementen als sporenelementen. Hoge natuurlijke achtergrondwaarden voor K, Fe, Mn, NH₄, SO₄, PO₄, Al en As in CKS_0200_GWL_1 zorgt voor drempelwaarden die hoger zijn dan de referentiewaarde voor de receptor drinkwater. Wanneer een voldoende groot gegevensbestand beschikbaar is, dat de natuurlijke grondwaterkwaliteit goed weerspiegelt, wordt het 97.7-percentiel als natuurlijke achtergrondwaarde aangeraden. Algemeen kan gesteld worden dat de methode ontwikkeld in BRIDGE werkbaar is voor het bestudeerde grondwaterlichaam.

1. Inleiding

In het kader van het Europese BRIDGE-project (6^{de} Kaderprogramma van de Europese Commissie) werd het grondwaterlichaam CKS_0200_GWL_1 gekozen als een voorbeeldstudie in werkpakket 4 (WP4) (Coetsiers & Walraevens, 2006a). Het doel van die studie was de drempelwaarden in grondwaterlichamen te bepalen volgens de methodologie voorgesteld in werkpakket 3 (WP3) van het BRIDGE project en deze te evalueren. Dit artikel bevat de voornaamste resultaten waarbij de voorgestelde methodologie voor de bepaling van grondwaterdrempelwaarden (Hart et al., 2006) geëvalueerd wordt. De grondwaterkwaliteit in CKS_0200_GWL_1 werd reeds in detail bestudeerd in Coetsiers (2007), Coetsiers & Walraevens (2007) en Coetsiers & Walraevens (2006b) en in het Schelde Rivierbekken piloot-project (CIW, 2004). Het CKS_0200_GWL_1 grondwaterlichaam werd ingedeeld bij de 'zanden en grinden' aquifer typologie (Pauwels, 2006; Wendland et al., in prep.). Deze opdeling in typologie werd voorgesteld om grondwaterlichamen uit verschillende lidstaten met elkaar te kunnen vergelijken op basis van de geologische achtergrond.

2. Samenvatting van de voorgestelde methodologie

2.1 Afleiding van natuurlijk achtergrondwaarden (NAW)

De methodologie die ontwikkeld werd in BRIDGE verwijst naar de natuurlijke achtergrondwaarden (NAW) van substanties in grondwater. Wanneer geen nationale methodologie beschikbaar is voor de bepaling van NAW, kan een eenvoudige preselectie methode gebruikt worden. Deze werd gedefinieerd als het 90-percentiel (of 97.7, zoals aanbevolen in het BASELINE-project (BASELINE, 2003)) van een zorgvuldig gekozen gegevensbestand, om de natuurlijke grondwatersamenstelling van een aquifer te benaderen. De selectiecriteria gebruikt in het BRIDGE-project verwijderden stalen met een foutieve ionenbalans, stalen afkomstig van ongekende diepte, stalen die niet aan een aquifer typologie toegeschreven kunnen worden, stalen van hydrothermale systemen, stalen uit verzilte aquifers (Na + Cl > 1000 mg/l) en grondwateranalyses met nitraatgehalten groter dan 10 mg/l. Bijkomend worden tijdsreeksen vervangen door de mediaanwaarde van de verschillende analyses opdat iedere staalnameplaats voor eenzelfde aandeel in aanmerking wordt genomen in de gegevensbank.

2.2 Bepaling van drempelwaarden (DW)

Een gefaseerde aanpak werd voorgesteld om de status van een grondwaterlichaam te bepalen. Iedere fase bevat toenemend gesofisticeerde niveaus van gegevensverzameling- en analyse (Fig. 1). De methodologie werd ontwikkeld voor grondwaterafhankelijke ecosystemen als receptor en bijkomend werd grondwater zelf als receptor voorgesteld.

