

Nyere metoder for vannrensning

Av Hallvard Ødegaard

Hallvard Ødegaard er dosent ved Institutt for vassbygging, NTH og gruppeleder ved SINTEF's Avd. for teknisk kjemi. Han er siv.ing. NTH, 1969 og dr.ing. NTH, 1975.

Innledning

Det foreliggende emnet er så stort at det vil være umulig å gi en uttømmende oversikt i dette korte innlegget. Jeg vil derfor holde meg til drikkevannsrensning, og herunder også til fjerning av humus i drikkevann — et område som Vannrensegruppa SINTEF/NTH har engasjert seg sterkt i løpet av de seneste år.

Bakgrunnen for en øket forskningsinnsats de senere år, vedrørende behandlingsmetoder for fjerning av humus i drikkevann, er det faktum at meget store deler av norsk vannforsyning baseres på humuspregede vanntyper.

Det er av flere årsaker ønskelig å fjerne humus i vann til forsyning for husholdninger og industri. I henhold til Sunnhetsloven skal drikkevann være «klart, uten fremtredende lukt, smak eller farge». Humusvann er gulbrunt, og kan ha myraktig lukt og smak, og tilfredsstillende altså ikke Sunnhetslovens målsetting. Humus i vann gir også andre ulemper i form av øket korrosjon og metallutløsning i transportsystemene.

I tillegg til bruksmessige ulemper, vil høyt humusinnhold i vann også indirekte gi helsemessige ulemper, dels i form av øket metallinnhold og dels fordi det i

humusvann som kloreres dannes klorerte organiske forbindelser (trihalometaner, f.eks. kloroform) som er potensielle karsinogener.

På bakgrunn av disse forhold, bør det være en klar målsetting å holde et lavt humusinnhold i drikkevann. Dette er da også nedfelt i Statens Institutt for Folkehelse (SIFF) sine vannkvalitetsnormer (SIFF 1975). Siden humusinnholdet er godt korrelert til fargen og innholdet av organisk stoff i vann, har SIFF satt krav til at norsk drikkevann skal ha et fargetall på mindre enn 15 mg Pt/l, og et permanenttall på mindre enn 15 mg KMnO_4 /l. For det tilfellet at vannet fullrenses er kravet satt til 5 mg Pt/l (10 mg KMnO_4 /l) for å sikre at vannbehandlingsanlegget drives optimalt.

Målsettingen med humusfjerningsanleggene er å skaffe et bruksmessig godt og fremfor alt et helsemessig betryggende drikkevann. Forsøk ved NTH /1/ har dessuten vist at man med den kloreringspraksis som følges i Norge (svakklorering), vil man, dersom SIFF's krav til fargetall overholdes, ikke få dannet konsentrasjoner av totale trihalometaner (TTHM) som er så høye at de kan ansees som helseskadelige ($< 50 \mu\text{g TTHM}$).

Nå er situasjonen her i landet den at vi har en rekke vannforsyningsanlegg som ikke tilfredsstillende SIFF's krav til humus-

innhold. Vi har ca. 35 humusfjerningsanlegg, mens det er anslått at vi burde hatt ca. 300, dersom SIFF's krav ble lagt til grunn /2/.

Vi må derfor forvente en betydelig utbygging av slike anlegg i de kommende år, og det er derfor nødvendig å bygge opp teknisk kompetanse på dette feltet nå. Det er nødvendig å studere alternativer til den tradisjonelle humusfjerningsmetoden, fullrensing. Dette er særlig viktig siden mange av de norske anlegg vil være små og ha en, bortsett fra humusinnholdet, tilfredsstillende vannkvalitet. For formålet kan den tradisjonelle metoden for små anlegg gi en uakseptabel høy vannpris. Ved å studere alternative prosessløsninger, vil det være mulig å analysere og anbefale optimal prosess for en gitt situasjon.

Det er på denne bakgrunn at en meget omfattende forskningsinnsats når det gjelder metoder for fjerning av humus har funnet sted her i landet i løpet av de fem siste år.

Det er primært i to forskningsmiljøer at denne forskningen har foregått, nemlig ved:

- Norsk Institutt for Vannforskning
- Vannrensegruppa, SINTEF/NTH.

