

Videnstatus for det kvalitative samspil mellem grundvand og overfladevand

Af Bertel Nilsson, GEUS

1 Problemformulering

Grundvandet udgør i varierende omfang en del af de danske søers, vandløbs, fjorde og marine områders hydrauliske og vandkvalitetsmæssige belastning og kan som sådan potentielt påvirke overfladevandets tilstand i forskellig retning. Kendskabet til samspillet mellem tilstanden i grundvandet og overfladevandet er dog begrænset. Der findes stadig et begrænset antal undersøgelser, hvor der er fokuseret på grundvandets betydning for vandkvaliteten i overgangszonen til de forskellige typer overfladevand. Kun få undersøgelser er gjort i udstrømningen af grundvand til det marine miljø og i danske søer eller for den sags skyld søers indflydelse på grundvand. Nogen flere danske undersøgelser foreligger på udstrømningen af grundvand med næringsstof og/eller pesticid til den vandløbsnære zone ("hyporheic zone"). Ingen undersøgelser af danske vandløbs påvirkning af grundvandet foreligger imidlertid. Yderligere er grundvandets strømningsveje fra grundvandszonen gennem "reaktoren" i ådalene til vandløbene vurderes mangelfuldt belyst. Variationen af ådalenes geologiske forhold kan indekseres ved inddeling i landskabelementer ud fra geomorfologiske, lithologiske og vandløbsmorfologiske karakteristika, så repræsentative opholdstider for forskellige forureningstyper kan bestemmes, hvorved udvaskninger af forskellige stofgrupper til overfladerecipienterne kan kvantificeres bedre i overgangszonen mellem grundvand og overfladevand.

I forbindelse med amternes udpegning af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) har et vigtigt udpegningskriterium været så vidt muligt at undgå arealer der indeholdt kendte punktkilder der måtte være en trussel mod grundvandsressourcen på det pågældende sted. Naturligt nok har disse punktkilder aftagende interesse i amterne, så længe de er beliggende udenfor amternes OSD men i forhold til Vandrammedirektivet vurderes punktkilderne have en betydelig opmærksomhed, da den forhåndenværende viden om miljøfremmede stoffers negative effekt på vandkvaliteten i vådområder, ånære arealer og søer vurderes at være mangelfuld.

1.1 Hovedtyper af overfladevand og stof typer

Det kvalitative samspil mellem grundvand og overfladevand kan i Vandrammedirektiv terminologi struktureres efter hovedtyper af overfladevand: vandløb, vådområder / ånære arealer, søer & marine områder. Det kvalitative samspil mellem grundvandet og søer er nærmere beskrevet i DMU's rapportudkast af Jensen, Søndergaard og Jeppesen ("Sammenhængen mellem tilstanden i grundvand og overfladevand: Søer") og for det marine miljø's vedkommende af T. Dahlsgaard, DMU i "Grundvandsudsivning i marine områder". Herudover er inddelt efter stof type-emnerne: 1) Næringsstoffer (nitrat og fosfat), 2) pesticider, 3) miljøfremmede stoffer (BTEX, PAH, CHS og MTBE) og 4) tungmetaller.

... input vedr. videnstatus for organisk stof, forsuring og okkerbelastning mangler !

1.2 Styrende parametre for vandkvaliteten i overfladevandet

- tilstrækkelig opholdstid til stofomsætning eller nedbrydning kan finde sted
- dynamiske redoxgradienter (i tid og rum)
- samspillet mellem geologiske aflejringer (sedimentære facies arkitektur) og hydrologi
- hydrokemiske facies
- transportmekanismer (fx partikulær bunden fosfor)

1.3 Undersøgelsesmetodikker

Baseret på litteraturstudiet behandlet i afsnit 2 er følgende undersøgelsesmetoder identificeret til belysning af den vandkvalitetsmæssige sammenhæng mellem grundvand og overfladevand:

- Lokale proces- og feltstudier, som case studies i vådområder, søer og lokale vandløb til bestemmelse af hydrokemiske facies (repræsentative vandtyper).
- Regionale oplandsstudier med anvendelse af numeriske modelværktøjer kombineret med usikkerhedsbestemmelser, GIS, mv.
- Monitoringsprogrammer, hvorfra større geokemiske datasæt foreligger bearbejdes typisk med geostatistik metoder (fx clusteranalyser eller variagramundersøgelser) til optimering af monitorings- og design strategier.
- Geofysiske målemetoder til bestemmelse af grundvandsudstrømningen til større vandløb, samt bestemmelse af aquifergeometri langs kystnære strækninger.
- Landskabelementer, hvor geomorfologi, lithologi og vandløbsmorfologi kan indekseres til repræsentative opholdstider og udvaskninger for forskellige forureningstyper.

