

Bankfiltration for water quality improvement in Beberibe River, Recife Metropolitan Region

Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral¹; Dayana Andrade de Freitas²; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva³ & Tatiane Barbosa Veras⁴

1 Prof. Titular da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-8223, e-mail: jcabral@ufpe.br;

2 Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, Av. Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, Recife – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-7760, e-mail: dayanafandrade@yahoo.com.br

3 Professor Adjunto da UFPE, Campus do Agreste – PE, Brasil, Fone: 0 xx (81) 2126-7774, e-mail: alrpaiva@yahoo.com;

4 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da UFPE, e-mail: tatiane.veras@yahoo.com.br.

Abstract

Bank filtration performance has been tested in a tropical environment at Beberibe river at Olinda and Recife municipalities. In Bank Filtration (BF), a well is pumped near surface water, and induces water flow from the river through the porous medium to the well by percolation into the soil. Several physical, chemical and biological processes occurs, providing a natural water treatment along the river banks. The BF system in the Beberibe river comprises a production well and seven observation wells. By monitoring the water level of the river and piezometric groundwater levels, a hydraulic connection between river and aquifer has been verified. Results indicate that BF in Beberibe pilot project provide better water quality than river water, reaching drinking water condition. BF had positively tested for the removal of cyanobacteria. BF is a relatively low cost system, proven as an effective water treatment.

Keys-words: Bank Filtration, interactions stream-aquifer, water quality improvement.

Introdução

A técnica de Filtração em Margem (FM) consiste na locação de poços de bombeamento junto aos mananciais de superfície, fazendo com que haja uma diferença de carga hidráulica entre o manancial e o lençol freático, ocorrendo uma indução da água do manancial superficial para o poço (Figura 1). Neste trajeto por percolação nos vazios do solo a água do manancial superficial passa por diversos processos físicos, químicos e biológicos que agem no tratamento da água, ou seja, a água do poço submetido às condições de FM apresenta melhor qualidade quando comparada com a água do manancial superficial, podendo chegar aos padrões de potabilidade exigidos (Tufenkji et al., 2002). Segundo Ray et al. (2002) no mínimo a FM é considerada como um pré-tratamento na produção de água potável para abastecimento público.

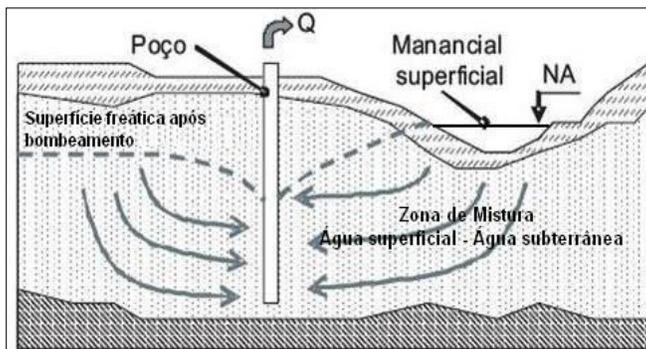


Figura 1 – Esquema simplificado da técnica de Filtração em Margem.

Entre os processos que ocorrem durante a Filtração em Margem destacam-se: os hidrodinâmicos, que incluem a adsorção, advecção, dispersão, diluição e difusão; os mecânicos, caracterizados pela filtração e colmatação; os biológicos que compreendem a degradação de matéria orgânica pelo metabolismo dos microorganismos presentes no solo, além de mineralização de substratos secundários; e os físico-químicos representados por sorção, precipitação, complexação, floculação, coagulação, reações redox e trocas iônicas (Donald e Grygaski, 2002; Tufenkji et al., 2002; Sens et al., 2006).

A FM atua como um processo natural de atenuação da poluição a que os mananciais superficiais são expostos, promovendo a eliminação de: sólidos suspensos, partículas, compostos biodegradáveis, bactérias, vírus, assim como, proporciona um equilíbrio nas mudanças de temperatura e constituintes dissolvidos (Hiscock e Grischek, 2002). Outras pesquisas relatam a efetividade da FM na redução de carbono orgânico total e dissolvido, precursores dos subprodutos da desinfecção (DPBs), turbidez, pesticidas e outros contaminantes orgânicos (Ray, 2004; Weiss et al., 2003; Ray et al., 2002; Verstraeten et al., 2002; Kuehn e Mueller, 2000).

