

Kildepladsbeskyttelse: mangan, arsen og jern – ”show-stoppere” i afværgeanlæg

Grundvand fra afværgeanlæg skal overholde miljøkvalitetskravene i recipienten vandet ledes til. Men det er dyrt ved traditionel vandbehandling. Her viser vi erfaringer fra alternative, full-skala afværgeanlæg som bortleder grundvand gennem hhv. et rodzoneanlæg og et regnvandsbassin. Resultaterne peger på, at man på små arealer kan integrere afværgeløsninger i byrummet, f.eks. i eksisterende regnvandsbassiner. Fjernelse af mangan (Mn) skal man særligt være opmærksom på, mens arsen (As) og jern (Fe) lettere kan styres.

JENNIE BJERRING MADSEN, SØREN
MUNCH KRISTIANSEN & BO VÆGTER

Baggrund

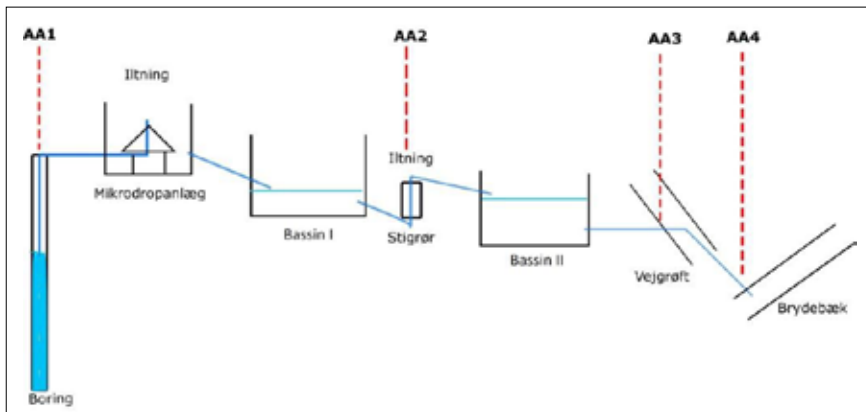
Der opdages hele tiden nye miljøfremmende stoffer i vores grundvand. De seneste er desphenyl-chloridazon (DPC) og dimethylsulfamid (DMS), som blev fundet i en række indvindingsboringer //1; 2//. Med det stigende antal forurenede indvindingsboringer, bliver vandforsyninger nødt til at øge indsatsen for at beskytte drikkevandet mod forurening. Forureninger kan f.eks. stamme fra en punktkilde, dvs. en forurenede grund, er der tale om dette er en af metoderne til at sikre fortsat vandindvinding, at der i forureningsfanen opstrøms for kildepladsen oppumpes forurenede grundvand. På den måde forhindres, forureningen i at ramme kildepladsen. Strategien er at afskære forureningsfanen, og kaldes derfor for afværgepumpning. Den fjerner i sig selv ikke forureningskilden, ligesom stoffjernelse ofte er beskedent, og den virker bedst når man pumper mindst mulige vandmængder //3//. En udfordring for denne strategi er, at