1.4 Oversigt over vandkvaliteten i grundvand og overfladevand

I dette afsnit er i Dahlsgaard ("Grundvandsudsivning i marine områder") givet en kort oversigt over grundvandets indhold af fosfor, nitrat og pesticider. Oversigten er baseret på data fra grundvandsovervågningen GEUS (2000).

Indholdet af fosfor i grundvandet er i de fleste tilfælde forholdsvis ringe, men overstiger dog 0,15 mg/l totalfosfor i omkring 17 % af filtrene fra grundvandsovervågningsområderne og omkring 20 % af de indberettede analyser fra vandværksboringer. De højeste koncentrationer findes i metan- og jern-sulfat redoxzonen. De høje koncentrationer fra vandværksboringer kan ofte henføres til boringer, der har været i kontakt med yngre marine aflejringer (GEUS, 2000). I områder med indvinding fra kalkmagasiner i store dele af Sjælland, Lolland-Falster, Møn, Djursland, Himmerland og Han Herred findes til gengæld kun få boringer, hvor fosforindholdet overstiger 0,15 mg/l.

Med det kendskab, der eksisterer vedrørende sammenhæng mellem søers fosforindhold og vandkvaliteten betyder dette, at forøget grundvandstilførsel fra områder med de høje fosforkoncentrationer kan have en negativt effekt på søens tilstand, hvis der i øvrigt ikke tilføres høje koncentrationer fra andre kilder.

Indholdet af kvælstof, hvilket for grundvands vedkommende ofte sker i form af nitrat, kan især have betydning i søer med en langsom vandudskiftning, og hvor kvælstof i perioder evt. kan virke begrænsende for planteplanktonets produktion. Omkring 61 % af overvågningsboringerne og 69 % af vandforsyningsboringerne indeholder mindre end 1 mg/l nitrat (GEUS, 2000).

En del grundvandsprøvetagninger indeholder også rester af pesticider. Siden 1993 er der fundet pesticider eller nedbrydningsprodukter i 35 % af de undersøgte overvågningsfiltre, mens fundprocenten er 24 i vandværksboringer. Problemets omfang i forhold til påvirkninger i vandmiljøet er dog indtil videre stort ukendt. Største effekter forventes i intensivt dyrkede områder og samtidigt også mest i de mindre søer, hvor fortyndingseffekten er mindst.

... input vedr. status for miljøfremmede stoffer, tungmetaller og ”organisk stof, forsurening og okkerbelastning” i både grundvand og overfladevand, samt pesticider i overfladevand mangler !

2 Litteraturstudie

Der er gennemført en litteratursøgning på Web of Science med følgende kombinationer søgeord (søgeord med flest hits er understreget):

- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND water quality
- (groundwater OR aquifer) AND (river OR stream) AND water quality
- (groundwater OR aquifer) AND lake AND water quality
- (groundwater OR aquifer) AND (wetland OR riparian zone OR hyporheic zone OR bank storage) AND water quality
- (groundwater OR aquifer) AND (coastal zone OR marine water OR sea) AND water quality
- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND (nitrate OR phosphate)
- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND (organic matter OR acidification OR ochre loading)
- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND (micro pollutants OR BTEX OR PAH OR CHS OR MTBE)
- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND pesticide
- (groundwater OR aquifer) AND surface water AND heavy metal

Denne søgning resulterede i 96 meget relevante referencer bedømt ud fra titel, keywords og abstract. Med undtagelse af vandløbslitteraturen der udelukkende er bedømt ud fra titel og keywords. Antallet af artikler på hovedtyper og stof typer er vist i tabel 1.

