

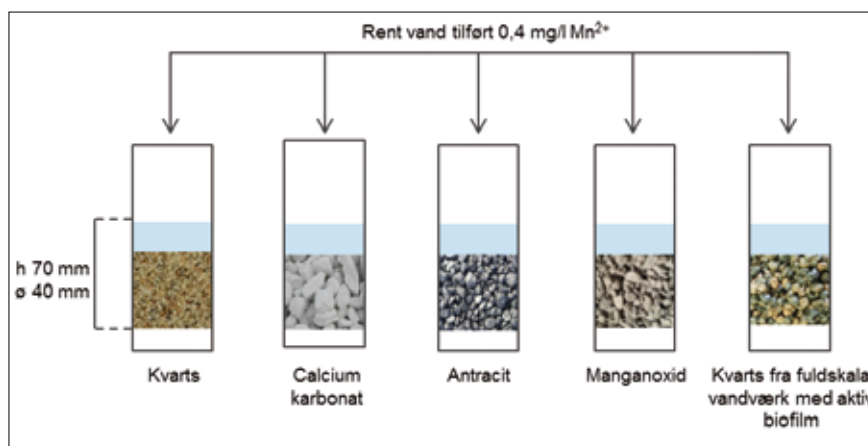
# Effekt af filtermedier på opstart af biofiltre

Gennem de sidste år er et stigende antal alternative filtermedier blevet introduceret i biofiltre til drikkevandsbehandling. Artiklen sammenholder effekten af disse alternative filtermedier på vandbehandling med deres fysiske og kemiske egenskaber. Dette med henblik på i fremtiden at kunne træffe et mere begrundet valg af filtermedie ved opstart af nye biofiltre.

DITTE ANDREASEN SØBORG &  
TORBEN LUND SKOVHUS

Drikkevandsbehandling i Danmark omfatter normalt iltning og filtrering af grundvand for at opnå drikkevand af en god kvalitet, der overholder de gældende myndighedskrav. Under filtreringen fjernes stoffer i vandet såsom jern, mangan og ammonium. De granulære filtre indeholder ofte vasket, tørret og siet kvartssand, selvom andre medier med forskellige karakteristika også har været introduceret. Eksempler på andre anvendte filtermedier inkluderer antracit, calciumkarbonat, manganoxid, brændt flint, brændt ekspanderet ler og aktivt kul.

I opstartsperioden foregår der en række komplekse biologiske og kemiske processer i drikkevandsfiltrene, der er gensidige afhængige. Under opstarten udvikles det nye filtermedie til et fuldt funktionelt biofilter, hvor filterkornene dækkes af uorganiske udfældede stoffer (fx jern- og manganoxider) og en bakteriologisk aktiv biofilm. Effekten af de enkelte filtermedier på vandbehandling afhænger af forskelle i deres permeabilitet, porøsitet, kornstørrelse, -form og overfladeareal, katalytisk egenskab og sorptionsevne /1/. En øget viden og praktisk erfaring med disse egenskaber er nødvendig for at opnå en bedre forståelse for de kemiske og biologiske vandbehandlingsprocesser, der forekommer under opstarten af nye biofiltre /2/.



Figur 1. Forsøgsopsætning af biofiltre i laboratorieskala.  $h$  = højde,  $\varnothing$  = diameter på kolonner.

## Effekt af filtermedier på drikkevandsbehandling

Under opstart af nye biofiltre eller ved udskiftning af filtermedie i et eksisterende filter, overholder vandkvaliteten typisk ikke drikkevandskriterierne. I mange tilfælde vil det behandlede vand derfor ledes til en overfladevandsrecipient. Der er derfor fokus på at optimere opstartsperioden med henblik på at spare vand og energi. Opstartsperioden fra at råvand tilføres nyt filtermedie til et biofilter er fuldt funktionelt tager typisk 1-3 måneder /3/. Længden af opstartsperioden vil afhænge af forskellige parametre som råvandskvalitet, valget af filtermedie og vandflow.