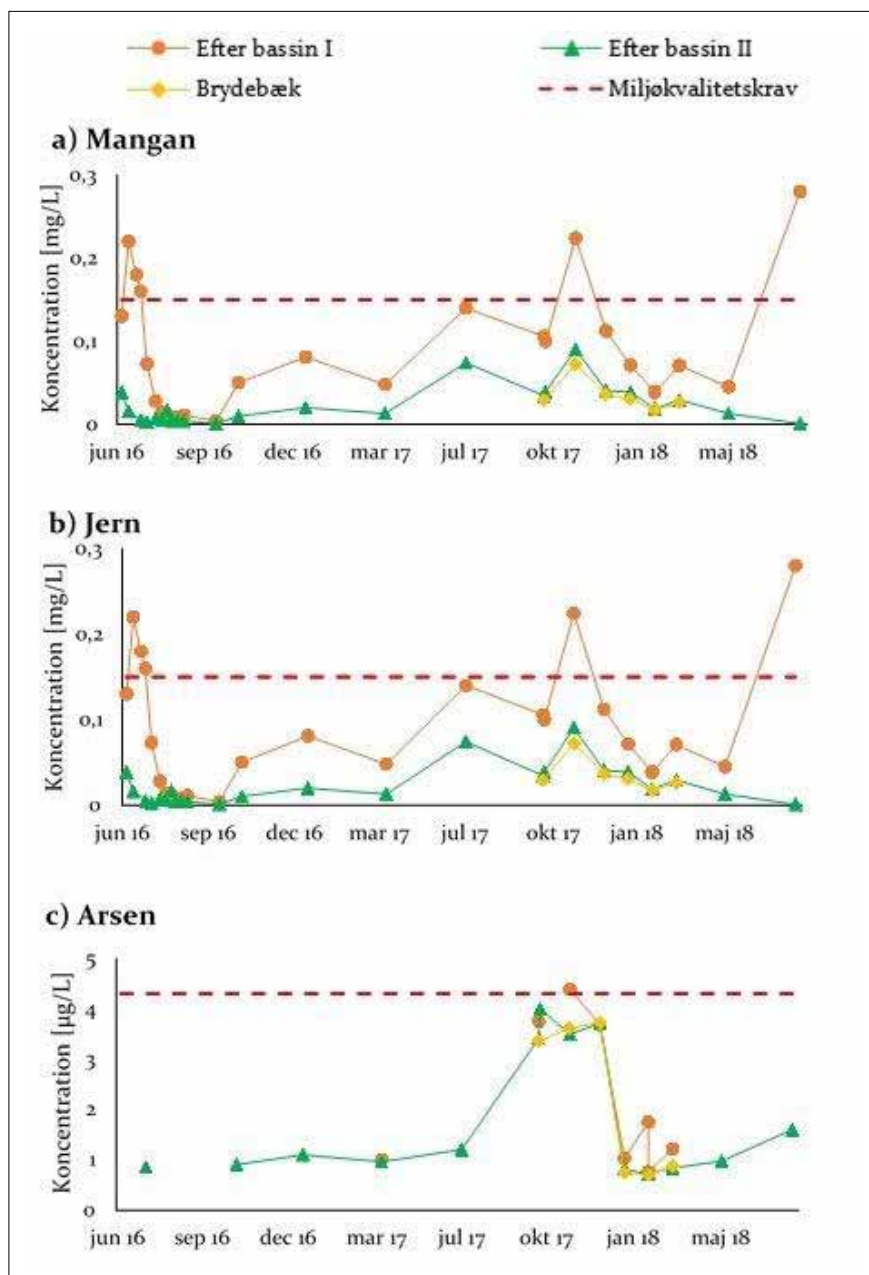
Figur 1: Billeder af udløbet fra rodzoneanlægget til vejgrøften hhv. a) før rodzoneanlægget blev etableret og man tydeligt ser tegn på okkerudfældning (foto: Laust Hvidtfeldt Lorentzen, d. 3/3-16), og b) efter etableringen uden tydelig tegn på okkerudfældning (foto: Jennie Bjerring Madsen, d. 7/3-18).

det oppumpede grundvand kan overskride miljøkvalitetskravene i den recipient, som vandet ledes ud i. Der er derfor som regel et behov for at rense det oppumpede grundvand for opløste reducerede stoffer, og evt. pesticider inden det ledes ud i recipienten. Den

største udfordring er ofte miljøkvalitetskravene for uorganiske stoffer som Fe, Mn og As afhængig af miljømålene for den enkelte recipient. Miljøkvalitetskravene for pesticider er derimod ofte så høje, at der ikke er et rensningsbehov.



Figur 2: Principskitse af oppumpede grundvands vej igennem rodzoneanlægget. Udtagingsstederne for vandprøverne er markeret med en rød stiplede linje og forkortelser.