Hovedtyper af overfladevand / stof typer	Total antal	1987-90	1991-95	1996-2001	Udvalgte ref.		
					***	**	*
Vandløb	264	2	71	191	26	75	163
Søer ²	50	0	14	36	13	15	22
Ånære og vådområder	51	0	10	41	12	12	27
Marine miljø ¹	51	0	16	35	8	10	33
/ Næringsalte	150	0	45	105	29	41	80
/ Pesticider	54	0	19	35	5	15	34
/ Organisk stof, forsurening og/eller okkerbelastning ³	95	0	23	72			
/ Miljøfremmede stoffer	15	0	3	12	2	9	4
/ Tungmetal	9	0	1	8	1	3	5
I alt artikler pr. periode	756	2	202	535	96	180	368

Tabel 1: Søgkriterier baseret på 756 artikler om vandkvaliteten i grundvand/overfladevand systemet. *** = meget relevant, ** = lidt relevant, * = ikke relevant. ¹ Yderligere litteratursøgning i T. Dahlsgaard (”Grundvandsudsivning i marine områder”). ² Yderligere litteraturstudium i 1. rapportudkast fra Jensen, Søndergaard og Jeppesen (Sammenhængen mellem grundvand og overfladevand: Søer”). ³ Relevans kategorier er udeladt.

Som grundlag for en nærmere vurdering af vidensbehov er der således indtil videre udvalgt 96 artikler + yderligere 12 artikler med 2 stjerner fra kategorierne ”Miljøfremmede stoffer” og ”Tungmetaller”, idet litteraturen på de to sidstnævnte kategorier er meget sparsom.

3 Vidensbehov vedr. grundvandets betydning for vandkvaliteten i overfladevand

I forbindelse med amternes udpegning af områder med særlige drikkevandsinteresser (OSD) har et vigtigt udpegningskriterium været så vidt mulig at undgå arealer der indeholdt kendte punktforureningskilder der måtte være en trussel mod grundvandsressourcen på det pågældende sted. Naturligt nok har disse punktforureningskilder aftagende interesse i amterne, så længe de er beliggende udenfor amternes OSD men i forhold til Vandrammedirektivet vurderes der at være behov for en betydelig opmærksomhed på punktkilderne, da den forhåndenværende viden om miljøfremmedestoffers negative effekt på vandkvaliteten i ånære arealer og søer vurderes at være mangelfuld.

Der er behov for tilvejebringelse af tilstrækkelig dokumentation af strømningsveje (herunder opholdstider) og geologisk variabilitet i repræsentative vandløb og ånære arealer. Yderligere er der behov for en kvantificering af stofspecifikke parametre på lab. og feltskala, samt betydningen af årtidsbetingede variationer af redoxmiljøernes rumlige udbredelse.

4 Konklusion

... mangler !

5 Referencer (3 stjerne = meget relevans)

Nedenfor er listet de af referencerne ved litteratursøgningen der vurderes meget relevante (dvs. 3 stjerner i Tabel 1):

Vandløb

Alley WM; Cohen P. A scientifically based nationwide assessment of groundwater quality in the united-states. Environmental geology and water sciences 1991, Vol. 17, Iss 1, pp 17-22.

Beusen AHW; Klepper O; Meinardi CR. Modeling the flow of nitrogen and phosphorus in europe – from loads to coastal seas. Water science and technology 1995, Vol. 31, Iss 8, pp 141-145.

Blanchard PE; Lerch RN, Watershed vulnerability to losses of agricultural chemicals: Interactions of chemistry, hydrology, and land use. Environmental science & technology 2000. Vol. 34, Iss 16, pp 3315-3322.

Boynton WR; Hagy JD; Murray L; Stokes C; Kemp WM. A comparative analysis of eutrophication patterns in a temperate coastal lagoon. Estuaries 1996, Vol. 19, Iss 2B, pp 408-421.

Duffy CJ; Lee DH. Base-flow response from nonpoint source contamination – simulated spatial variability in source, structure, and initial condition. Water resources research 1992, Vol. 28, Iss 3, pp 905-914.