I dette resyméet skal kort oppsummeres de prosjekter som har blitt gjennomført i løpet av de fem siste år. Det blir her ikke diskutert noen resultater, men hovedkonklusjoner nevnes kort. Vedlagt er også en referanseliste som kan være til hjelp ved fordypning i emnet.

PROSJEKTER VED NIVA

— Fjerning av humus ved H_2O_2 — tilsetning og UV-bestråling. /3/

Metoden baseres på oksydasjon av humus. Oksydasjonsgraden av peroksydtilsettingen økes ved UV-bestrålingen fordi

dette øker dannelsen av svært reaktive, intermediære oksydasjonsprodukter. Man har funnet at akseptabel fargereduksjon betinger tilsats av 0,2—0,4 ml 35% H_2O_2 /l og en oppholdstid på ca. 10 min. i UV-reaktoren. Den relativt sett, lange oppholdstiden som er nødvendig, medfører imidlertid uakseptabelt høye behandlingskostnader. En eventuell videreutvikling av prinsippet synes å forutsette bruk av mer energirike bestrålskilder for å få kostnaden ned.

— Fjerning av humus ved elektrokoagulering.

Prinsipielt baserer denne metoden seg på den tradisjonelle prosess for humusfjerning, nemlig koagulering. Det er imidlertid tre spesielle forhold forbundet med metoden, nemlig:

- a) Doseringen av aluminium baseres på elektrolyse med aluminiumelektroder som anode.
- b) Separasjon av utfelt slam baseres på flotasjon på grunnlag av den gassdannelse som skjer ved elektrolysen.
- c) Både dosering, utfelling og grovseparasjon av utfelt slam skjer i den samme enhet slik at anlegget for dette formål blir relativt sett lite og kompakt.

Forskningsarbeidet har til nå vært konsentrert om det prosessmessige grunnlag for doseringen. En optimalisering av utformingen av enheten spesielt med hensyn til flotasjonsprosessen og strømtilkoblingen er under utarbeidelse.

PROSJEKTER VED VANNRESEGRUPPA, SINTEF/NTH

— Koagulering av humus

Den tradisjonelle metoden for å fjerne humus, består i hovedtrekk av to trinn,

nemlig koagulering (utfelling) av humus og separasjon av utfelt materiale. I praksis er imidlertid de to trinn i høy grad avhengige av hverandre. Vannrensegruppa SINTEF/NTH har gjennomført flere studier av selve koaguleringsprosessen /5/ /6/, /7/, /8/, /9/, /10/ m.h.p.

- Optimalisering av fellings-pH og -dose ved aluminiumsulfatfelling
- Innflytelse av vannets temperatur
- Bruk av prepolymeriserte aluminiumsforbindelser
- Bruk av syntetiske, organiske flokkuleringsmidler (polymerer)
- Bruk av naturlige, organiske flokkuleringsmidler (alginater)
- Bruk av uorganiske flokkuleringsmidler (aktivert silika).

Hovedkonklusjonen av de ulike studier av koaguleringsprosessen er at humus koagulerer lett, men at optimalisering av prosessen i høy grad er avhengig både av råvannsvariable, prosessvariable og av slamseparasjonsmetoden slik at optimalisering av prosessen bør gjøres i hvert enkelt tilfelle ved forsøksdrift før anlegget prosjekteres.

— Direktefiltrering

Direktefiltrering er en separasjonsprosess hvor utfelt humus separeres direkte i filter uten foregående flokkulering og grovseparasjon. Vannrensegruppa gjennomfører et omfattende prosjekt, /7/, /8/, /9/, /10/, dels basert på et dr.ing.-arbeid og dels på et VAR-utvalg finansiert prosjekt vedrørende optimalisering av prosessen m.h.p.:

- Filter-design (nedstrøms, oppstrøms, en-media, to-media osv.)
- Behovet for flokkulering
- Hydraulisk belastning (filterhastighet).

Hovedkonklusjonen kan sies å være at direktefiltrering er en velegnet prosess for fjerning av humusvann med lav turbiditet. Optimalisering av prosessen forutsetter bruk av flokkuleringsmidler og bruk av dybdefiltre, mens det ikke er grunnlag for å fremheve en filteringsretning (oppstrøms kontra nedstrøms) som mer velegnet for prosessen enn en annen.