Valget af filtermedie træffes ofte på baggrund af tidligere erfaringer snarere end ud fra en vurdering af et givent filtermedies fysi-

ske og kemiske egenskaber sammenholdt med råvandskvaliteten på den enkelte lokalitet. Effekten af forskellige filtermedier på drikkevandsbehandling har været undersøgt i nyere studier. For eksempel har et studie vist varierende effekt af syv filtermedier på adsorption af nitrat, ammonium, totalt organisk kulstof, aluminium, kobber og fosfor /4/. Et andet studie har vist, at filtermediers overfladeegenskaber påvirker udviklingen af biofilm og bakteriesammensætningen heri /5/.

Forskergruppen for Energi og Miljø ved VIA University College i Horsens har tidligere undersøgt, hvad der skete med vandbehandlingen på Truelsbjerg vandværk i Aarhus under et planlagt iltstop af 5 dages varighed /6/. På Truelsbjerg vandværk foretages vandbehandling ved dobbeltfiltrering. Forfilteret indehol-

der calciumkarbonat mens efterfilteret overvejende indeholder kvartssand samt et lag manganoxid. Det blev observeret, at effekten af iltstoppet varierede for de enkelte stoffer jern, mangan og ammonium. Jern blev fortsat fjernet under drikkevandskriteriet. Derimod var ammoniumfjernelsen afhængig af nitrifikation med ilt som eneste elektronaccepter, og ammonium passerede derfor filterene uændret. Under iltstoppet blev manganoxider på filtermediet i forfilteret mobiliseret, hvilket ledte til højere mangankoncentrationer i vandet, der forlod forfilteret, end i det indkomne råvand. Mangan blev dog delvist fjernet i efterfilteret omtrentligt, hvor filtermediet bestående af manganoxid var placeret. I dette studie blev der således observeret en tydelig effekt af valget af filtermedie. Selvom effekten i dette tilfælde skyldtes kemisk fjernelse af mangan, kan det tænkes, at valget af manganoxid som filtermedie også kan fremme vækst af biofilm indeholdende manganoxiderende bakterier (MnOB).

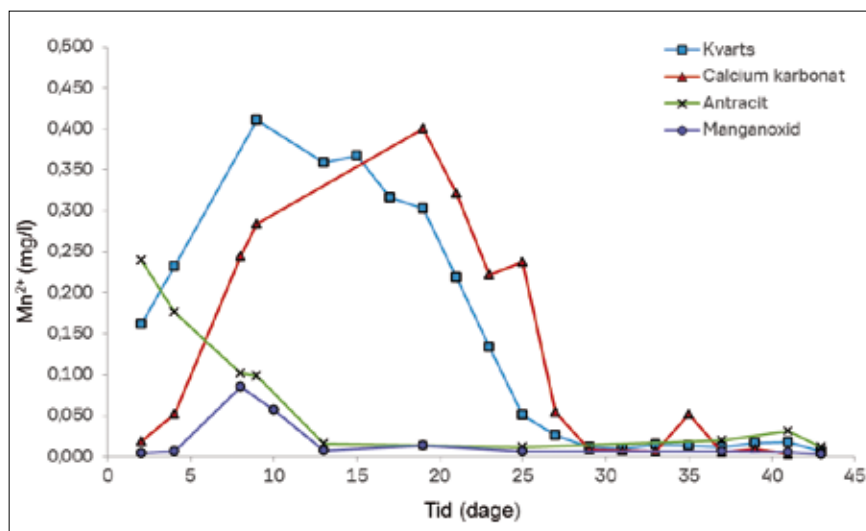
De nævnte studier har vist, hvordan forskellige filtermedier kan have indflydelse på drikkevandsbehandling. Der er dog behov for en endnu større forståelse af sammenhængen mellem filtermediers fysiske og kemiske egenskaber og deres effekt på drikkevandsbehandling, ikke mindst under opstart af biofiltre.