O processo de remoção na FM é mais eficiente quando a velocidade da água subterrânea é baixa e quando o aquífero é composto por material granular com espaços abertos para o fluxo d' água passar ao redor destes, tornando o fluxo da água tortuoso (Schiven et al., 2002). A qualidade da água advinda da FM além de ser influenciada pelo material sedimentar do leito e do aquífero (interface água superficial e subterrânea), também é afetado pela velocidade de infiltração, tempo de residência no aquífero (Literathy e László, 1996), distância dos poços ao corpo d'água, taxa de bombeamento, diluição com as águas subterrâneas, além de alterações na temperatura da água do manancial de superfície (Ray et al., 2002).

É importante destacar que a água do poço submetido à FM é uma mistura da água infiltrada do manancial superficial e da água subterrânea presente no aquífero. Sendo assim, é necessário considerar a qualidade tanto dos recursos hídricos superficiais como também subterrâneos na utilização da FM (Ray et al., 2002).

Neste contexto, os aquíferos são menos vulneráveis à poluição do que as águas superficiais. No entanto, uma vez o aquífero contaminado, a recuperação, dependendo do tipo de contaminante, pode levar anos e até mesmo torna-se inviável do ponto de vista econômico, ambiental e sanitário.

A qualidade da água advinda da FM está atrelada a qualidade da água do corpo d'água superficial e da eficiência dos processos de purificação da água ocorrentes durante a FM, por outro lado, a qualidade da água subterrânea sofre forte influência do uso da terra na área, considerando as atividades agrícolas e urbanas (Kuehn e Mueller, 2000; Eckert e Irmscher, 2006).

Adicionalmente, a técnica de Filtração em Margem não é aplicada em qualquer região, pois é necessário que o ambiente forneça características hidrogeológicas específicas. Para tanto, é fundamental o conhecimento de alguns parâmetros que podem influenciar no desempenho da técnica, tais como: sazonalidade do fluxo do rio, estabilidade do canal do rio, velocidade do fluxo, características das margens e leito do rio, disponibilidade da água do rio que será induzida durante as estações seca e chuvosa (Hunt et al., 2002).

A Filtração em Margem é utilizada para abastecimento público em várias partes do mundo principalmente na Europa, em países como Alemanha, França, Suíça, Holanda e Hungria (Kim et al., 2003), sendo aplicada por mais de 100 anos, mais notavelmente nos rios Reno, Elbe e Danúbio (Ray et al., 2002).

Além disso, outros países como os Estados Unidos (Vogel et al., 2005a; Vogel et al., 2005b; Ray et al., 2002), China (Wu et al., 2006), Índia (Ray, 2008; Dash et al. 2008), Coreia e Japão (Ray, 2008; Lee et al., 2009) também tem utilizado a Filtração em Margem na produção de água de melhor qualidade para consumo humano.

O objetivo deste trabalho é abordar o projeto piloto de Filtração em Margem desenvolvido no rio Beberibe, como forma de avaliar a adequação da técnica as condições locais, além disso, analisar a interação rio-aquífero através do monitoramento piezométrico, e a qualidade da água advinda da FM, por intermédio do monitoramento qualitativo da água do rio e poço.

Metodologia

O projeto piloto de Filtração em Margem no rio Beberibe está localizado no terreno da Estação Elevatória de Caixa d'água, propriedade da COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento).

Para instalação do projeto piloto de FM no rio Beberibe vários aspectos quanto às características hidrogeológicas locais foram observadas. Para tanto, foram avaliadas questões relacionadas ao rio, como, sazonalidade do fluxo, estabilidade do canal, assim como a qualidade da água do manancial superficial. Adicionalmente foram feitas sondagens de solo à percussão, através de ensaios SPT, no intuito de gerar perfis de solo longitudinais e transversais ao rio Beberibe.

A estrutura física montada nas margens do rio Beberibe é composta por um poço de produção e sete poços de observação (SP1, SP2, SP3, SP4, SP5, SP7 e SP8) (Figura 2).