— Omvendt osmose

I form av et dr.ing.-arbeide /11/ er de grunnleggende forutsetninger for humusfjerning ved omvendt osmose blitt studert. Dette er videreført i et større pilotprosjekt /12/ hvor de mer praktiske forhold ved metoden er forsøkt avklart som:

- Krav til forbehandling
- Langtidstabiliteten som en følge av beleggdannelse på membranene samt levetid for membranene
- Vasking av membranene
- Praktisk renseeffektivitet.

Hovedkonklusjonen kan foreløpig sies å være at renseeffektiviteten kan gjøres så god som man ønsker den. I tillegg til humus er effektiviteten overfor partikler (inkl. bakterier og virus) over 0.01 μm , 100 %. Kostnadene forbundet med prosessen vil være avgjørende for prosessens brukbarhet.

— Ionebyttning

Humus er stort sett negativt ladete molekylar som lar seg utbytte mot anioner (OH^- , Cl^-) i makroporøse anionebyttere som regenereres kjemisk. Dels i form av et dr.ing.-arbeid /13/ og dels i etterfølgende NTNF-prosjekter /14/ har metoden blitt studert m.h.t.:

- Humusfjerningsevne
- Kapasitet både m.h.t. humusbelastning og hydraulisk belastning
- Råvannsvariable (turbiditet, pH, temperatur)
- Regenerering
- Optimalisering av design.

Hovedkonklusjonen kan sies å være at ionebytting er svært interessant, spesielt ved råvann med relativt sett lave fargetall og lav turbiditet. Metoden ligger til rette for høy grad av automatisering.

— Ozonering av humusvann

Det er blitt gjennomført forsøk /15/, /16/, /17/, /18/ for å beskrive bleknings-effekten av humus ved hjelp av ozon for å beskrive effekten som funksjon av:

- Ozondose
- Oppholdstid i kontaktkolonnen
- Innflytelsen av råvannsvariable (humusinnhold, pH osv.).

Forsøkene er gjort med to ulike typer av ozongeneratorer, nemlig basert på h.h.v.:

- a) Høyspent elektrostatisk utladning i tørket luft
- b) Photokjemisk ozonproduksjon ved UV-bestråling.

Hovedkonklusjonene kan foreløpig sies å være at man kan oppnå en betydelig blekningseffekt (50—70% fargereduksjon avhengig av råvannskvalitet), men at metoden i liten grad innebærer en fjerning av totalt organisk karbon. Metoden er

meget enkel og kan sannsynligvis benyttes som eneste behandlingsmetode for mindre vannverk, men bør betraktes som en forbehandlingsmetode ved større vannverk.

— Humusfjerning ved adsorpsjon på aktivkull

Det er tidligere gjennomført forsøk med direkte adsorpsjon av humusvann på aktivt kull basert på studier av adsorpsjonsisotermer og gjennombruddsskruver /19/. Vi har nå (i form av ett dr.ing.-arbeid) satt igang studier av adsorpsjon av humus på aktivt kull etter ozonering som forbehandling.

Bakgrunnen for prosjektet er at direkte adsorpsjon av humus på aktivt kull krever lang kontakttid. Adsorpsjonskapasiteten overfor humus er relativt lav p.g.a. blokkeringseffekten (store humusmolekyler blokkerer for tilgjengelig adsorpsjonsareal i mikroporene).

Ved forozonering vil humusmoleklene nedbrytes til mer lavmolekylære forbindelser som lettere diffunderer inn i poresystemet slik at adsorpsjonskapasiteten bedres.

FREMTIDIG FORSKNINGSINNSATS

Som det fremgår av det foregående har man med hensikt prøvet å skaffe seg grunnlag for forståelse av de fleste metoder for humusfjerning. De fleste forsøk har imidlertid blitt utført i laboratorie- og pilot-skala. Det man nå behøver er erfaringer fra forsøk i noe større skala som kan danne grunnlag for en teknisk/økonomisk sammenligning mellom metodene.

