

Anvendelse av membranteknikk i drikkevannsbehandling

Av Erik Bergan og Thor Thorsen

Erik Bergan er ansatt ved Statens institutt for folkehelse og Thor Thorsen er ansatt ved SINTEF.

HISTORIE

Membranteknikk har i noen år vært omtalt som en mulig metode for drikkevannsrensing. Hittil er ikke metoden tatt i permanent bruk i full skala i offentlig drikkevannsforsyning, unntatt i et anlegg for avsalting av sjøvann på Træna i Nordland. Artikkelen tar ikke opp avsalting av sjøvann, men gir en oversikt over anleggstyper som kan erstatte tradisjonelle metoder forrensing av vanlige råvannskvaliteter i Norge. Mye tyder på at metoden i dag, i motsetning til for 4—5 år siden, kan være direkte økonomisk fordelaktig i forhold til tradisjonelle rensemetoder.

PRINSIPPET FOR MEMBRANFILTRERING

Ved SINTEF og Institutt for vassbygging ved NTH i Trondheim har det vært arbeidet i flere år med utvikling av metoder for membranfiltrering for kommunal vannforsyning. Prinsippet for metoden er vist ved flyteskjema i fig. 1.

Med begrepet membranteknikk forstås vi tverrstrøms filtrering gjennom en porøs film, vanligvis polymertype. Råvann pumpes langs

membranoverflaten samtidig somrensing skjer ved at trykket presser vann gjennom membranen. Avhengig av kravet til renseeffekt kan en velge membraner med ulike porediametre.

Aktuelle porediametre kan variere fra 0.0004 til 10 μm . Porene i en bestemt membran kan ha varierende diameter innenfor ca. en dekode, men kan også være meget ensartet ($\pm 10\%$). Stort sett fjernes alle «partikler» som er større enn porediameteren. For de aller tetteste membranene spiller imidlertid kje-

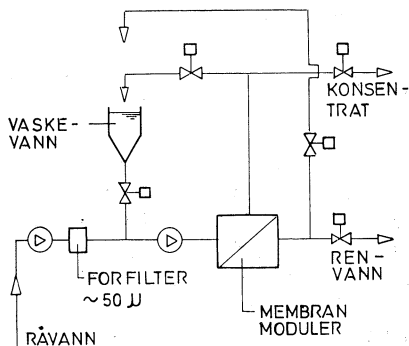


FIG 1
PRINSIPPSKISSE AV ET
MEMBRANFILTERANLEGG

miske forhold en viss rolle, og for de mest åpne, vil strømningskrefter samt et sekundært belegg som dannes utenpå membranen, gi bedre rensing enn porediameteren skulle tilsi. Membranteknikk er derfor fundamentalt forskjellig fra tradisjonelle rensemetoder.

KLASSIFISERING

Ulike porediameterer gir ulik renseseffekt, driftstrykk og kostnad. I det følgende brukes disse betegnelsene:

- * Omvendt osmose:
Porer $< 0,0008 \mu\text{m}$,
driftstrykk 10—25 bar
- * Nanofiltrering:
Porer $0,0008\text{—}0,0015 \mu\text{m}$,
driftstrykk 6—12 bar
- * Ultrafiltrering:
Porer $0,0015\text{—}0,05 \mu\text{m}$,
driftstrykk 2—7 bar
- * Mikrofiltrering:
Porer $0,05\text{—}10 \mu\text{m}$,
driftstrykk 1—5 bar.

Ved vurdering av kostnadene for membranfiltrering, er det viktig at en vurderer kostnadene ved en riktig prosjektering for det aktuelle tilfellet. Tidligere har prisene som er framkommet ofte ikke vært riktige, enten fordi membranen ikke har vært optimal, eller fordi man har valgt materialer og komponenter som var beregnet for andre anvendelser/områder som f.eks. innenfor næringsmiddelindustrien eller for avsalting av sjøvann/brakkvann.

TEKNISK UTFORMING

Anleggene bygges stort sett opp av pumper, ventiler, tanker, rør, styringssystem samt membranmoduler, se fig. 1. Disse modulene kalles gjerne trykkrør og inneholder membranene. Byggevolumet er litt mindre enn for direktefellingsanlegg ved små vannverk, mens forholdet for store anlegg er omvendt. Men forskjellen er ikke stor.

