

Laboratorieforsøk for fjerning av humus med ionebytter

Av Erik Bergan og Jan Aug. Myhrstad

Bergan er ansatt ved Statens Institutt for Folkehelse.
Myhrstad er ansatt i Rådgivende Ingeniørfirma, Sivilingeniør
Elliot Strømme A/S.

INNLEDNING

I tidligere artikler har vi diskutert bruken av aktivt karbon ved behandling av drikkevann generelt og spesielt for fjerning av humus (1, 2).

Både Halle (3) og Bergan (4) har omtalt ionebytting som en mulig metode for fjerning av humus.

I andre land har ionebytting av små mengder humus vært benyttet når det stilles spesielle krav til lavt innhold av organisk stoff.

Ionebytteranlegg brukes vanligvis for avherding. Flere slike anlegg er i bruk her til lands. Vanligvis er anleggene små. Så vidt vites er det bare ett større vannverk som avherder vannet, nemlig Narud Vannverk i Ringsaker kommune (installert kapasitet 3.600 m³/d).

Ionebytteranlegg for fjerning av humus i vann er ikke i ordinær drift her i landet. Utover tidligere referanser er det publisert lite om dette emnet i Norge.

Ved Statens Institutt for Folkehelse (5) ble det i 1985 gjort et overslag over kostnader forbundet med fjerning av humus, basert på felling og filtrering (fullrensing). Kostnadsoverslaget bekreftet tidligere antakelser om at billigere metoder for fjerning av humus kan gi vesentlige besparelser i investeringskostnadene på

landsbasis. En nærmere undersøkelse av slike metoder er derfor interessant.

Foreliggende artikkel omhandler humusfjerning med ionebytter. Vi beskriver hvordan laboratorieforsøk kan avklare om ionebytting i tilstrekkelig grad reduserer innholdet av humus i vann.

FORSØKSOPPLEGG

For å få grunnlag for nærmere planlegging av forsøket, ble først kontakttidens innflytelse på humusreduksjonen undersøkt. Dernest ble adsorpsjonskapasiteten bestemt og beskrevet ved hjelp av adsorpsjonsisotermer.

En eventuell innflytelse av vannets pH-verdi og temperatur på humusfjerning og enkelte forhold ved regenereringen av ionebyttermassen ble undersøkt, før det ble utført kolonneforsøk.

Arbeidet ble basert på en sterk alkalisk og makroporøs ionebyttermasse (resin) med handelsbetegnelsen Lewatit MP 500 A. Denne hadde tidligere vist seg egnet for humusfjerning. Lewatit MP 500 A er et kuleformet polystyrolmateriale med kvartært ammonium som funksjonell gruppe. Utbytterionene er OH⁻ og Cl⁻. Disse ionene byttes ut med negativt ladede humusmolekyler i henhold til ligning 1.



HU: Humusmolekyler

R: Ionebyttermasse

Ved regenerering av ionebyttermassen tilføres OH^- og Cl^- i overskudd, og likevekten i ligningen forskyves mot venstre. Derved blir ionebyttermassen så og si fornyet.

Lewatit MP 500 A har en innvendig poreflate på ca. $500 \text{ m}^2/\text{g}$. Kornstørrelsen er fra 0,3 til 1,5 mm, med effektiv størrelse på 0,45 mm. Egenvekten tørrlagret og med 55–60% fuktighet varierer mellom 660 og $720 \text{ kg}/\text{m}^3$, og materialelegenevnen i smeltet tilstand er $1,06 \text{ kg}/\text{l}$.

Forsøket ble utført på ialt fire forskjellige vannkvaliteter med forskjellig råvannsfarge:

Langlivann	20 mg Pt/l
Aurevann	38 »
Store Skiren fortynnet	
1:1 med Maridalsvann	75 »
Store Skiren	150 »

Vannets fargetall er brukt som uttrykk for innholdet av humus. Det er utført analyser av forsøksvannet for å godtgjøre at fargetallet er proporsjonalt med humusinnholdet og ikke influert av jern, mangan og turbiditet. Fargetallet er bestemt i henhold til NS 4722, metode A.

I ett av forsøkene ble det funnet hensiktsmessig å bruke UV-absorpsjon som mål på organisk stoff i vannet.