- Ejaz MS; Peralta RC. Maximizing conjunctive use of surface and groundwater under surface-water quality constraints. *Advances in water resources* 1995, vol. 18, Iss 2, pp 67-75.
- Felton GK. Hydrologic response of a karst watershed. *Transactions of the ASAE* 1994, Vol. 37, Iss 1, pp 143-150.
- Foster HJ; Lees MJ; Wheater HS; Neal C; Reynolds B. A hydrochemical modelling framework for combined assessment of spatial and temporal variability in stream chemistry: application to Plynlimon, Wales. *Hydrology and earth system sciences* 2001, Vol. 5, Iss 1, pp 49-58.
- Frapporti G; Hoogendoorn JH; Vriend SP. Detailed hydrochemicals studies as a useful extension of national groundwater monitoring networks. *Ground water* 1995, Vol. 33, Iss 5, pp 817-828.
- Hamada, H., Analysis of the interaction between surface water and groundwater using Randon-222. *Jarq-japan agricultural research quarterly* 1999, Vol. 33, Iss 4, pp 261-265.
- Harvey JW; Fuller CC. Effect of enhanced manganese oxidation in the hyporheic zone on basin-scale geochemical mass balance. *Water resources research* 1998, Vol. 34, Iss 4, pp 623-636. Iss, pp 9-23.
- Jain CK; Bhatia KKS; Seth SM. Assessment of point and non-point sources of pollution using a chemical mass balance approach. *Hydrological sciences journal-journal des sciences hydrologiques* 1998, Vol. 43, Iss 3, pp 379-390.
- Luther KH; Haitjema HM. Numerical experiments on the residence time distributions of heterogeneous groundwatersheds. *Journal of hydrology* 1998, Vol. 207, Iss 1-2, pp 1-17.
- Malard F; Plenet S; Gibert J. The use of invertebrates in ground water monitoring: A rising research field. *Ground water monitoring and remediation* 1996, Vol. 16, Iss 2, pp 103-113.
- Miller CV; Denis JM; Ator SE; Brakebill JW. Nutrients in streams during baseflow in selected environmental settings of the Potomac River Basin. *Journal of the American water resources association* 1997, Vol. 33, Iss 6, pp 1155-1171.
- Modica E; Burton HT; Plummer LN. Evaluating the source and residence times of groundwater seepage to streams, New Jersey Coastal Plain. *Water resources research* 1998, Vol. 34 Iss 11, pp 2797-2810.
- Modica E; Reilly TE, Pollock DW. Patterns and age distribution of ground-water flow to streams. *Ground water* 1997, Vol. 35, Iss 3, pp 523-537.
- Neal C; Robson AJ; Wass P; Wade AJ; Ryland GP; Leach DV; Leeks GJL. Major, minor, trace element and suspended sediment variations in the River Derwent. *Sci total envir*???
- Pfenning JS; McMahon PB. Effect of nitrate, organic carbon, and temperature on potential denitrification rates in nitrate-rich riverbed sediments. *Journal of hydrology* 1997, Vol. 187, Iss 3-4, pp 283-295.

Pionke HB; Gburek WJ; Schnabel RR; Sharpely AN; Elwinger GF. Seasonal flow, nutrient concentrations and loading patterns in stream flow draining an agricultural hill-land watershed. *Journal of hydrology* 1999, Vol. 220, Iss 1-2, pp 62-73.

Reichard ED. Groundwater-surface water management with stochastic surface-water supplies – a simulation optimization approach. *Water resources research* 1995, Vol. 31, Iss 11, pp 2845-2865.

Reynolds B; Neal C; Norris DA. Evaluation of regional acid sensitivity predictions using field data: issues of scale and heterogeneity. *Hydrology and earth system sciences* 2001, Vol. 5, Iss 1, pp 75-81.

Robach F; Hajnsek I; Tremolieres M. Phosphorus sources for aquatic macrophytes in running waters: Water or sediment?. *Acta botanica gallica* 1995, Vol. 142, Iss 6, pp 719-731.

Smart RP; Soulsby C; Wade A; Cresser MS; Billett MF; Langan SJ; Edwards AC; Jarvie HP; Owen R. Factors regulating the spatial and temporal distribution of solute concentrations in a major river system in NE Scotland., *Science of the total environment* 1998, Vol. 221, Iss 2-3, pp 93-110.

Tarvainen T; Paukola T., Use of geochemical databases to delineate risk areas for contaminated groundwater. *Journal of geochemical exploration* 1998, Vol. 64, Iss 1-3, pp 177-184.

Townsend MA; Young DP. Atrazine and its metabolites as indicators of stream-aquifer interaction in Kansas, USA. *International journal of environmental analytical chemistry* 2000, Vol. 78, Iss 1, pp 9-23.

Vongunten HR; Lienert C. Decreased metal concentrations in ground-water caused by controls of phosphate emissions. *Nature* 1993, Vol. 364, Iss 6434, pp 220-222.

Younger PL; Mackay R; Connorton BJ. Streambed sediment as a barrier to groundwater pollution-insights from fieldwork and modeling in the river Thames basin. *Journal of the institution of water and environmental management* 1993, Vol. 7, Iss 6, pp 577-585.