Anleggene er stort sett mer fleksible sammenlignet med tradisjonelle fellingsanlegg, og kan derved lettere innpasses i eksisterende bygninger, f.eks. silhus. Dette skyldes at det ikke inngår store enkeltheter i anlegget, slik som for eksempel bassenger eller filtertanker. De enkelte enheter forbindes hydraulisk med vanlige rør og armatur i egnet trykk-klasse.

Kapasiteten er stort sett konstant. Normalt vil en imidlertid benytte et driftstrykk godt under det maksimale. Da kapasiteten er proporsjonal med trykket, kan en øke kapasiteten i en periode ved å sette opp trykket, for eksempel 20—30%. Et membranlegg bør plasseres mellom kilden og et reservoar, f.eks. et høydebasseng.

Som det framgår av fig 1 inngår det et vaske-system i anlegget som trer automatisk i bruk en til syv ganger pr. uke, alt etter behov. Behovet er igjen avhengig av råvannskvaliteten.

Under drift tilsettes ingen kjemikalier. Det er heller ingen pH-elektroder eller annen form for sensor-avhengig prosesskontroll. Den eneste form for justering som kan bli nød-

vendig er justering av frekvensen for membranvask. Vaskehyppighe- ten bør normalt være størst i perio- den mai—august.

Start og stopp av anlegget bør styres av nivåvakter i høydebasseng eller en tank nedstrøms.

RENSEEFFEKT

Figur 2 viser en sammenligning av effekter mellom membraner av forskjellige poreåpninger fra tradi- sjonelle silanlegg (minimumsbe- handlinganlegg) og ned til poreåp- ninger for omvendt osmose, versus effekter ved tradisjonell felling.

For løst organisk stoff (1) synes likeverdig effekt mellom tradisjonell felling og membranfiltrering å ligge i området for ultra-/nanofiltrering.

For farge derimot synes det nød- vendig å ligge i nanofilterområdet for å få likeverdig effekt med tra- disjonell felling. For turbiditet synes mikrofiltreringen å gi likeverdige resultater, eventuelt bedre enn tra- disjonell felling.

Når det gjelder diaréfremkallende virus antas ultrafiltrering (0.025 μm) å gi 100% effekt, mens man ikke kjenner til hvilken effekt tradisjo- nell felling uten desinfisering har på virus.

Angående Coli bakterier, har vi 100% effekt ved mikrofiltrering (0.6 μm).

Vedrørende Giardia Lamblia som er en meget ubehagelig (inntil døde- lighet) protozo som er vanlig i deler av amerikansk vannforsyning og i Leningradområdet i Europa, men som ennå ikke er påvist i norsk drikkevannsforsyning, så fjernes