Ett forsøk ble utført ved lav temperatur (+ 1°C) for å studere reaksjonshastigheten ved slike betingelser. For øvrig ble forsøkene utført ved romtemperatur (+ 20°C).

KONTAKTTID

Like store råvannsprøver (200 ml) ble tilsatt samme mengder resin. Vannprøvene ble ristet slik at resinene ble holdt i suspensjon i løpet av kontakttiden, som ble variert. Temperaturen var 20°C . Resultatene fremgår av kurvene i figur 1, som alle viser et asymptotisk forløp. Allerede etter en kontakttid på ca. 1 minutt er fargereduksjonen halvparten av det som oppnås etter 10 minutter. En forlenget kontakttid har relativt mindre effekt på fargereduksjonen.

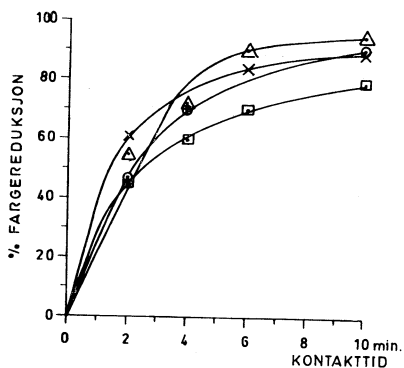


FIG. 1. FARGEREDUKSJON VED FORSKJELLIG KONTAKTTID.

×—×	LANGLIVANN	$C_0 = 20 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{Pt}$
Δ—Δ	AUREVANN	38
o—o	50/50 ST. SKIREN OG MARIDALSVANN	75
□—□	ST. SKIREN	150

ADSORPSJONSISOTERMER

Adsorpsjonskapasiteten for ialt fem forskjellige vannkvaliteter er bestemt ved romtemperatur, og resultatene er fremstilt grafisk i figur 2.

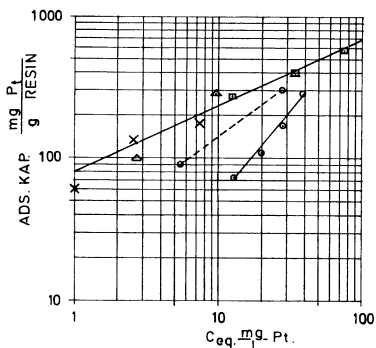
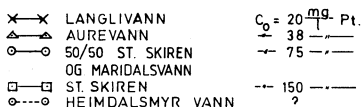


FIG. 2. ADSORPSJONSISOTERMER FOR FORSKJELLIGE VANNTYPER.



Forsøket ble gjort ved å tilsette forskjellige mengder resin til 200 ml vannprøver. Prøvene ble ristet i 24 timer. Dette er den praktiske grense hvormed man regner med å ha oppnådd metning.

For tre av vanntypene synes adsorpsjonskapasiteten å følge noenlunde samme mønster i forhold til likevektskonsentrasjonen, mens adsorpsjonskapasiteten for to vann typer viste både annet forløp og lavere verdier. Isotermkurver som vist i fig. 2, egner seg først og fremst til kvalitetssammenligninger.

Figur 2 viser at samme resinmateriale kan ha forskjellig effekt på forskjellige vann typer. Figur 3 viser at det kan være en sesongmessig variasjon i adsorpsjonskapasiteten på humus fra samme vannkilde. Vannprøver tatt i løpet av ett år fra et vassdrag i Oslo-området viser for «vårhumusen» en adsorpsjonskapasitet på ca. 43% av adsorpsjonskapasiteten for «sommerhumusen». Årsaken til at humus fra forskjellige vannkilder og årstider kan gi

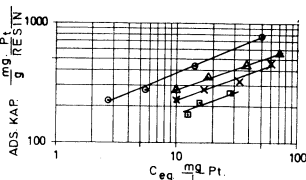
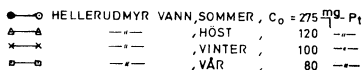


FIG. 3. ADSORPSJONSISOTERMER FOR SAMME VANN TYPE TIL ULIKE ÅRSTIDER



forskjellige adsorpsjonsegenskaper, blir ikke diskutert i denne artikkel.