O poço de produção tem 15 m de profundidade, diâmetro de 6 polegadas, com faixa de filtro entre 7 e 13 m, tendo uma vazão média de 12,6 m³/h, com de 24 horas de bombeamento sem interrupção. Os poços de observação tem profundidade de 20 m, 1 polegada de diâmetro, com faixa de filtro iniciado a partir de 8 m.

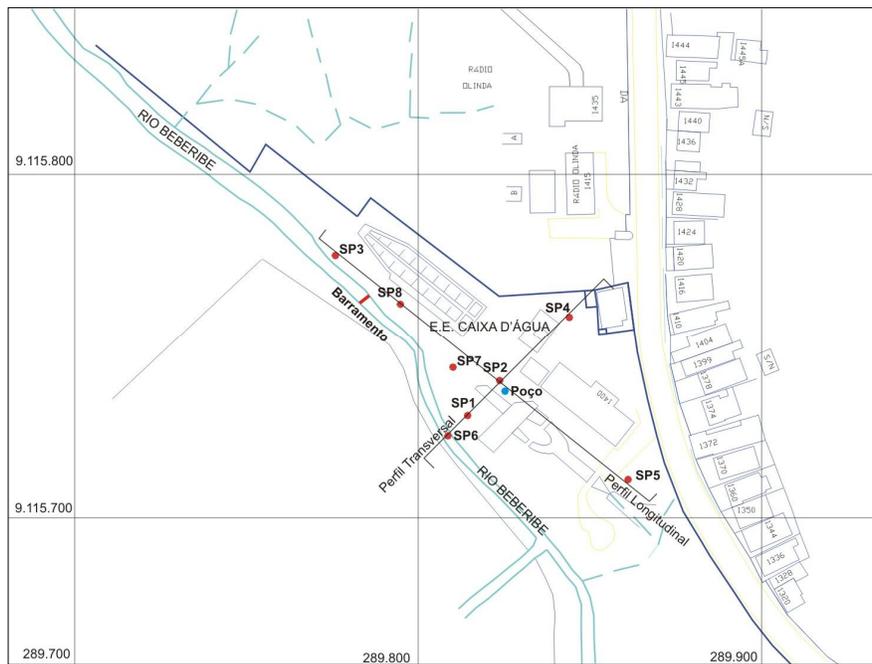


Figura 2 - Localização do poço de produção e dos poços de observação nas margens do rio Beberibe, Olinda – PE (Paiva, 2009).

Os monitoramentos piezométrico e qualitativo da água do rio Beberibe e poço de produção foram realizados durante seis meses, de março a agosto de 2009.

Semanalmente foram realizadas leituras quanto ao nível piezométrico do poço de produção e dos poços de observação, assim como medição da lâmina d'água do rio.

Além disso, foram realizados monitoramentos quanto à qualidade da água do rio Beberibe e do poço de produção. Os parâmetros físico-químicos analisados foram: pH, turbidez, condutividade elétrica, amônia em NH_3 , nitrito em N, nitrato em N, alcalinidade total em CaCO_3 , dureza total em CaCO_3 , demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$), demanda química de oxigênio (DQO), ferro total, manganês total, além dos metais pesados como, zinco total, cobre total e cromo total. Para os parâmetros microbiológicos foram analisadas a presença de coliformes totais e termotolerantes. Todas as análises foram feitas de acordo com o Standard Methods - 21th edição de 2005.

Para contagem de cianobactérias o método utilizado foi o de Utermöhl (1958), a identificação foi feita seguindo chaves de identificação especializadas para o grupo das cianobactérias.

Resultados e Discussões

Os resultados do monitoramento piezométrico realizado de março a agosto de 2009, no módulo experimental de Filtração em Margem nas margens no rio Beberibe, foi fundamental para o acompanhamento, das variações dos níveis do lençol freático dos poços de observação com a ação do bombeamento do poço de produção, assim como a correspondência com a lâmina d'água do rio Beberibe (Figura 3).

A figura 3 mostra que as cotas da lâmina d'água do rio Beberibe, poço de produção e poços de observação, apresentam comportamentos similares, evidenciando conexão hidráulica entre todos os elementos envolvidos, caracterizando a conexão entre o rio e o aquífero, fundamental para a técnica de Filtração em Margem.