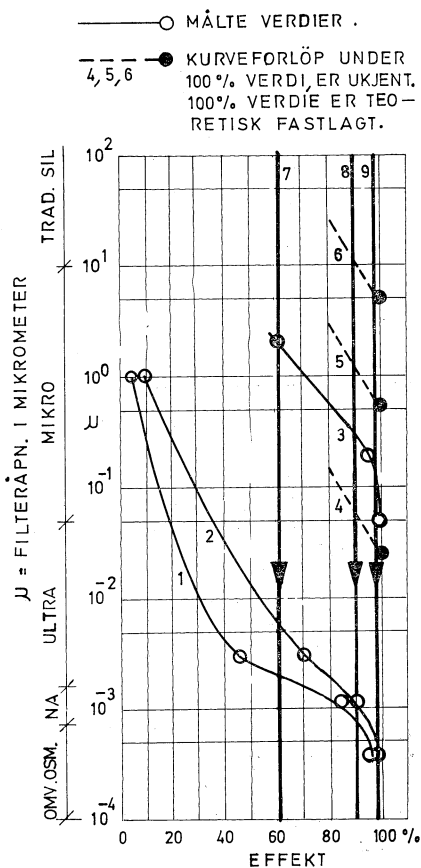


FIG. 2
 SAMMENLIGNBARE EFFEKTER
 MELLOM MEMBRANFILTRERING OG
 TRADISJONELL FELLING BASERT
 PÅ 6 FORSKJELLIGE PARAMETRE

- KURVE 1 LØST ORG. STOFF (KMnO_4)
 2 FARGE
 3 TURBIDITET
 4 VIRUS, DIARE (>99.9%)
 5 COLI (>99.9%)
 6 CYSTER G.L. (>99.9%)
 7 TRAD. FELLING M.H.T. KMnO_4
 8 TRAD. FELLING M.H.T. FARGE,
 TURBIDITET OG VIRUS.
 9 TRAD. FELLING M.H.T. COLI
 OG CYSTER G.L.

RENSEMETODE	MEMBRANFILTER 00011 - 00015 JJ		MEMBRANFILTER 02 - 06 JJ		SAKTE - SANDFILTER		DIATOMFILTER	FLOKKULERING + FILTRERING	HURTIGFILTER
	~ 90	> 95	> 90	0	NYTT	MODENT			
					< 10	14			
HUMUS	~ 90	> 95	> 90	0	< 10	14	0	~90	0
TURB	~ 90	> 95	> 90	0	3,4	14	0	79	20
E. COLI	100	100	100	90	99,99	28	28	95,12	35
CYSTER G.L.	100	100	100	99	100	99,9	99,9	98,96	61
REFERANSE	SINTEF	SIFF	EPA MAI 85 600/52 - 85/026	EPA SEPT 84 600/52. 84-114	EPA SEPT 85 600/52 - 85/027				

FIG. 3
PROSENTVIS EFFEKT FOR
ULIKE RENSEMETODER OVER -
FOR FARGE OG PARTIKULÆRT
MATERIALE

(X) TEORETISK FORVENTEDE
RESULTATER

cystene av protozoen 100% ved mikrofiltrering (5 µm). Det kan nevnes at protozoen ikke tas 100% ved tradisjonell felling og desinfisering.

Videre har vi i fig. 3 vist en tabell som angir sammenlignbare effekter mellom to dimensjoner på membraner og ulike andre, men tradisjonelle rensesmetoder.

Som det framgår av fig. 3 synes membranteknikken å ligge på pluss-siden m.h.t. partikulært materiale som turbiditet, coli og Cyster G. L., mens den for farge er konkurrerbar med tradisjonell felling når man kommer ned i området for nano-filtrering.

Forøvrig har membranteknikken den egenskap at renseseffekten er konstant og upåvirket av råvannskvalitet og temperatur. Angående effekter kan det nevnes et spesielt forhold, nemlig at de tetteste membranene (omvendt osmose) vil fjerne noen av de oppløste mineralene i råvannet, herunder kalkforbindelser. Dette er ikke alltid ønsket idet norske råvann generelt er mineralfattige. En bør derfor ikke velge en tettere membran enn nødvendig. En membran med porer på 0,001 µm, vil fjerne ca. 50% av kalsium og 20% av klorid. Metaller som er bundet til humus fjernes minst like så effektivt som humus.

KOSTNADER

Driftstrykket kan variere fra 1 til 25 bar, høyest for det tetteste membranene. Dette betyr at ulike membraner gir ulik dimensjonering av anlegget, hvilket igjen gir seg utslag i kostnadsnivået. De kostnadene som er presentert i figur 4 og angår membranfiltrering, er basert på optimaliserte anlegg for drikkevannrensing, tenkt produsert i Norge. Bortsett fra membranmodulene benyttes vanlige «hyllevarer» som er velkjent i VVS-bransjen. Kostnadene innbefatter bygninger, og er beregnet etter de samme faktorer for alle typer anlegg.

Når det gjelder kostnadskurver for fellingsanlegg og tradisjonelle silanlegg, vist i fig. 4, så er disse basert på norske erfaringsdata.