### Succesfuld opstart af biofiltre i laboratorieskala

I dette studie blev effekten af forskellige filtermedier på opstarten af biofiltre undersøgt i laboratorieskala ved 10°C. I alt blev fire filtre hvert indeholdende et enkelt filtermedie sammenlignet (se fig. 1). Filtermediene kvartssand, calciumkarbonat, antracit og manganoxid blev valgt for at repræsentere variationer i filtermediernes densitet, sorptionsevne, katalytiske egenskaber såvel som deres organiske/uorganiske sammensætning. Herudover blev kvartssand fra et fuldskala vandværk med aktiv biofilm inkluderet som en positiv kontrol.

Studiet fokuserede på manganfjernelse og har undersøgt, hvor hurtigt et filter med et givent filtermedie har fjernet mangan under drikkevandskriteriet på 0,05 mg/l [7]. Derudover har studiet sammenlignet fjernelsen af mangan med fysiske og kemiske egenskaber af filtermediet. Filtrene fik udskiftet rent vand tilført 0,4 mg/l reduceret mangan hver 48 timer i en periode på 43 dage. Succesfuld opstart af alle 5 biofiltre blev opnået inden for 30 dage (se fig. 2).

Sorption og kemisk fjernelse af mangan blev indledningsvis observeret for alle filter-



Figur 2. Opstart af biofiltre i laboratorieskala med fokus på manganfjernelse.

medier. Denne fjernelse var tilstrækkelig for laboratoriefiltrene indeholdende antracit og manganoxid, og opstarten varede under 15 dage. For filtermediene kvarts og calciumkarbonat krævedes etablering af en biofilm indeholdende manganoxiderende bakterier for fjernelse af mangan. Det tog op mod 30 dage før koncentrationen af mangan i vandet, der forlod biofiltrene, var under drikkevandskriteriet (se fig. 2). Tilstedeværelse af biofilm i filteret indeholdende kvarts blev bekræftet ved ATP-analyse (et mål for mikroorganismernes samlede aktivitet), hvor en 47 gange højere mængde ATP blev fundet i kvartsmaterialet fra filteret på dag 43 (4846 pg ATP/g kvarts) sammenlignet med dag 0 (108 pg ATP/g kvarts). Det filter, der indeholdt kvarts fra et fuldskala vandværk med aktiv biofilm, fjernede straks mangan (ikke vist på fig. 2).

### Variationer i filtermediers fysiske og kemiske egenskaber

Forskelle i filtermediers kornstørrelse, porøsitet, overfladeareal og andre fysiske og kemiske egenskaber påvirker mediernes evne til at adsorbere og tilbageholde udfældede stoffer i vandet. Yderligere vil variationer i disse egenskaber give forskellige forudsætninger for mikrobiel vækst og udvikling af biofilm på filtermediet [5]. Filtermediernes egenskaber forventes derfor at have betydning for opstart af nye biofiltre såvel som for den efterfølgende vandbehandling.