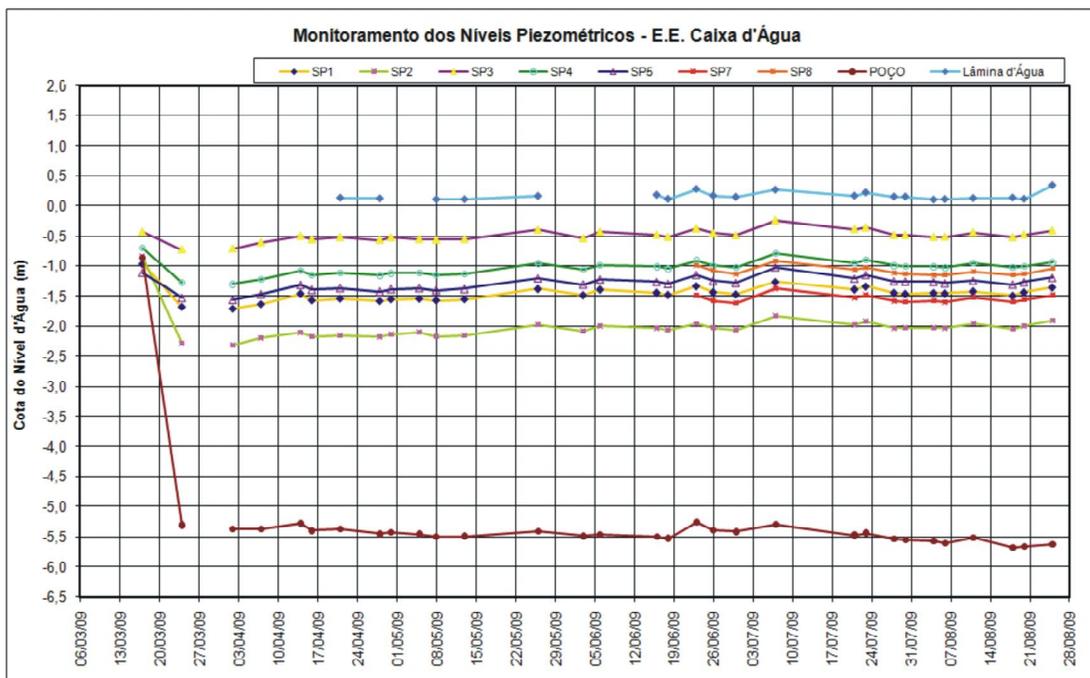


Figura 3 - Monitoramento piezométrico do poço de produção, poços de observação e lâmina d'água do rio Beberibe

Em relação ao monitoramento qualitativo a água do poço de produção apresentou-se dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos pela Portaria nº 518/2004 para todos os parâmetros físico-químicos analisados de pH, turbidez, condutividade elétrica, amônia em NH_3 , nitrito em N, nitrato em N, alcalinidade total em CaCO_3 , dureza total em CaCO_3 , demanda bioquímica de oxigênio ($\text{DBO}_{5,20}$), demanda química de oxigênio (DQO), ferro total, manganês total, e metais pesados como, zinco total, cobre total e cromo total.

Para os parâmetros de condutividade elétrica e dureza a água do poço de produção apresentou níveis maiores do que a água do rio Beberibe, resultados similares também foram reportados por Dash et al. (2010) no rio Ganges, na cidade de Haridwar, Índia. Esse efeito indesejável do aumento dos níveis da dureza e condutividade elétrica pela Filtração em Margem na qualidade de água filtrada pode ser explicado pelo resultado das mudanças das condições redox (Hiscock e Grischek, 2002) e pela dissolução de minerais (Dash et al., 2010).

Os resultados para presença de coliformes totais e termotolerantes na água do rio Beberibe e poço de produção mostrou que a Filtração em Margem promove resultados positivos quanto à remoção do grupo coliforme. A concentração de coliformes totais para água do rio Beberibe variou de 1516 a 30.804 NMP/100mL, para os coliformes termotolerantes a concentração variou de 300 a 3.428 NMP/100mL. Na água do poço de produção não foi detectada nenhuma presença do grupo coliforme.