Figur 3: Udviklingen i Mn, Fe og As koncentrationerne målt i vandet flere steder mens det løbet igennem rodzoneanlægget på Åbovej vist sammen med miljøkvalitetskravene for de tre stoffer angivet med rød stiplede linje. Efter bassin I er orange (AA2, n=26), efter bassin II er grøn (AA3, n=25) og målinger lige inden udløb i recipienten Brydebæk er gul (AA4, n=6). a) Udviklingen i Mn. b) Udviklingen i Fe. c) Udviklingen i As

Strategien med afværgepumpning er i Danmark især anvendt i det åbne land, mens det har været anset som vanskeligt at få den indpasset i byområder. Aarhus Vand A/S har nær to af deres vandværker fundet forurenet grundvand, som stammer fra punktkilder i lokalområdet. For at undgå, at forureningerne spredte sig yderligere til kildepladserne, oppumpes grundvandet opstrøms begge steder og ledes igennem to forskellige typer af afværgeanlæg, hhv. et nyetableret rodzoneanlæg og et eksisterende regnvandsbassin. I et specialeprojekt fra Institut for Geoscience, Aarhus Universitet, er størrelsen og udformningen af afværgeanlæggenes evne til at rense oppumpet forurenet grundvand for As, Mn og Fe undersøgt. Desuden for at skaffe erfaringerne til dimensionering af fremtidige anlæg.

Case 1: Rodzoneanlægget på Åbovej i Harlev

Aarhus Vand A/S udleder forurenet grundvand til Brydebæk (Se fig. 1) fra et afværgeanlæg opstrøms Åbo Kildeplads. Her er der i 2016 etableret et rodzoneanlæg for at sikre, at miljøkvalitetskravene for Mn, Fe og As i oppumpet grundvand overholdes i udlødningsen. Der oppumpes i dag 20 m³ vand/t. Det oppumpede grundvand er forurenet med pesticiderne 4-CPP og BAM, men i koncentrationer under miljøkvalitetskravene. Forureningen stammer fra en gammel losseplads. Ved at pumpe i fanen, er spredningen af forureningen til den nærværende kildeplads nedstrøms mindsket. Rodzoneanlægget består af et Mikrodrops beluftningsanlæg, hvor det forurenede vand bliver iltet, og to bassiner, som er forbundet med en iltningsskanal (se fig. 2). De to bassiner, på hhv. 120 m² og 80 m², er tilplantet med tagrør, som skal fremme infiltration til bundsedimentet, og sikre biologisk omsætning af Fe, Mn og As. Anlægget er anlagt så størstedelen af Fe skal fjernes i bassin I ved oxidering og udfældning, mens at arsen samtidig fjernes ved sorption og bindes til nydannet jernhydroxid. Hovedformålet med bassin II er at fjerne Mn ved mikrobiel/bakteriel fældning.

Pesticidanalyserne viser, at anlægget fjerner i gennemsnit 32 % af alle pesticiderne i det oppumpet grundvand (Se tab. 1), ligesom koncentrationen af Mn og Fe i udløbsvandet fra bassin II, overholder miljøkvalitetskravene på hhv. 0,15 mg Mn/L og 0,20 mg Fe/L (se fig. 3 a og b). As koncentrationen efter rodzoneanlægget er også under kvalitetskravet på 4,3 µg As/L (se fig. 3c). Den største stoffjernelse af Fe sker i bassin I, hvor 98% af indløbskoncentrationen bliver fjernet. Den største mængde af As (64% af indløbskoncentrationen)

nen) bliver også fjernet i bassin I. For Mn bliver der fjernet næsten lige meget i de to anlæg, dog mest i bassin II (81%) (se tab. 1).

Case 2: Regnvandsbassinet ved Moselunden i Malling

I 2015 søgte Aarhus Vand A/S om tilladelse til at udlede 2 m³/t pesticidforurenset grundvand fra en afværgeboring, via et eksisterende regnvandsbassin, til en nærliggende grøft i Malling (se fig. 4). Forureningen stammer fra en vaske-/fyldeplads på en maskinstation øst for kildepladsen. Koncentrationen af Fe, Mn og As i grundvandet overskrider miljøkvalitetskravene for disse stoffer.

Resultaterne viste, at 31% af alle de påviste pesticider kan fjernes i bassinet (se tab. 1). Fe kan fjernes fra vandet så miljøkvalitetskravet overholdes (se fig. 5b), og 90% af indløbskoncentrationen fjernes (se tab. 1). Dog forekommer der perioder i forbindelse med vinter og nedbørsperioder, hvor Fe koncentrationen overskrider kvalitetskravet. For As bliver der i gennemsnit fjernet 32% (se fig. 5c og tab. 1), og for Mn fjernes der i gennemsnit 21% (se fig. 5a og se tab. 1).