Åncære arealer og vådområder

Axt, JR, Walbridge, MR. (1999). Phosphate removal capacity of palustrine forested wetlands and adjacent uplands in Virginia. *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 63 (4), 1019-1031.

Boulton, AJ. (2000). River ecosystem health down under: Assessing ecological condition in riverine groundwater zones in Australia. *Ecosystem Health*, Vol. 6 (2), 108-118.

Carlyle, GC., Hill, AR. (2001). Groundwater phosphate dynamics in a river riparian zone: effects of hydrologic flowpaths, lithology and redox chemistry. *Journal of Hydrology*, Vol. 247 (3-4), 151-168.

del Rosario, RB., Resh, VH. (2001). Interstitial invertebrate assemblages associated with small-scale subsurface flowpaths in perennial and intermittent California streams. *Archiv für hydrobiologie*, Vol. 150 (4), 629-640.

Detenbeck, NE., Taylor, DL., Lima, A., Hagley, C. (1996). Temporal and spatial variability in water quality of wetlands in the Minneapolis St. Paul, MN metropolitan area: Implications for monitoring strategies and designs. *Environmental Monitoring and Assessment*, Vol. 40 (1), 11-40.

Lamers, LPM., Van Roozendaal, SME., Roelofs, JGM. (1998). Acidification of freshwater wetlands: Combined effects of non-airborne sulfur pollution and desiccation. *Water, Air and Soil Pollution*, Vol. 105 (1-2), 95-106.

Mander, U., Kuusements, V., Ivask, M. (1995). Nutrient dynamics of riparian ecotones. A case-study from the Porijogi river catchment, Estonia. *Landscape and Urban Planning*, Vol. 31 (1-3), 333-348.

Nikolaidis, NP., Heng, H., Semagin, R., Clausen, JC. (1998). Non-linear response of a mixed land use watershed to nitrogen loading. *Agricultural Ecosystems & Environment*, Vol. 67 (2-3), 251-265.

Price, JS., Waddington, JM. (2000). Advances in Canadian wetland hydrology and biogeochemistry. *Hydrological Processes*, Vol. 14 (9), 1579-1589.

Swanson, SK., Bahr, JM., Schwar, MT., Potter, KW. (2001). Two-way cluster analysis of geochemical data to constrain spring source waters. *Chemical Geology*, Vol. 179 (1-4), 73-91.

Tabacchi, E., Correll, DL., Hauer, R., Pinay, G., Planty-Tabacchi, AM., Wissmar, RC. (1998) Development, Maintenance and role of riparian vegetation in the river landscape. *Freshwater Biology*, Vol. 40 (3), 497-516.

Søer

Se desuden litteraturliste i 1. rapportudkast fra Jensen, Søndergaard og Jeppesen (Sammenhængen mellem grundvand og overfladevand: Søer”).

Bellemakers, MJS., Maessen, M. (1998). Effects of alkalinity and external sulphate and phosphorus load on water chemistry in enclosures in an eutrophic shallow lake. *Water Air and Soil Pollution*, Vol. 101 (1-4), 3-13.

Bobba, AG., Singh, VP., Bengtsson, L. (2000). Application of environmental models to different hydrological systems. *Ecological Modelling*, Vol. 125 (1), 15-49.

Brouwer, E., Roelofs, JGM. (2001). Degraded softwater lakes: Possibilities for restoration. *Restoration Ecology*, Vol. 9(2), 155-166.

Caruso, BS. (2000). Integrated assessment of phosphorus in the Lake Hayes catchment, South Island, New Zealand. *Journal of Hydrology*. Vol. 229 (3-4), 168-189.

Geier TW, Perry, JA., Queen, L. (1994). Improving lake riparian source area management using surface and subsurface runoff indexes. *Environmental Management*, Vol. 1994 (4). 569-586.

Genereux, D., Bandopadhyay, I. (2001). Numerical investigation of lake bed seepage patterns: effect of porous medium and lake properties., *Journal of Hydrology*, Vol. 241 (3-4), 286-303.