REFERANSER

- /1/ Schou, Liv: «Dannelse av trihalometaner ved klorering av humusvann» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa SINTEF/NTH, 1982.
Schou, Liv: «Organiske mikroforurensninger i vann». Dr.ing.-avhandl. Institutt for vassbygging, NTH, 1982.
- /2/ Gjessing, E. og andre: «Vannforsyning i Norge». Forsknings og utredningsbehov. Utgitt av NTNf, Oslo 1979.
- /3/ Berglind, L. og Gjessing, E.: «Fjerning av humus ved H₂O₂-tilsetning og UV-bestråling «VA-rapport 10/81, NIVA, Oslo, 1981.
- /4/ Vik, Eilen Arctander: «Elektrokoagulering for humusfjerning» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa, SINTEF/NTH, 1982.
Vik, Eilen Arctander: «Treatment of Portable Water Containing Humus by Electrolytic Addition of Aluminium». PhD-thesis, Univ. of Washington, 1982.
- /5/ Svendsen, O.: «Temperaturens innflytelse på koagulering av drikkevann». Hovedoppgave, Inst. for vassbygg, NTH, 1979.
- /6/ Lauvvang, T. E.: «Polymerisert aluminiumsklorid som koaguleringsmiddel for humus». Hovedoppgave, Institutt for vassbygg, NTH, 1979.
- /7/ Eikebrokk, B.: «Koagulering/Direktefiltrering for fjerning av humus fra drikkevann» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa, SINTEF/NTH, 1982.
Eikebrokk, B.: «Koagulering/Direktefiltrering for fjerning av humus i drikkevann». Dr.ing.-avhandl. Institutt for vassbygg, NTH, 1982.
- /8/ Schram, E.: «En sammenligning mellom direktefiltrering og konvensjonelt oppbygget fullrenseanlegg». Hovedoppgave, Institutt for vassbygg, NTH, 1981.
- // Pettersen, T.: «Direktefiltrering i oppstrømsfilter». Hovedoppgave. Institutt for vassbygg, NTH, 1982.
- /10/ Eikebrokk, B.: «Oppstrøms direktefiltrering for fjerning av humus fra drikkevann». NTNf-VAR-utvalget. Rapport 6/84.
- /11/ Ødegaard, H. and Koottatep, S.: «Removal of Humic Substances from Natural Waters by Reverse Osmosis». Water Research Vol. 16 pp. 613—620, 1982.
Koottatep, S.: «Removal of Humic Substances from Natural Waters by Reverse Osmosis». Dr.ing.-avhandl. Institutt for vassbygg, NTH, 1979.
- /12/ Thorsen, T.: «Omvendt osmose for humusfjerning» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa, SINTEF/NTH, 1982.
Thorsen, T.: «Fjerning av humus ved omvendt osmose. — Erfaringer fra pilot forsøk i Orkanger». SINTEF-rapport under trykking, SINTEF, 1983.
- /13/ Halle, O.: «Ionebytting for humusfjerning» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa, SINTEF/NTH, 1982.
Halle, O.: «Fjerning av humus i drikkevann ved ionebytting». Dr.ing.-avhandl., Institutt for vassbygg, NTH, 1983.
- /14/ Brattebø, H.: «Regenerering og prosessoptimalisering ved ionebytting for humusfjerning». SINTEF-rapport under arbeid.
- /15/ Edvardsen, A.: «Kjemisk oksydasjon og desinfeksjon ved U.V.-indusert ozon». Hovedoppgave, Institutt for vassbygg, NTH, 1981.
- /16/ Kotheim, B.: «Fargereduksjon av humusvann ved oksydasjon med ozon». Hovedoppgave, Institutt for vassbygg, NTH, 1982.
- /17/ Fløgstad, H.: «Ozonbehandling av drikkevann. Litteraturoversikt og praktiske forsøk». SINTEF-rapport STF 21 H 83013, SINTEF, 1983.
- /18/ Munthe-Kaas, E.: «Behandling av humusvann ved ozonering». Hovedoppgave, Institutt for vassbygg, NTH, 1983.
- /19/ Halmø, T. og Kaastrup, E.: «Adsorpsjon av humus på aktivkull» i *Humus i drikkevann*. Utgitt av Vannrensegruppa, SINTEF/NTH, 1982.