Na análise da remoção de cianobactérias pela técnica de Filtração em Margem nas amostras de água do poço de produção não foi encontrada nenhuma espécie de cianobactéria. No rio Beberibe foram encontradas cinco espécies de cianobactérias, *Limnothrix redekei*, *Oscillatoria subbrevis*, *Pseudanabaena catenata*, *Aphanizomenon sp.*, *Spirulina sp.*. As concentrações de cianobactérias no rio Beberibe variam de 1.678 cel/mL a 15.059 cel/mL.

A remoção de cianobactérias é de grande relevância, uma vez que essas estão associadas à produção de potentes toxinas que podem intoxicar animais e seres humanos (Chorus e Bartram, 1999). Outros estudos também demonstraram o potencial da técnica de Filtração em Margem na remoção de cianobactérias (Lahti et al. 1998; Chorus et al. 2001; Grützmacher et al. 2002). No Brasil, Sens et al. (2006) avaliaram a técnica de FM como pré-tratamento à filtração direta na remoção de cianobactérias e cianotoxinas e os resultados mostraram eliminação de 100% de ambas.

Considerações finais

A partir dos resultados obtidos, conclui-se que a FM é uma excelente alternativa para melhoria da qualidade da água. O sistema de Filtração em Margem instalado às margens do rio Beberibe obteve resultados positivos quanto à melhoria de parâmetros físico-químicos e bacteriológicos, através de análises realizadas em amostras de água do rio e poço de produção. Além disso, a Filtração em Margem no rio Beberibe obteve eficiência na remoção de cianobactérias.

Referências Bibliográficas

- CHORUS I, SCHLAG G, HEINZE R, PÜTZ K, KRUSPE U Elimination of microcystins through bank filtration at the Radeburg reservoir. In: Chorus I (ed) Cyanotoxins, occurrence, causes, and consequences. Springer, Berlin, pp 226–228, 2001.
- CHORUS, I.; BARTRAM, J. Toxic cyanobacteria in water: a guide to their public health consequences, monitoring and management. London: E & FN Spon, 416p., 1999.
- DASH R. R.; BHANU PRAKASH E. V. P.; KUMAR P.; MEHROTRA I.; SANDHU C.; GRISCHEK T. River bank filtration in Haridwar, India: removal of turbidity, organics and bacteria. Hydrogeology Journal, v. 18, p. 973–983, 2010.
- DASH, R. R.; MEHROTRA, I.; KUMAR, P.; GRISCHEK, T. Lake bank filtration at Nainital, India: water quality evaluation. Hydrogeology Journal, 10.1007/s10040-008-0295-0. Springer-Verlag 2008
- DONALD, D.; GRYGASKI, T. Development of a Sustainable Potable Water Supply for Rural Villages in the Coastal Region of Tazanian, Africa. 2002.
- ECKERT, P.; IRMSCHER, R. Over 130years of experience with riverbank filtration in Düsseldorf, Germany. J Water SRT Aqua 55:283–291, 2006.
- GRÜTZMACHER G, BÖTTCHER G, CHORUS I, KNAPPE A, PEKDEGER A Cyanobacterial toxins in bank filtered water from Lake Wannsee, Berlin. In: Dillon P (ed) Management of aquifer recharge for sustainability. Swets and Zeitlinger, Lisse, pp 175–179, 2002.
- HISCOCK, K.M.; GRISCHEK T. Attenuation of groundwater pollution by bank filtration. Journal of Hydrology. Vol 266, pag 139–144, 2002.
- HUNT, H.; SCHUBERT, J.; RAY, C. Riverbank Filtration – Improving Source-Water Quality. Chapter Conceptual Design of Riverbank Filtration Systems. Kluwer Academic Publishers. California, USA. 2002.
- KIM, S. B.; CORAPCIOGLU, M. Y. Contaminant transport in riverbank filtration in the presence of dissolved organic matter and bacteria: A kinetic approach. Journal Hydrology, 266, 269–283, 2002.
- KUEHN, W., MUELLER, U., Riverbank filtration: an overview. J. Am. Water Works Assoc. 92 (12), 60–69, 2000.
- LAHTI K, VAITOMAA J, KIVIMÄKI A-L, SIVONEN K Fate of cyanobacterial hepatotoxins in artificial recharge of groundwater and in bank filtration. In: Peters JH et al (eds) Artificial recharge of groundwater. Balkema, Rotterdam, pp 211–216, 1998.
- LEE, JEONG-HWAN; HAMM, SE-YEONG; CHEONG, JAE-YEOL; KIM, HYOUNG-SOO; KO, EUN-JOUNG; LEE, KWANG-SIK; LEE, SANG-IL. Characterizing riverbank-filtered water and river water qualities at a site in the lower Nakdong River basin, Republic of Korea. Journal of Hydrology 376 209–220, 2009.
- LITERATHY, P., LÁSZLÓ, F., 1996. Processes Affecting the Quality of Bank-Filtered Water. in KIVIMÄKI, A.-L., SUOKKO, T. (Eds), Proceedings of the International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater, NHP Report No. 38. Nordic Hydrological Programme, Helsinki, Finland, pp. 53-64.
- PAIVA, A. L. R. O processo de Filtração em Margem e um Estudo de Caso no rio Beberibe. Universidade Federal de Pernambuco, Doutorado em Engenharia Civil – Área de Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos. Tese de Doutorado. Recife – PE. 149 p. 2009.
- RAY, C. Worldwide potential of riverbank filtration. Clean Technologies and Environmental Policy, 10.1007/s10098-008-0164-5, 2008.
- RAY, C., Modeling RBF efficacy for mitigating chemical shock loads. J. Am. Water Works Assoc. 96 (5), 114–128, 2004.
- RAY, C.; MELIN, G.; LINSKY, R. B. Riverbank Filtration: improving source-water quality. Kluwer Academic Publishers. California, USA, 2002.
- SCHIVEN, J. F.; BERGER, P.; MIETTINEN. I. Bank Filtration for Water Supply. Ed.; Kluwer Academic Publishers: Norwell, MA, in press, 2002.