Voor de bepaling van drempelwaarden voor grondwater werd voorgesteld de drempelwaarden volgens twee verschillende gevallen te definiëren op basis van de verhouding tussen de natuurlijke achtergrondwaarde en een relevante referentiewaarde (REF) (Müller et al., 2006):

- 1) als $NAW < REF$: $DW = (NAW + REF)/2$
- 2) als $NAW = REF$: $DW = NAW$

De drempelwaarde voor grondwaterafhankelijke aquatische ecosystemen kan afgeleid worden in vier fases. Verdunning en afbraak kunnen in rekening gebracht worden in de fases 3 en 4 (Fig. 1) om de mogelijke vermenging met water uit andere waterlichamen met een lagere concentratie en/of de afbraak van verontreinigende stoffen in grondwaterlichamen in rekening te brengen. Voor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen is er niet genoeg wetenschappelijke kennis om een methodologie te ontwikkelen. De gefaseerde aanpak voor aquatische grondwaterafhankelijke ecosystemen kan hier als een eerste benadering gebruikt worden.

2.3. CKS_0200_GWL_1 grondwaterlichaam

Het Centraal Kempisch Stelsel is gelegen in het noordoosten van Vlaanderen, in de provincies Antwerpen en Limburg, en bevat de Neogene Aquifer en de Pleistocene Complex van de Kempen Aquifer. Vier grondwaterlichamen werden afgeïnd waarvan CKS_0200_GWL_1 het grootste is (Fig. 2). Dit grondwaterlichaam bevat een opeenvolging van Miocene tot Pleistocene zanden, afgewisseld met kleilaagjes. Het bestudeerde grondwaterlichaam vormt het niet-afgesloten deel van de Neogene Aquifer. Grondwateraanvulling vindt voornamelijk plaats in de topografisch verheven gebieden zoals het Kempisch Plateau in het zuidwesten en de cuesta van het Complex van de Kempen in het noordwesten. Een groot aantal grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen is aanwezig in kwelgebieden. Druk op grondwaterkwantiteit en -kwaliteit wordt voornamelijk gevormd door grondwateronttrekking, verontreiniging door diffuse bronnen (landbouw en de vroegere metallurgische industrie en steenkoolmijnen) en verontreiniging door puntbronnen.

De grondwaterkwaliteit in CKS_0200_GWL_1 wordt voornamelijk bepaald door reacties als silicaatvertering, redoxreacties, calcietoplossing en kationenuitwisseling. Grondwater aan het beëindigen van een stroomlijn heeft een lage mineralisatiegraad en is vrij zuur doordat grote delen van het grondwaterlichaam ontkalkt zijn. In het westen en verder langsheen een stroomlijn bevatten de sedimenten wel calciet. Een opeenvolging van zuurstofrijke, zuurstofarme, nitraatarme, ijzer- en mangaanrijke, sulfaatarme en methaanrijke zones wordt waargenomen en

Fig. 1: Methodologie voor de bepaling van de drempelwaarden en status van een grondwaterlichaam ontwikkeld in BRIDGE (Müller et al., 2006)