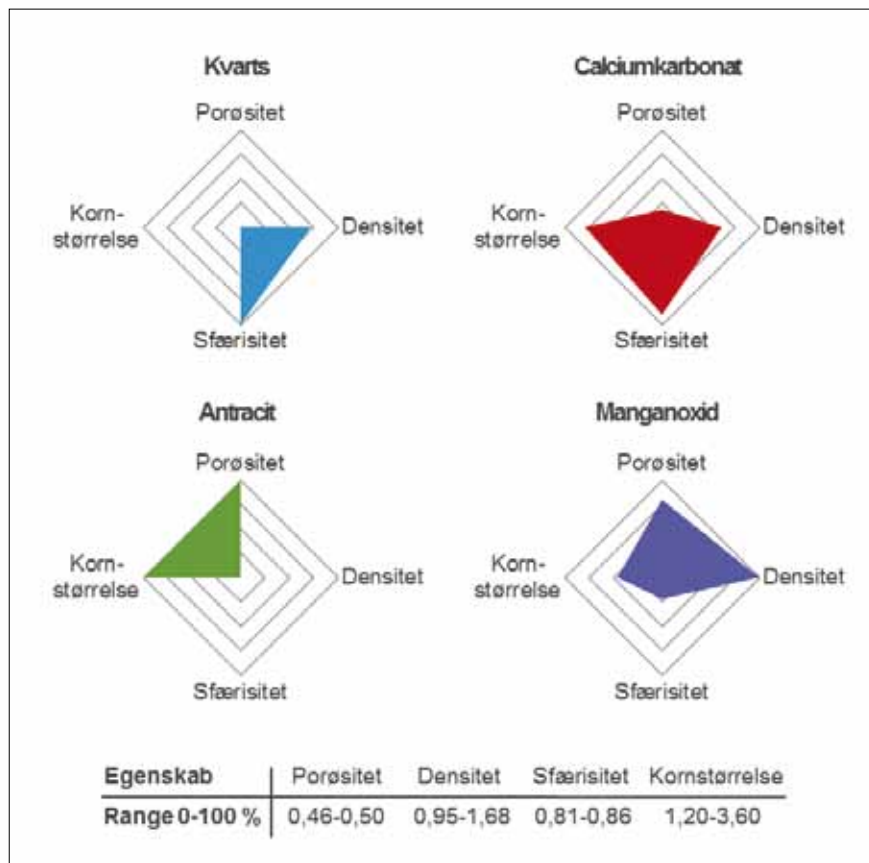
I dette studie blev filtermediers porøsitet og densitet bestemt ved gravimetrisk analyse mens kornstørrelse og form blev analyseret ved dynamisk billedanalyse (Camsizer@64, Retsch Technology GmbH). Der blev fundet store forskelle mellem de enkelte filtermediers fysiske egenskaber (se fig. 3).

For antracit og manganoxid blev der fundet

en høj porøsitet og lav sfærisitet (rundhed) sammenlignet med kvarts og calciumkarbonat. Af andre forskelle kan det nævnes, at antracit havde en lav densitet, og at kvarts havde en lille kornstørrelse sammenlignet med de resterende filtermedier. Det formodes, at robuste filtermedier med høj porøsitet og lav densitet kan fremme den fysiske fjernelse af udfældede stoffer i vandet. Det var yderligere forventet, at filtermediet bestående af manganoxid kunne katalysere oxidation af opløst mangan i vandet til udfældet mangan, hvilket kan være med til at forklare den umiddelbare fjernelse af mangan i laboratoriefilteret indeholdende dette filtermedie (se fig. 2). Herudover kan der opstilles den hypotese, at forskelle i filtermediers frigivelse af næringsstoffer, udformning i forhold til vedhæftelse af mikroorganismer og overfladeareal kan have en indflydelse på biofilmdannelsen under opstart af nye biofiltre. For eksempel kunne det formodes, at antracit, som blev fundet til at have den højeste porøsitet og laveste sfærisitet, kan have en fordel for vedhæftning af mikroorganismer sammenlignet med de andre filtermedier. Der er dog endnu meget begrænset viden på dette område, men det er et fokusområde i den videre forskning for Forskergruppen for Energi og Miljø ved VIA University College i Horsens. I dette studie blev det ikke afgjort, hvorvidt et specifikt filtermedie var fordelagtigt for vedhæftning af bakterier og udvikling af biofilm, eller hvorvidt et specifikt filtermedie kan øge væksten af særlige bakteriegrupper i biofilmen. Dette vil fremtidige studier vise.