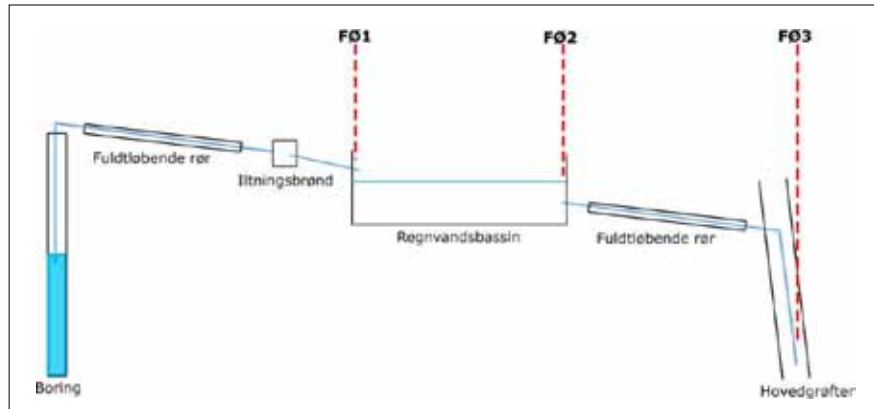
Virker de alternative afværgeanlæg?

Ved at lede forurenset grundvand igennem et vådområde, som et rodzoneanlæg eller et regnvandsbassin, er det velkendt at man fjerner opløste, reducerede stoffer som As, Fe og Mn. Mens Fe kan fjernes alene ved uorganisk kemisk udfældning af jernhydroxider (okker), og As efterfølgende binder sig hertil, er fjernelsen af Mn sværere. Dette kræver biologisk fjernelse med bestemte bakterier //4, 5//. Disse bakterier kræver nogle bestemte leveforhold som f.eks. en iltkoncentration <5 mg/L.

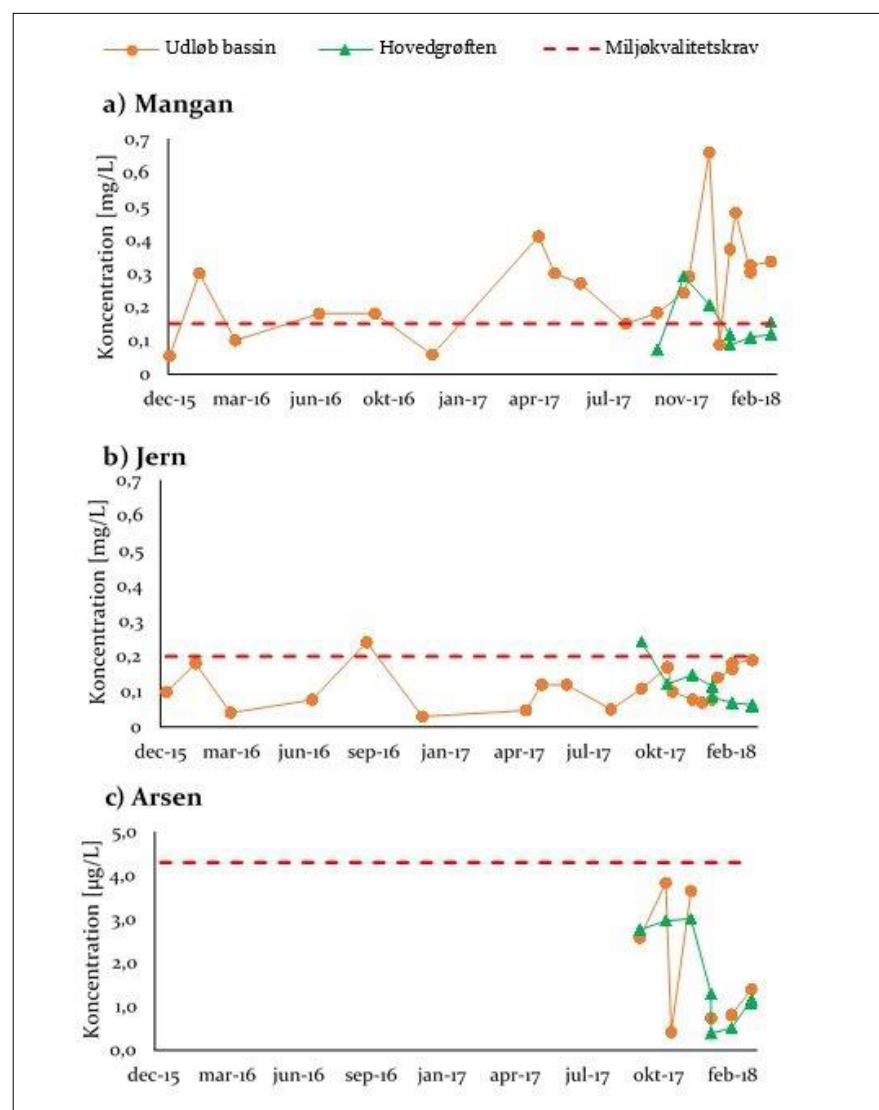
Ud fra resultaterne fra Aarhus Vands to afværgeanlæg tyder det på, at rodzoneanlægget ved Åbo i langt de fleste tilfælde kan nøjes med at bestå af kun ét bassin. Da alle de tre problemstoffer normalt er under deres respektive miljøkvalitetskrav efter bassin I (se fig. 3). Siden anlægget blev taget i brug, har der dog været perioder hvor miljøkvalitets-