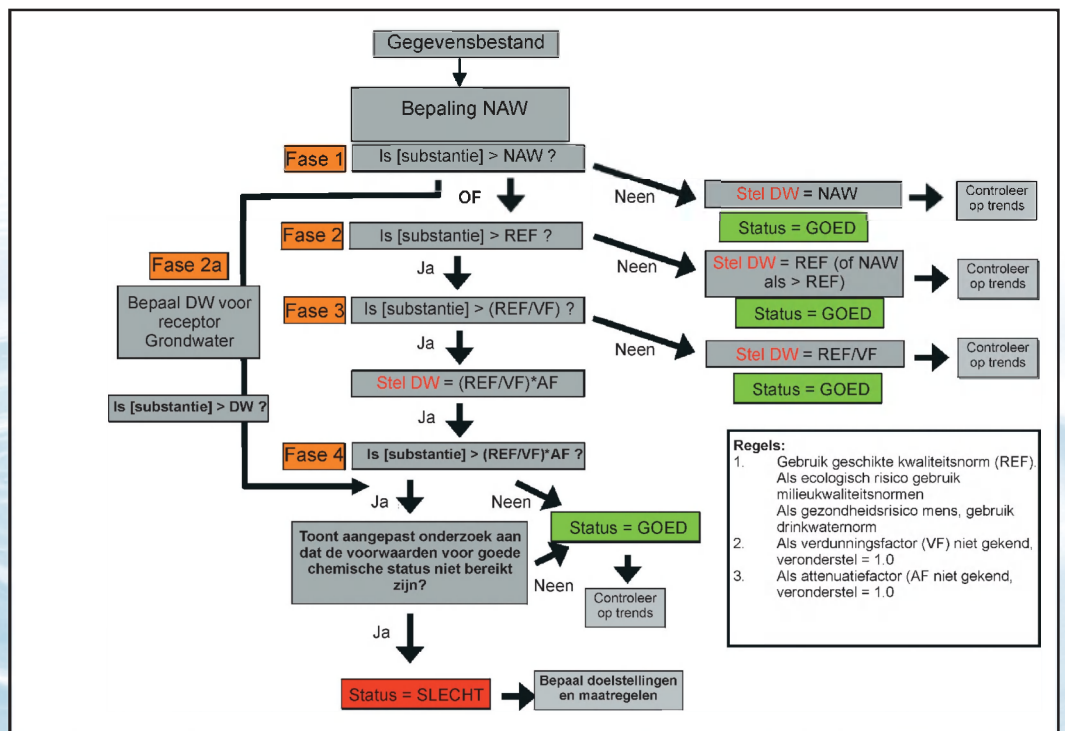
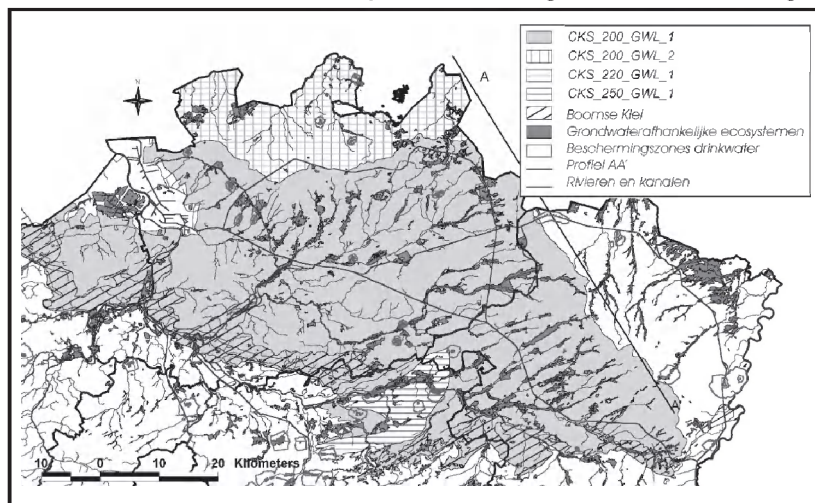


Fig. 2: Situering van de grondwaterlichamen in het Centraal Kempisch Systeem, grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen en beschermingszones rond drinkwaterwinningen



weerspiegelt de redoxomstandigheden. Kationuitwisseling treedt voornamelijk in de diepere delen van het grondwaterlichaam op waar sporen van het mariene afzettingmilieu nog gedeeltelijk bewaard bleven.

3. Resultaten

In CKS_0200_GWL_1 werden drempelwaarden afgeleid voor vier receptoren. Deze grondwaterreceptoren zijn grondwater zelf, grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen, grondwaterafhankelijke aquatische ecosystemen en tenslotte drinkwater. De grondwaterafhankelijke terrestrische en aquatische ecosystemen komen overeen met rivieren en drassige gebieden die gevoed worden door grondwater. De methode voor de bepaling van de drempelwaarden werd toegepast op de parameters van de milieukwaliteitsnormen voor elke parameter waarvoor voldoende analytische gegevens beschikbaar waren. De parameters die behandeld werden, zijn: pH, EC, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, NH_4 , SO_4 , NO_3 , NO_2 , PO_4 , Al, Zn, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, F en B.

3.1 Bepaling van de NAW

Aangezien er geen nationale aanpak in Vlaanderen bestaat voor de bepaling van natuurlijke achtergrondwaarden in grondwater, maar er wel een grote hoeveelheid analytische gegevens beschikbaar zijn, werd de NAW bepaald met de eenvoudige preselektiemethode beschreven door Hart et al. (2006). Een gegevensbank met chemische analyses van 540 grondwaterstalen was beschikbaar. Na de preselectie bleven 453 grondwaterstalen over voor de bepaling van de NAW. De helft van de detectielimiet werd gebruikt wanneer een analyseresultaat onder de detectielimiet lag. NAW werden bepaald als de concentratie overeenkomstig met 90-percentiel en het 97.7-percentiel (Tabel 1). Afhankelijk van de mate waarin de gegevens in de databank de natuurlijke grondwaterkwaliteit benaderen kan

geopteerd worden voor het 90- of 97.7-percentiel.