Kostnadene er basert på årlige drifts- og vedlikeholdskostnader og kapitaliserte investeringskostnader,

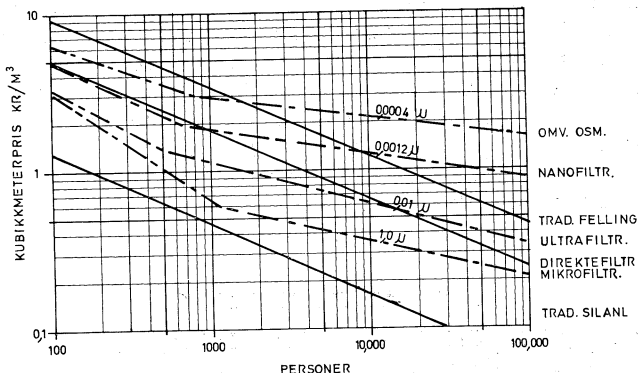


FIG 4 KOSTNADER FOR VANNBEHANDLING VED MEMBRANFILTRERING (SILING) OG FELLINGS-ANLEGG

samt et teoretisk vannforbruk på 400 l/p-d.

Generelt synes kostnadskurvene å vise at membranfiltrering kan bli økonomisk sett gunstigere enn tradisjonell felling for anlegg under ca. 2000 til 8000 p.

Videre synest membranfiltrering å være konkurrerbar sammenlignet med direktefellingsanlegg opp til anlegg på 1000 p for nanofiltreringsanlegg, eller mer for anlegg med større poreåpning enn nanofiltrering.

DRIFT

Driften av membranlegg er i utgangspunktet meget enkel. Det skal tilsettes vaskemiddelkonsentrat med 2 til 4 ukers mellomrom. Journal bør føres. Eventuelle problemer med økende belegg på membranen ytrer seg ved redusert kapasitet. Kapasiteten bør derfor journalføres og vurderes. Problemer med belegg kan løses ved økende vaskefrekvens eller ved å benytte alternativt vaskemiddel av og til.

Membranene vil ved riktig bruk holde i minst 3 år, vanligvis mer enn 5 år. Skifte av membraner går raskt.

Forøvrig vil bemanning medgå til generelt vedlikehold og renhold, og vil for denne del være sammenlignbar med direktefellingsanlegg.

KONKLUSJON

Tiden synes å være inne for at membranfiltreringsmetoden med fordel kan introduseres i norske renseanlegg for vannforsyning på kommunsiden.

Membranlegg har vært på markedet i mange år innen industri og avsalting av sjøvann. Kostnadsriktige og vel konstruerte anlegg basert på ferskvann innen offentlige drikkevannsforsyning har hittil ikke vært bygget i Norge, bortsett fra anlegg på forsøksbasis. Planlegging av norskproduserte anlegg er igang. Et fullskala-anlegg planlegges startet opp på humusvann i Trøndelag tidlig i 1989.

Et seminar angående membranfiltrering vil bli holdt i 2. kvartal 1989 i Trondheim. Her vil fakta om ytelse, konstruksjon, drift og kostnader bli lagt fram. Omvisning på full-skala-anlegget vil bli lagt inn i programmet. Seminaret tar sikte på å tilføre kompetanse til konsulenter,

kommuneansatte og andre som arbeider med vannbehandling. Det vil bli lagt vekt på å få fram beregningsunderlag og kunnskap om kostnad, ytelse og drift. En veiledning vil bli utarbeidet før seminaret.

LITTERATURHENVISNING::

1. Bergan, E. og Wiik, J.: Behov for enklere driftsopplegg ved vannbehandlingsanlegg for humusfjerning. VANN 4/86.
2. Koottatep, S.: Removal of humic substances from natural waters by reverse osmosis. Dr.ing. studium. Institutt for vassbygging, NTH, 1979.
3. Thorsen, T.: Drikkevannsrensing ved omvendt osmose. Langtidsforsøk nov./des. 1980. Foreløpige resultater.
4. Thorsen, T.: Drikkevannsrensing ved omvendt osmose. — Hovedrapport. Program for VAR-teknikk. Rapport 16/84.
5. Ødegaard, H. og Thorsen, T.: Removal of humic substances by membrane processes. Am. Ch. Soc., Denver 1987.
6. Bilstad, T., Gamman, S. og Wiik, J.: Dynamisk mikrofilter for Tolga Vannforsyning A/L. VANN 3/88.