pH-AVHENGIGHET

Forsøk viser at fargereduksjonen er relativt lite følsom overfor variasjoner i vannets pH-verdi. I tabell 1 er fargereduksjonen gjengitt for den delen av pH-skalaen som dekker norske vannkilder. Som det fremgår av tabellen, har pH-verdien ingen praktisk betydning for fargereduksjonen. Årsaken til dette er ikke søkt klarlagt.

pH-verdi	4	5	6	7	8
% Farge-reduksjon	86	82	86	86	88

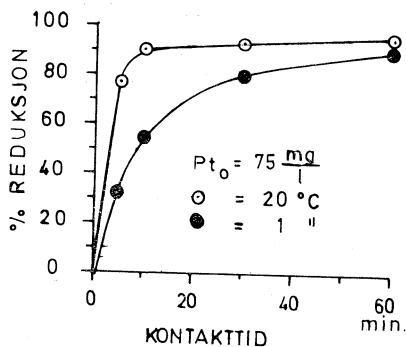
Tabell 1.

Fargereduksjonen ved forskjellige pH-verdier på vannet.

TEMPERATURAVHENGIGHET

Det ble gjort forsøk på måling av adsorpsjonshastigheten ved +1°C. Dette er en ikke uvanlig råvannstemperatur om vinteren i enkelte vassdrag.

Adsorpsjonshastigheten ved +1°C er vist i figur 4 og sammenlignet med adsorpsjonshastigheten for samme vannkvalitet ved romtemperatur (20°C).



Figur 4.

Fargereduksjon ved forskjellig kontakttid og temperatur.

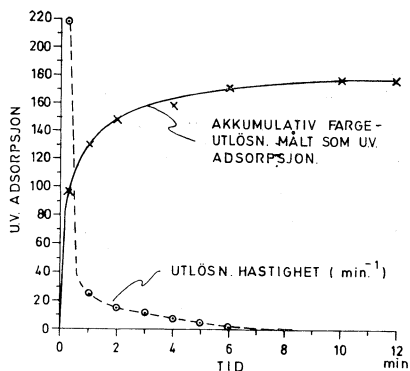
Som det fremgår av kurvene i figur 4, viser lavtemperaturkurven en sterk forsinkelse på adsorpsjonshastigheten i startfasen. Dette er for så vidt ikke uventet, og det viser at nødvendig kontakttid om vinteren er mye lenger enn om sommeren hvis man krever samme fargereduksjon.

REGENERERING

Regenereringshastigheten er vist i figur 5. Regenereringsvæsken består av 10% NaCl og 2% NaOH i blanding. Det er hevdet (3) at det er tilstrekkelig å regenerere med et væskevolum som er det tredobbelte av resinvolument og med en kontakttid på ca. 1 t ved filterregenerering. Det er videre hevdet at regenereringsvæsken kan brukes 8—10 ganger (3).

Regenereringen vist i figur 5 er foretatt ved romtemperatur (20°C) og risteforsøk med mindre resinvolument, og kurvene gir derfor et bedre uttrykk for absolutt regenereringstid, enn det man får ved kolonne-regenerering.

At regenereringen ifølge kurvene i figur 5 skjer mer eller mindre momentant, kan



Figur 5. Regenerering.

tyde på at den vesentligste humusmengden adsorberes til utvendig kuleoverflate.