3.2. Selectie van de REF

De milieukwaliteitsnormen die gebruikt werden voor de verschillende receptoren zijn:

- de milieukwaliteitsnormen voor grondwater zoals gedefinieerd in VLAREM II (Annex 2.41) voor de receptor grondwater
- de milieukwaliteitsnormen voor oppervlaktewater zoals gedefinieerd in VLAREM II als functie van de bestemming (Annex 2.3.1 oppervlaktewater, Annex 2.3.2 oppervlaktewater met drinkwater bestemming, Annex 2.3.3 voor oppervlaktewater met zwemwater bestemming, Annex 2.3.4 voor oppervlaktewater met viswater bestemming en Annex 2.3.5 voor oppervlaktewater met schelpdieren bestemming) voor de receptor grondwaterafhankelijke aquatische ecosystemen
- de milieukwaliteitsnormen voor de Lijst 1 en 2 van gevaarlijke substanties en de hardheid gerelateerde Lijst 2 gevaarlijke substanties van de EC Gevaarlijke Substanties Richtlijn (76/464/EEC) voor de receptor grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen
- drinkwaternormen (80/778/EEG en 98/83/EG) voor de receptor drinkwater

3.3. Bepaling van de DW

De drempelwaarden werden berekend door de natuurlijke achtergrondwaarde te vergelijken met de referentiewaarde, dewelke receptorafhankelijk is (zie 2.2). Verdunnings- en attenuatiefactoren werden gelijk gesteld aan 1.0 aangezien geen gegevens beschikbaar waren voor de bepaling van verdunning en afbraak. In tabel 1 worden de resultaten van de drempelwaardebepaling weergegeven voor de receptor grondwater. De resultaten voor de overige receptoren kunnen in Coetsiers & Walraevens (2006a) terug gevonden worden. Door de hoge natuurlijke achtergrondwaarde in het beschouwde grondwaterlichaam zijn de DW groter dan de REF-waarden voor Fe, Mn, NH_4 en Al wanneer het 90-percentiel gebruikt wordt als NAW en voor K, Fe, Mn, NH_4 , SO_4 , PO_4 , Al en As wanneer het 97.7-percentiel gebruikt wordt. Voor de drie andere receptoren is de afgeleide DW groter dan REF voor de parameters:

- 90-percentiel:
 - grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen: pH en Fe
 - grondwaterafhankelijke aquatische ecosystemen: pH, Fe en Mn
 - drinkwater: pH, Fe, Mn, NH_4 en Al
- 97.7-percentiel:
 - grondwaterafhankelijke terrestrische ecosystemen: pH, Fe en As
 - grondwaterafhankelijke aquatische ecosystemen: pH, SO_4 , Fe, Mn, NH_4 , NO_2 , Zn en As
 - drinkwater: pH, Fe, Mn, NH_4 , Al en PO_4

Tabel 1: Bepaling van de drempelwaarden (DW) voor het 90- and 97.7-percentiel als NAW en voor de maximaal toegelaten concentratie van de milieukwaliteitsnorm voor grondwater (VLAREM II) als referentiewaarde (REF) (receptor: grondwater zelf)