Tabel 1: Stoffjernelse i % for bassin I (rodzoneanlægget), bassin II (rodzoneanlægget), hele rodzoneanlægget og hele regnvandsbassinet for Mn, Fe, As og sum af pesticider.

	Mn [%]	Fe [%]	As [%]	Sum af pesticider [%]
Aabo, bassin I (rodzoneanlægget)	81	99	64	9
Aabo, bassin II (rodzoneanlægget)	82	79	19	25
Aabo, hele rodzoneanlægget	96	100	71	32
Malling, hele regnvandsbassinet	21	90	32	31



Figur 4: Principskitse af det oppumpet grundvands vej igennem regnvandsbassinet i Malling. Udtagningsstederne for vandprøverne er angivet med en rød stiplet linje og forklortelser.



Figur 5: Udviklingen i Mn, Fe og As koncentrationerne målt i vandet flere steder mens det løbet igennem regnvandsbassinet ved Moselunden i Malling vist sammen med miljøkvalitetskravene for de tre stoffer angivet med rød stiplede linje. Udløb bassin er orange (FØ2, n=20) og målinger i recipienten Hovedgrøften er grøn (FØ3, n=8) a) Udviklingen i Mn. b) Udviklingen i Fe. c) Udviklingen i As, der er kun udtaget vandprøver i forbindelse med det pågældende specialeprojekt.

Fakta boks

Miljøkvalitetskrav er defineret som den koncentration af et bestemt forurenende stof eller gruppe af forurenende stoffer i van, sediment eller biota, som ikke bør overskrides af hensyn til beskyttelse af menneskers sundhed og miljøet //6//

kravene har været overskredet efter bassin I, fordi vegetationen med tagrør ikke har udviklet sig tilfredsstillende. I disse perioder har bassin II virket som en buffer for bassin I, og dermed sikret, at miljøkvalitetskravet stadig bliver overholdt i udløbsvandet. I april 2018 er der derfor blevet plantet nye tagrør i bassin I. Når vegetationen er fuldt etableret i bassin I, forventes det derfor, at dette anlæg alene er nok til at overholde miljøkvalitetskravene.