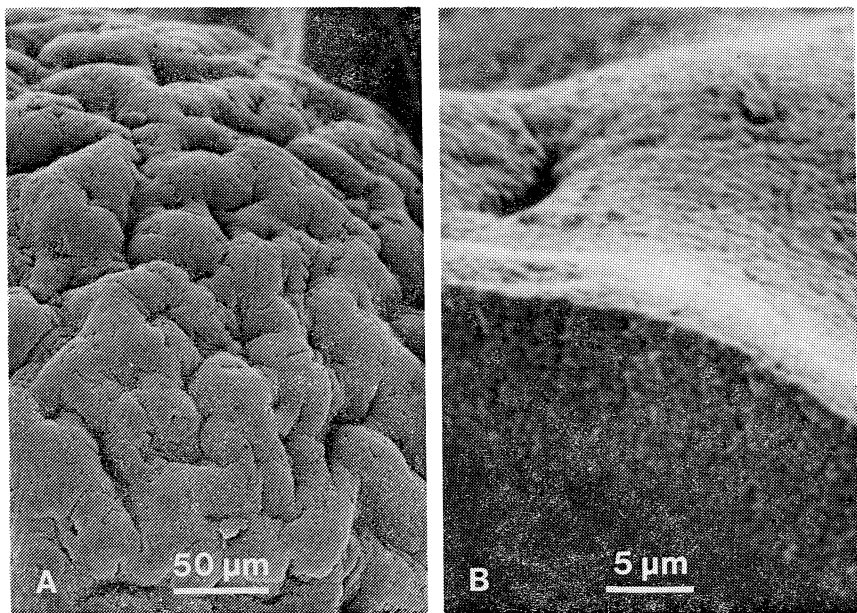
For å avklare dette nærmere ble resin-kuler studert i elektronmikroskop (figur 6). Det ble tatt fotografier av overflaten (A) og snittflaten (B) på humusmettet resin-kule. Bilde A viser at overflaten er dekket av humusmateriale, og dette synes å bekrefte indikasjonene på overflateadsorpsjon nevnt ovenfor. Fotografiene er tatt ved Metodologisk avdeling på SIFF.

KOLONNEFORSØK

En blanding av ca. 5 deler vann fra St. Skiren og 4,4 deler Maridalsvann ble kjørt gjennom en filterkolonne ved 20°C. Forsøksoppstilling og resultater er vist i figur 7. Det ble tatt «kontinuerlige» prøver fra ialt 4 snitt gjennom kolonnen som vist i figur 7.

Kolonnen ble belastet med en inngangskonsentrasjon på 100 mgPt/l og med en fødehastighet på 0,375 ml/sek.

Som det fremgår av kurveforløpet i snitt IV, utgjør renseeffekten til å begynne med 90%, og den synker jevnt med belastningen etter uttrykket



Figur 6. Elektronmikroskopisk bilde av resinkule (A overflate, B snittflate).

(2) $C = 8 + 0,11 Q$
der:

C er fargetall i mgPt/l
Q er vannmengde i l.

Etter gjennomstrømning av 160 l vann er utløpskonsentrasjonen på 25 mgPt/l. Dette gir en syklustid på 5 d.

Setter vi grensen for fargetallet til $C = 15$ mgPt/l, produseres det ifølge ovenfor nevnte uttrykk i alt 64 l, hvilket gir en syklustid på ca. 2 døgn for hver regenerering.

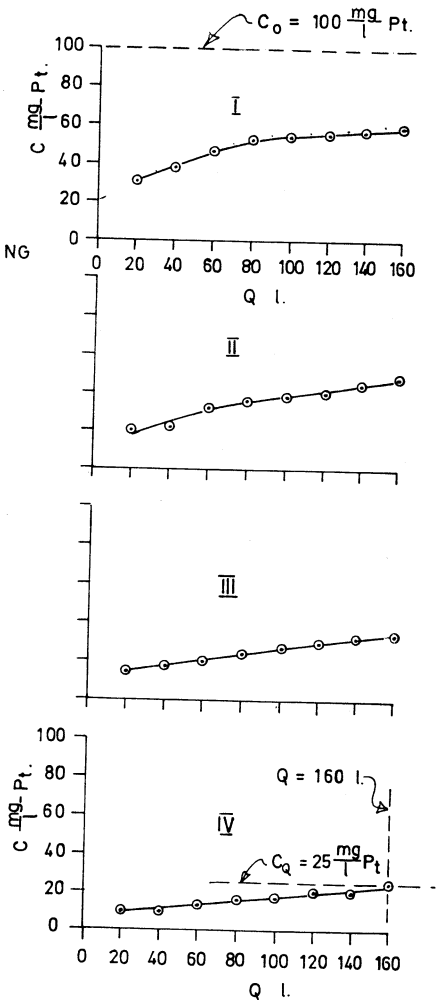
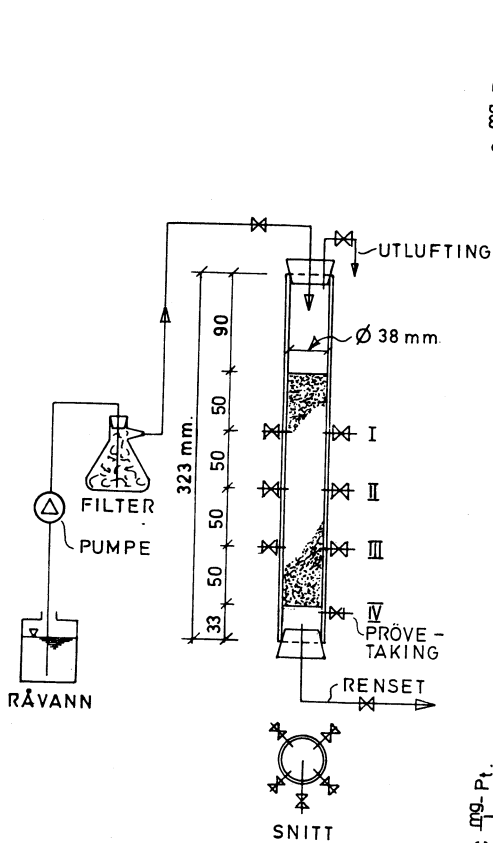
Ved en fargetallsgrense på 15 mgPt/l, vil det være tilstrekkelig å lage en ny porasjon med regenereringsløsning 1 gang hver 14. dag hvis løsningen kan brukes 8—10 ganger. Ved lavere råvannsfarge enn det