### Succesfuld opstart af biofiltre med "batchvis" tilførsel af vand

Et yderligere udbytte af dette studie var, at succesfuld opstart af laboratoriefiltrene blev



Figur 3: Diagram over fysiske egenskaber af filtermedierne kvarts, calciumkarbonat, antracit og manganoxid.

opnået inden for en måned med batchvis tilførsel af vand. Den batchvise tilførsel af vand, står i kontrast til det kontinuerte, lave vandflow, der normalvis anvendes under opstart af biofiltre. Idéen bag den batchvise tilførsel af vand er, at den lange kontaktid mellem mikroorganismer i vandet og filterkornene vil skabe gode forhold for vedhæftning af mikroorganismene og dermed udviklingen af biofilm. Den batchvise tilførsel af vand vil derfor muligvis kunne lede til en kortere opstartsperiode. Derudover vil en batchvis tilførsel af vand kunne spare både vand og energi i opstartsperioden. Yderligere studier kræves for at dokumentere potentialet for en batchvis tilførsel af vand under opstart af biofiltre til drikkevandsbehandling.

### Sammenfatning

Resultaterne af dette studie har vist en succesfuld opstart af laboratorieskala biofiltre til manganfjernelse med fire forskellige filtermedier samt en positiv kontrol ved brug af en batchvis tilførsel af vand. Opstartsperiodens varighed var under en måned for alle fire filtre, hvilket indikerer et potentiale for den batchvise tilførsel af vand i fuldskala. Studiet har vist at sorption og kemisk fjernelse af mangan er betydelige egenskaber for filtermedierne manganoxid og antracit. Herudover har studiet tydeliggjort betydningen af biofilmdannelse indeholdende manganoxiderende bakterier for fjernelse af mangan for filtermedierne kvarts og calciumkarbonat. Yderligere analyser af filtermediers evne til vedhæftning

af mikroorganismer, vækst af relevante bakteriegrupper og udvikling af biofilm over tid forventes i fremtiden at kunne skabe grundlaget for et begrundet valg af filtermedie ved opstart af nye biofiltre på danske såvel som udenlandske vandværker.

### Referencer

- /1/ Tekerlekopoulou, A.G., Pavlou, S. og Vayenas, D.V. 2013: Removal of ammonium, iron and manganese from portable water in biofiltration units: a review. *J Chem Technol Biotechnol* 88, 751-773.
- /2/ Proctor, C.R. og Hammes, F. 2015: Drinking water microbiology - from measurement to management. *Curr Opin Biotechnol* 33(0), 87-94.
- /3/ Štembal, T., Markic, M., Briški, F. og Sipos, L. 2004: Rapid start-up of biofilters for removal of ammonium, iron and manganese from ground water. *J Water Supply Res T* 53(7), 509-518.
- /4/ Grace, M., Healy, M. og Clifford, E. 2015: Use of industrial by-products and natural media to adsorb nutrients, metals and organic carbon from drinking water. *Sci Total Environ* 518-519, 491-497.
- /5/ Zhang, H., Zhang, K., Jin, H., Gu, L. og Yu, X. 2015: Variations in dissolved organic nitrogen concentration in biofilters with different media during drinking water treatment. *Chemosphere* 139, 652-658.
- /6/ Søborg, D.A., Breda, I.L. og Ramsay, L. 2015: Effect of oxygen deprivation on treatment processes in a full-scale drinking water biofilter. *WST: Water Supply* 15(4), 825-833.
- /7/ BEK 292. 2014: Statute on water quality and supervision of water supply systems. Danish Ministry of the Environment. March 26, 2014.

Dr. DITTE A. SØBORG, MSc Eng. (bioteknologi), ph.d. (molekylær mikrobiologi). Molekylærbiolog, Vejle Sygehus 2013. Har arbejdet med vandbehandling fra 2014 ved Forskergruppen for Energi og Miljø, VIA University College, Horsens. [dans@via.dk](mailto:dans@via.dk)

Dr. TORBEN LUND SKOVHUS, cand.scient (biologi), ph.d. (mikrobiologi). Teknologisk Institut 2005. Det Norske Veritas (DNV GL) 2013. Forsker fra 2014 inden for industriel mikrobiologi og biokorrosion ved Forskergruppen for Energi og Miljø, VIA University College, Horsens. [tols@via.dk](mailto:tols@via.dk)