Resultaterne fra Malling viser, at et regnvandsbassin, kan bruges som afværgeforanstaltning, men at overholdelse af miljøkvalitetskravene afhænger af koncentrationerne af reducerede, opløste stoffer i det oppumpede grundvand. I langt de fleste tilfælde er miljøkvalitetskravene for Fe og As overholdt, men i perioder overskrider Fe koncentrationen miljøkvalitetskravet ved udløb. Disse overskridelser ses mest i forbindelse med større nedbørshændelser. Baseret på flere faktorer tolker vi, at de forhøjede Fe koncentrationer kan skyldes diffuse tilløb/kilder til både regnvandsbassinet. Endvidere kan overskridelserne skyldes Aarhus Vands oppumpede grundvand. Kilderne kan være flow i makropore i forbindelse med nedbørshændelsen og/eller indløb fra ukendte dykkede drænrør til bassinet. Når der ikke forekommer nogen fortynding med regnvand, har bassinet problemer med at over-

holde udledningskravet for Mn. Disse overskridelser kan skyldes, at Fe-koncentrationen i vandet er for høj til, at Mn kan blive udfældet biologisk. For Fe skal fjernes først helt, før at den mikrobielle aktivitet kan fjerne det opløste Mn. En mulig praktisk løsning til at sænke Fe koncentrationen i bassinet kan være, at etablere et forbassin, så størstedelen af jernet kan udfældes her, før det ledes ind i selve regnvandsbassinet. Et sådan forbassin kan etableres på få m² viser erfaringer fra Åbo, så det burde kunne inkorporeres i et byrum uden af virke skæmmende eller urealistisk. I perioder med meget nedbør er der ikke nogen problemer med Mn overskridelse, da fortyndingen i grundvandet alene er nok til, at miljøkvalitetskravets overholdes. I begge anlæg er det muligt at omsætte pesticider, men det vides dog ikke med sikkerhed, om omsætningen er biologisk eller kemisk. I rodzone-anlægget sker den største stoffjernelse i bassin II. I bassin I er den biologiske omsætning nedsat, grundet de manglende tagrør. Den biologiske omsætning af pesticider er en langsom proces, og er fremmet af lange opholdstider. Planterne søger for at øge opholdstiden, ved at nedsætte vandstrømningen. Regnvandsbassinet i Malling har også evnen til at fjerne pesticiderne.

Perspektiver

Konklusionen på de to undersøgte lokaliteter er, at for at få succes med en afværgeforanstaltning i et eksisterende regnvandsbassin, eller et nyt rodzoneanlæg, skal mangans opførelse i bassinet og indvirkning fra andre overfladevandkilder grundigt gennemtænkes. Men det tyder også på, at man kan integrere sådanne løsninger på små arealer i byrum-

met uden det æstetisk behøves at skabe udfordringer, da rødfarvningen fra okker kan foregå i begrænsede delområder.

Referencer

- //1// Miljøstyrelsen. Vandværker skal teste for flere pesticidrester i drikkevandet. [Online] 2017. [Citeret: 31/5 – 2018.] <http://mst.dk/service/nyheder/nyhedsarkiv/2017/aug/vandvaerker-skal-teste-for-flere-pesticidrester-i-drikkevandet/>
- //2// Jepsen, Emilia Kusk. To vandværker lukket: Endnu et pesticid fundet i drikkevandet. [Online] 2018. [Citeret: 13/6- 2018]. <https://www.dr.dk/nyheder/indland/vandvaerker-lukket-endnu-et-pesticid-fundet-i-drikkevandet>.
- //3// Maribo, Peder & Anderse, 2001. Jordforurening, 2 udgave. Polyteknisk Forlag, 147 sider
- //4// Batty, Lesley, Hooley, Daniel & Younger Paul. 2008. "Iron and manganese removal in wetland treatment systems: rates, processes and implications for management". *Science of the Total Environment*.
- //5// Katsoyiannis, Ioannis A. & Zouboulis, Anastasios I. 2006. "Use of Iron- and Manganese-Oxidizing Bacteria for the Combined Removal of Iron, Manganese and Arsenic from Contaminated Groundwater". *Water Quality Research Journal* 41, 117-129.
- //6// Miljø- og Fødevareministeriet, 2017. Bekendtgørelse om krav til udledning af visse forurenende stoffer til vandløb, søer, overgangsvande, kystvande og havområder.

JENNIE BJERRING MADSEN: Uddannet geolog med speciale i vand. (jennie_madsen@hotmail.com).
SØREN MUNCH KRISTIANSEN: PhD, er Lektor ved Institut for Geoscience, Aarhus Universitet (smk@geo.au.dk).
BO VÆGTER: Cand.scient. Er geolog ved Aarhus Vand A/S (bva@aarhusvand).