- Griffith, SM., Owen, JS., Horwarth, WR., Wigington, PJ, Baham, JE., Elliott, LF. (1997). Nitrogen movement and water quality at a poorly-drained agricultural and riparian site in the Pacific Northwest (Reprinted from Plant nutrition for sustainable food production and environment, 1997). Soil Science and Plant Nutrition, Vol. 43, 1025-1030.
- Katz, BG., Coplen, TB., Bullen, TD., Davis, JH. (1997). Use of chemical and isotopic tracers to characterize the interaction between ground water and surface water in mantled karst. Ground Water, Vol. 35 (6), 1014-1028.
- Rejesus, RM., Hornbaker, RH. (1999). Economic and environmental evaluation of alternative pollution-reducing nitrogen management practices in central Illinois. Agriculture Ecosystems & Environment, Vol. 75 (1-2), 41-53.
- Robertson, WD., Cherry, JA., Sudicky, EA. (1991). Groundwater contamination from 2 small septic systems on sand aquifers. Ground Water, Vol. 29 (1), 82-92.
- Southworth, GR., Turner, RR., Peterson, MJ., Bogle, MA., Ryon, MG. (2000). Response of mercury contamination in fish to decreased aqueous concentrations and loading of inorganic mercury in a small stream. Environmental Monitoring and Assessment, Vol. 63 (3), 481-494.
- Vengosh, A., Barth, S., Heumann, KG., Eisenhut, S. (1999). Boron isotopic composition of freshwater lakes from central Europe and possible contamination sources. Acta Hydrochimica et Hydrobiologica, Vol. 27(6), 416-421.

Marine områder

Se desuden litteraturliste i T. Dahlsgaard ("Grundvandsudsivning i marine områder").

- Beusen, AHW., Klepper, O., Meinardi, CR. (1995). Modeling the flow of nitrogen and phosphorus in Europe – From load to coastal seas. Water Science and Technology, Vol. 31 (8), 141-145.
- Boynton, WR., Hagy, J.D., Murray, L., Stokes, C., Kemp, WM. (1996). A comparative analysis of eutrophication patterns in a temperate coastal lagoon. Estuaries, Vol. 19 (2B), 408-421.
- Louche, B, Crampon, N., Bracq, P. (1998). Quality and behavior of the chalk aquifer on the Nord-Pas-de-Calais shoreline. Comptes rendue del academie des sciences serie II fescicule a-sciences de la terre et des planetes, Vol 327 (7), 463-470.
- Melloul, A., Collin, M. (1992). The principal components statistical-method as a complementary approach to geochemical methods in water-quality factor identification. Application to the coastal-plain aquifer of Israel. Journal of Hydrology, Vol. 140(1-4), 49-73.
- Pucci, AA. (1998). Hydrogeochemical processes and facies in confining units of the Atlantic Coastal Plain in New Jersey. Groundwater, Vol. 36 (4), 635-644.
- Rabbo, AA. (2000). The geohydrology and water quality of the springs and wells of the western catchment to the Dead Sea, West Bank, Palestine. Water Science and Technology, Vol 42 (1-2), 7-12.

van der Kemp, WJM., Appelo, CAJ., Walraevens, K. (2000). Inverse chemical modeling and radiocarbon dating of palaeogroundwaters: The tertiary ledo-Paniselian aquifer in Flanders, Belgium. *Water Resources Research*, Vol 36 (5), 1277-1287.

Næringsalte

Bohlke, JK., Denver, JM. (1995). Combined use of groundwater dating, chemical and isotopic analyses to resolve the history and fate of nitrate contamination in 2 agricultural watersheds, Atlantic coastal-plain, Maryland. *Water Resources Research*, Vol. 31 (9), 2319-2339.

Brüsch, W, Nilsson, B. (1993). Nitrate transformation and water-movement in a wetland area. *Hydrobiologia*, Vol. 251(1-3), 103-111.

Chestnut, TJ., McDowell, WH. (2000). C and N dynamics in the riparian and hyporheic zones of a tropical stream, Luquillo Mountains, Puerto Rica. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 19 (2), 199-214.

Claret, C., Marmonier, P., Boissier, JM., Fontvieille, D., Blanc, P.(1997). Nutrient transfer between parafluvial interstitial water and river water: Influence of gravel bar heterogeneity. *Freshwater Biology*, Vol. 37(3), 657-670.

Dent, CL., Grimm, NB., Fischer, SG. (2001). Multiscale effects of surface-subsurface exchange on stream water nutrient concentration. *Journal of the North American Benthological Society*, Vol. 20 (2), 162-181.

Devito, KJ., Fitzgerald, D., Hill, AR., Aravena, R. (2000). Nitrate dynamics in relation to lithology and hydrologic flow path in a river riparian zone. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 29 (4), 1075-1084.