Parameter	Eenheid	REF	Aantal stalen na pre-selectie	NAW (90-percentiel)	DW (90-percentiel)	Geval(*)	NAW (97.7-percentiel)	DW (97.7-percentiel)	Geval
pH		9.5	452	7.2	8.4	1	8.1	8.8	1
pH		5.5	452	5	5	2	4	4	2
Na	ppm	150	453	40	95	1	65	108	1
K	ppm	12	453	12	12	1	22.1	22.1	1
Mg	ppm	50	453	12	37	1	22	36	1
Fe	ppm	0.2	453	44.2	44.2	2	87	87	2
Mn	ppm	0.05	440	1.1	1.1	2	2.6	2.6	2
NH ₄	ppm	0.5	452	1.0	1.0	2	4.1	4.1	2
SO ₄	ppm	250	453	183	217	1	311	311	2
NO ₃	ppm	50	453	2.00	26	1	6.6	28.3	1
NO ₂	ppm	0.1	448	0.03	0.07	1	0.07	0.09	1
PO ₄	ppm	2.2	377	1.00	1.60	1	2.50	2.50	2
Al	ppb	200	35	1554	1554	2	2934	2934	2
As	ppb	50	159	30	40	1	69	69	2
Cd	ppb	5	171	0.5	2.8	1	1.1	3.1	1
Cr	ppb	50	70	4.0	27.0	1	12.2	31.1	1
Hg	ppb	1	71	0.2	0.6	1	0.3	0.7	1
Ni	ppb	50	137	13.6	31.8	1	42.2	46.1	1
Pb	ppb	50	84	5	27.5	1	9.4	29.7	1
Sb	ppb	10	16	1.0	5.5	1	1.7	5.9	1
F	ppb	1.5	76	0.4	1.0	1	0.8	1.2	1

* Geval 1: als $NAW < REF$: $DW = (NAW + REF) / 2$; Geval 2: als $NAW = REF$: $DW = NAW$

4. Bespreking van de resultaten voor de receptor grondwater

Algemeen wordt waargenomen dat voor de berekeningen met het 97.7-percentiel als NAW de bekomen drempelwaarden voor een groter aantal parameters hoger zijn dan de REF-waarden dan bij gebruik van het 90-percentiel. Aangezien deze hogere DW voor de parameters K, Fe, Mn, NH₄, SO₄, PO₄, Al en As een natuurlijke oorsprong hebben, wordt aangeraden bij voorkeur 97.7-percentiel te gebruiken als NAW in CKS_0200_WL_1. Bij een goed gekend en voldoende groot gegevensbestand dat de natuurlijke grondwaterkwaliteit goed weerspiegelt en waarvan mag aangenomen worden dat de herkomst van de wateranalyses goed gekend is, en de verontreinigde stalen niet werden opgenomen, wordt het 97.7-percentiel als NAW aangeraden. Aan deze voorwaarden werd voldaan voor CKS_0200_GWL_1. De bekomen NAW en DW voor de receptor grondwater worden vergeleken met de normen voor grondwatersanering bepaald in VLAREBO (Tabel 2). De DW voor arseen is voor beide gevallen hoger dan de saneringsnorm wat aanduidt dat de saneringsnorm voor het beschouwde

Tabel 2: Vergelijking van de DW bij 90- en 97.7-percentiel en normen voor grondwatersanering in VLAREBO

Zware metalen en metalloïden	Saneringsnorm (µg/l)	Achtergrondwaarde (µg/l)	DW (90-percentiel)	DW (97.7-percentiel)
Arseen	20	5	40	69
Cadmium	5	1	1	2.1
Chroom	50	10	8.1	24.5
Koper	100	20	16	24.6
Kwik	1	0.05	0.5	0.5
Lood	20	5	10	18.9
Nikkel	40	10	27.2	46.1
Zink	500	60	260	840

grondwaterlichaam te streng is. Verder overschrijdt de berekende DW de saneringsnorm voor nikkel en zink bij het 97.7-percentiel. De andere parameters hebben DW onder de saneringsnorm. Walraevens et al. (2003) merkten reeds op dat er voor Zn en As sterke indicaties zijn dat de achtergrondwaarde en saneringsnorm te laag zijn in vergelijking met de natuurlijke waarden in Vlaanderen.