som ble benyttet ved forsøket i figur 7 (kolonneforsøket), vil driftsbetingelsene bli tilsvarende forbedret.

Adsorbent mengde humus i det øvre 5 cm sjikt, (figur 7) kan beregnes til ca. 720 mg Pt/g resin tørrvekt. Dette betyr at øvre sjikt nærmer seg metningsområdet, kfr. figur 2.

KONKLUSJON

Det synes som om ionebytteranlegg kan bli et aktuelt alternativ til andre metoder for humusfjerning. Dimensjoneringen bør baseres på forsøk med aktuell vanntype under de mest ugunstige forhold, både med hensyn til belastning og reaksjonshastighet. Det samme gjelder for humusadsorpsjon på aktivt karbon (2).



Figur 7. Opplegg for kolonneforsøk i laboratoriemålestokk, og resultatene av kolonneforsøk (vannets fargetall som funksjon av filtrert vannmengde i fire snitt i filteret).

Ønsker man samme fargereduksjon om vinteren som om sommeren, indikerer figur 4 at nødvendig kontakttid kan komme helt opp i 1 t om vinteren. Hvis det for eksempel bare kreves 80% fargereduksjon, kan det være tilstrekkelig med 30 min.

Den relativt lange kontakttiden i filtermediet medfører at ionebytting for humusfjerning har sin største aktualitet for relativt små vannverk.

Et ionebytteranlegg bør vanligvis utstyres med forfilter.

REFERANSER

- (1) Bergan, E. og Myhrstad, J. A., Bruk av aktivt karbon i drikkevannsbehandlingen, VANN, nr. 2, 1980.
- (2) Bergan, E. og Myhrstad, J. A., Laboratorieforsøk for fjerning av humus med aktivt karbon, VANN, nr. 2, 1985.
- (3) Halle, O., Ioneytting for humusfjerning, VANN, nr. 4, 1982.
- (4) Bergan, E., Reduksjon av vannets fargetall ved små vannverk — Behov og muligheter, VANN, nr. 1, 1984.
- (5) Bergan, E., Analyse av humussituasjonen i kildene til norske vannverk større enn 100 personer, med kostnadsanalyse for humusfjerning. Fylkes- og landsoversikt. Statens Institutt for Folkehelse, 1985.

CHK utfører oppdrag innenfor områdene:

- **Vann**
- **Avløp**
- **Renovasjon**
- **Prosessteknikk**
- **Energiteknikk**
- **Byggeteknikk**
- **Geoprosjektering**



SIVILINGENIØR

CARL-H KNUDSEN A/S

RÅDGIVENDE INGENIØRER MNIF MRIF

Drammen — Fagernes — Stjørdal — Sundsvall