Fenelon, JM., Moore, RC. (1998). Transport of agrichemicals to ground and surface water in a small central Indiana watershed. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 27 (4), 884-894.

Fraser, BG., Williams, DD. (1998). Seasonal boundary dynamics of a groundwater/surface-water ecotone. *Ecology*, Vol. 79 (6), 2019-2031.

Fryar, AE., Wallin, EJ., Brown, DL. (2000). Spatial and temporal variability in seepage between a contaminated aquifer and tributaries to the Ohio River. *Ground Water Monitoring and Remediation*, Vol. 20 (3), 129-146.

Gilliam, JM. (1994). Riparian wetlands and water-quality. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 23 (5), 896-900.

Griffioen, J. (1994). Uptake of phosphate by iron hydroxides during seepage in relation to development of groundwater composition in coastal areas. *Environmental Science & Technology*, Vol. 28 (4), 675-681.

- Grimaldi, C., Chaplot, V. (2000). Nitrate depletion during within-stream transport: Effects of exchange processes between streamwater, the hyporheic and riparian zones. *Eater, Air and Soil Pollution*, Vol. 124 (1-2), 95-112.
- Hefting, MM., de Klein, JJM. (1998). Nitrogen removal in buffer strips along a lowland stream in the Netherlands: a pilot study. *Environmental Pollution*, Vol. 102, 521-526.
- Hendricks, SP., White, DS. (1995). Seasonal biogeochemical patterns in surface water, subsurface hyporheic, and riparian groundwater in a temperate stream ecosystem. *Archiv für hydrobiologie*, Vol. 134 (4), 459-490.
- Hill, AR. (1996) Nitrate removal in stream riparian zones. *Journal of Environmental Quality*, Vol. 25 (4), 743-755.
- Hill, AR., Labadia, CF., Sammugadas, K. (1998). Hyporheic zone hydrology and nitrogen dynamics in relation to the streambed topography of a N-rich stream. *Biogeochemistry*, Vol. 42 (3), 285-310.
- Hill, AR., Lymburner, DJ. (1998). Hyporheic zone chemistry and stream-subsurface exchange in two groundwater-fed streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, Vol. 55 (2), 495-506.
- Hinkle, SR., Duff, JH., Triska, FJ., Laenen, A., Gates, EB., Bencala, KE., Wentz, DA., Silva, SR. (2001). Linking hyporheic flow and nitrogen cycling near the Willamette River – a large river in Oregon, USA. *Journal of Hydrology*, Vol. 244 (3-4), 157-180.
- Iversen, TM., Grant, R., Nielsen, K (1998). Nitrogen enrichment of European inland and marine waters with special attention to Danish policy measures. *Environmental Pollution*, Vol. 102 , 771-780.
- Kehew, AE., Passero, RN., Krishnamurthy, RV., Lovett, CK, Betts, MA, Dayharsh, BA. (1998). Hydrogeochemical interaction between a wetland and an unconfined glacial drift aquifer, southwestern Michigan. *Ground Water*, Vol. 36 (5), 849-856.
- Lowrance, R., Altier, LS., Newbold, JD., Schnabel, RR., Groffman, PM., Denver, JM., Correll, DL., Gilliam, JW., Robinson, JL., Brinsfield, RB., Staver, KW., Lucas, W., Todd, AH. (1997). Water quality functions of Riparian forest buffers in Chesapeake Bay watershed. *Environmental Management*, Vol. 21 (5), 687-712.
- Paludan, C., Blicher-Mathiesen, G. (1996). Losses of inorganic carbon and nitrous oxide from a temperate freshwater wetland in relation to nitrate loading. *Biogeochemistry*, Vol. 35 (2), 305-326.
- Ptacek, CJ. (1998). Geochemistry of a septic-system plume in a coastal barrier bar, Point Pelee, Ontario, Canada. *Journal of Contaminant Hydrology*, Vol. 33 (3-4), 293-312.
- Schilling, KE., Wolter, CF. (2001). Contribution of base flow to nonpoint pollution loads in an agricultural watershed. *Ground Water*, Vol. 39 (1), 49-58.
- Storey, RG., Fulthorpe, RR., Williams, DD. (1999). Perspectives and predictions on the microbial ecology of the hyporheic zone. *Freshwater Biology*, Vol. 41 (1), 119-130.