5. Besluit

Algemeen kan besloten worden dat het concept van de ontwikkelde methode logisch is en dat het praktisch en eenvoudig toepasbaar is. Wanneer het Vlaamse voorbeeld vergeleken wordt met de andere uit het BRIDGE-project (Hinsby, 2006), blijkt dat het 90-percentiel het meest geschikt is wanneer de databank relatief klein is en/of mogelijk beïnvloed is door menselijke activiteiten, terwijl het 97.7-percentiel verkozen wordt bij grote datasets waarbij de menselijke invloed zo goed als uitgesloten is. Een goede toepasbaarheid van de methode berust op het bestaan van betrouwbare referentiewaarden. Wetenschappelijk gefundeerde milieukwaliteitsnormen voor grondwater zijn tot op heden niet beschikbaar. De milieukwaliteitsnormen die gebruikt werden in deze studie zijn gebaseerd op drinkwaternormen. Op dit ogenblik zijn dit de meest degelijke en wetenschappelijk ondersteunde normen die beschikbaar zijn maar deze weerspiegelen niet de natuurlijke grondwaterkwaliteit. Daarom is de juiste bepaling van de NAW hier van het grootste belang. Evaluatie van de grondwater DW waarbij verdunning en afbraak in rekening gebracht wordt, vereist een grote hoeveelheid kennis en gegevens van het bestudeerde grondwaterlichaam. Bijgevolg zijn wetenschappelijke onderzoeksprojecten over dit onderwerp zeer belangrijk voor de toekomstige bepaling van correcte drempelwaarden voor grondwater.

REFERENTIES

Coetsiers, M. (2007): Onderzoek naar de hydrogeologische en hydrochemische toestand van de Neogene Aquifer in Vlaanderen met behulp van modellering en isotopen hydrochemie. Doctoraatsthesis, Universiteit Gent.

Coetsiers, M. and Walraevens, K. (2006a): Groundwater natural background levels and threshold definition in the CKS_0200_GWL_1 groundwater body of the Central Campine System (Flanders, Belgium). Specific targeted EU – research project BRIDGE – Case study report, 25 pp.

Coetsiers, M. and Walraevens, K. (2006b): Chemical characterization of the Neogene Aquifer, Belgium. *Hydrogeology Journal* 14: 1556-1568.

Coetsiers, M. and Walraevens, K. (2007). The Neogene Aquifer, Flanders, Belgium. In: Edmunds, W. and Shand, P. (eds.): *Natural Groundwater Quality*. Blackwell

Coördinatiecommissie Integraal Waterbeleid (CIW) (2004): Karakterisatie van het Vlaamse deel van het internationale stroomdistrict van de Schelde.

BASELINE (2003). Natural baseline quality in European aquifers: a basis for aquifer management. Specific targeted EU – research project: EVK-CT1999-0006, British Geological Survey, Wallingford, UK.

Hart, A., Müller, D., Blum, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C. and Wendland, F. (2006): *Preliminary Methodology to derive Environmental Threshold Values*. Specific targeted EU – research project BRIDGE – report D15, 32 pp.

Hinsby, K. (2006): *Application and evaluation of a proposed methodology for derivation of groundwater threshold values – a case study summary report*. Specific targeted EU – research project BRIDGE – report D22, 35 pp.

Müller, D., Blum, A., Hart, A., Hookey, J., Kunkel, R., Scheidleder, A., Tomlin, C. and Wendland, F. (2006): Final proposal for a methodology to set up groundwater threshold values in Europe. Specific targeted EU – research project BRIDGE – report D18, 63 pp.

Pauwels, H. (2006). *Impact of hydrogeological conditions on pollutant behaviour in groundwater and related ecosystems*. Specific targeted EU – research project BRIDGE – report D10, 463 pp.

Walraevens, K., Mahauden, M. and Coetsiers, M. (2003): Natural background concentrations of trace elements in aquifers of the Flemish Region, as a reference for the governmental sanitation policy. *8th Int. FZK/TNO Conference on Contaminated Soil (ConSoil), Ghent 2003, Proc.*, 215-224.

Wendland, F., Blum, A., Coetsiers, M., Gorova, R., Griffioen, J., Grima, J., Hinsby, K., Kunkel, R., Marandi, A., Melo, T., Panagopoulos, A., Pauwels, H., Ruisi, M., Traversa, P., Vermooten, J. S. A. and Walraevens, K. (in prep.): European aquifer typology: A practical framework for an overview about major groundwater composition at European scale. *Environmental Geology*.

M. Coetsiers en K. Walraevens

Universiteit Gent
Laboratorium voor Toegepaste
Geologie en Hydrogeologie
Universiteit Gent
Krijgslaan 281-S8
T: 09/264.46.47
F: 09/264.49.88
Marleen.Coetsiers@Ugent.be