SENS, M.L.; DALSSASSO, R. L.; MONDARDO, R. I.; FILHO, L. C. M. Filtração em Margem. In: PROSAB 4. (Org.). Contribuição ao estudo da remoção de cianobactérias e microcontaminantes orgânicos por meio de técnicas de tratamento de água para consumo humano, Capítulo 5. PROSAB, ABES. Rio de Janeiro. 2006.

TUFENKJI, N.; RYAN, J. N.; ELIMELECH, M. Bank Filtration: A Promise of. ENVIRONMENTAL SCIENCE & TECHNOLOGY, NOVEMBER 1, 2002.

UTERMÖHL, H. Zur vervollkomnung der quantitativen phytoplankton: methodic. Mitteilungen internationale vereinigung fur theoretische und angewandte limnologie, v. 9, p. 1-38, 1958.

VERSTRATEN, I.M; HEBERER, T.; SHEYTT, T. Ocurrence, characteristics, and transport and fate of pesticides, pharmaceutical active compounds, and industrial and personal care products at bank filtration sites. In: Riverbank Filtration – Improving source-water quality, Chapter 9, ed. C Ray, G Melin, R. B. Linsky. Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academics Publishers, 2002.

VOGEL, J.R.; BARBER L.B.; FURLONG E.T.; COPLEN T.B.; VERSTRAETEN I.M.; MEYER M.T. Occurrence of Selected Pharmaceutical and Non-Pharmaceutical Compounds, and Stable Hydrogen and Oxygen Isotope Ratios in a Riverbank Filtration Study, Platte River, Nebraska, 2002 to 2005. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2005a.

VOGEL, J.R.; HARRIS, S.I.; COPLEN, T.B.; RICE, E.W.; VERSTRAETEN, I.M. Microbe Concentrations, Laser Particle Counts, and Stable Hydrogen and Oxygen Isotope Ratios in Samples from a Riverbank Filtration Study, Platte River, Nebraska, 2002 to 2004. U.S. Geological Survey, Reston, Virginia: 2005b.

Wu, Y. ; Hui, L.; Wang, H.; Li, Y.; Zeng, R. Effectiveness of riverbank filtration for removal of nitrogen from heavily polluted rivers: a case study of Kuihe River, Xuzhou, Jiangsu, China. Environmental Geology International Journal of Geosciences, 10.1007/s00254-006-0445-4, 2006.