Pfenning, KS., McMahon, PB. (1997). Effect of nitrate, organic carbon, and temperature on potential denitrification rates in nitrate-rich riverbed sediments. *Journal of Hydrology*, Vol. 187(3-4), 283-295.

Valett, HM., Morrice, JA., Dahm, CN., Campana, ME. (1996). Parent lithology, surface-groundwater exchange, and nitrate retention in headwater streams. *Limnology and Oceanography*, Vol. 41 (2), 333-345.

Pesticider

Albanis, TA., Hela, DG. (1998). Pesticides concentrations in Louros River and their fluxes into the marine environment. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, Vol. 70 (1-4), 105-120.

Kreuger, J. (1998). Pesticides in stream water within an agricultural catchment in southern Sweden, 1990-1996. *Science of the Total Environment*, Vol. 216 (3), 227-251.

Ludvigsen, GH., Lode, O. (2001). Results from "JOVA" – The agricultural and environmental monitoring program of pesticides in Norway 1005-1999. *Fresenius Environmental Bulletin*, Vol. 10(5), 470-474.

Rodvand, SJ, Simpkins, WW. (2001). Agricultural contaminants in Quaternary aquitards: A review of occurrence and fate in North America. *Hydrogeology Journal*, Vol.9(1), 44-59.

Miljøfremmede stoffer

Gullick, RW., LeChevallier, M. (2000). Occurrence of MTBE in drinking water sources. *Journal American water Works Association*, Vol. 92 (1), 100-113.

Wong, DCL., Arnold, WR., Rausina, GA., Mancini, ER., Steen, AE. (2001). Development of a freshwater aquatic toxicity database for ambient water quality criteria for methyl tertiary-butyl ether. *Environmental toxicology and chemistry*, Vol. 20(5), 1125-1132.

Tungmetaller

Moolenaar, SW., VanderZee, SEATM, Lexmond, TM. (1997). Indicators of the sustainability of heavy-metal management in agro-ecosystems. *Science of the Total Environment*, Vol. 201 (2), 155-169.

Bilag A – Vidensbehov grundvand – overfladevand kvalitet

Emne 3. Udstrømmende punktkilders skæbne og strømningsveje gennem vandløbsnære områder
Problemstilling I de sidste 3-5 år har naturlig nedbrydning (Natural Attenuation) af forskellige typer organiske mikroforureninger som oprensingsform i grundvand og ånære arealer fundet stigende accept blandt miljøadministratorer, forudsat at der foreligger en tilstrækkelig dokumentation for at de miljøfremmede stoffer nedbrydes med en tilstrækkelig hastighed og at der ikke akkumuleres uønskede restprodukter.
Vidensstatus Undersøgelser i Nordamerika har imidlertid vist, at der kan være væsentlig uoverensstemmelse mellem stofs-specifikke parametre bestemt i felten og i laboratoriet (Wilson, 1997; USEPA, 1997). Fx er nedbrydningsrater bestemt i laboratoriet det mest almindelige datagrundlag for modelberegninger til forudsigelse af, om naturlig nedbrydning giver den ønskede oprensningseffekt på udstrømningsstedet til overfladerecipienten. Der er begrundet mistanke om, at de stofs-specifikke parametre som vand- og stoftransportmodellerne forsynes med idag fejlestimerer, da det er en almindelig opfattelse at laboratorieprøver ofte ikke er fuldt repræsentative for de aktive strømningsvejene, mht. hydraulik, geokemi, mikrobiologi, osv.
Fremtidigt vidensbehov <ul style="list-style-type: none">- Dokumentation af strømningsveje (herunder opholdstider) ved feltundersøgelser af de geologiske forhold i repræsentative vandløb og ånære arealer.- Kvantificering af stofs-specifikke parametre i lab. og felt, herunder vurdering af betydningen af i transiente redox regimer betydning for stoffernes skæbne.
Forslag til undersøgelser for at opnå ny viden <ul style="list-style-type: none">- Et udredningsarbejde igangsættes i samarbejde mellem amterne, til kortlægning antal og typer af punktkilder der i dag / i fremtiden risikerer at strømme ud i de vandløbsnære arealer.- Der foreslås gennem en kombination af felt- og laboratorieundersøgelser i et antal vandløbsnære arealer der repræsenterer karakteristiske udstrømningsområder til vandløb, hvor transport og naturlig nedbrydning (natural attenuation) af miljøfremmede stoffer det vandløbsnære område kvantificeres.