

# Desinfeksjon av drikkevann — indikatororganismer

Av Vidar Lund

Vidar Lund er ansatt som forsker ved avd. for vannhygiene, SIFF. Han er cand.real. fra Universitetet i Oslo.

*Innlegg på Norsk Vannforenings og Drikkevannsutvalgets konferanse om drikkevannsforskning 2.—3. nov. 1987.*

## 1. Hensikten med bruk av indikatororganismer i bakteriologisk-hygienisk undersøkelse av drikkevann er:

Å få en indikasjon på om vannet er tilført avføring fra varmlodige dyr, noe som kan bety at vannet inneholder sykdomsfremkallende bakterier, virus eller parasitter.

## 2. Hvilke krav bør man så stille til en ideell indikator?

Nedenfor er det gjengitt en liste over de krav en indikator bør oppfylle for å kunne anvendes under alle forhold (McFeters et al. 1978). Det finnes ingen indikatororganisme som oppfyller alle disse ønskene, slik at valg av indikatororganisme vil være basert på en helhetsvurdering utifra hvilke krav man anser som essensielle å få oppfylt.

## 3. Aktuelle indikatororganismer for drikkevann:

- Koliforme bakterier (KB)
- Termotolerante koliforme bakterier (TKB)

— Fekale streptokokker (FS) — er benyttet i flere 10-år som et supplement til KB og TKB. Forholdstallet TKB/FS kan si noe om forurensningen stammer fra dyr eller mennesker (Geldreich & Kenner 1969).

— Sulfittreducerende klostridier — Danner sporer og er derfor motstandsdyktige mot desinfeksjon.

Kan være et viktig supplement til KB og TKB i desinfistrt vann og vann som kan inneholde toksiske produkter (avløpsvann) (Hellesnes 1979).

— Bifidobacter — er følsom for miljøfaktorer i vann. Tilstedeværelse av disse bakteriene viser at forurensningen stammer fra mennesker (kloakk).

— Bacteriophage (Kolifager) — har vært foreslått benyttet som indikator for virusforekomst.

## 4. Benyttede desinfeksjonsmidler for drikkevann:

### 4.1 Klor (Herunder Hypokloritt, Kloramin og Klordioksid)

Angriper cellemembranen. Transporteres over denne, og reagerer med bakteriecellens enzymesystem. På virus virker klor antagelig annerledes. En teori sier at klor angriper både proteinkappen og

KRAV TIL EN IDEELL INDIKATORORGANISME :

1. INDIKATORORGANISMEN MÅ ALLTID VÆRE TILSTEDE I FECES.
2. INDIKATORORG. ENESTE RESERVOAR MÅ VÆRE TARMINNHold.
3. EN INDIKATOR MÅ KUNNE BENYTTES I ALLE VANNTYPER
4. INDIKATOREN MÅ VÆRE TILSTEDE I LIKT ELLER STØRRE ANTALL ENN PATOGENENE I ALLE TILFELLER HVOR SISTNEVNTE FOREKOMMER.
5. FOREKOMSTEN AV INDIKATOREN MÅ IKKE ØKE SIGNIFIKANT NÅR DET IKKE FORELIGGER EN REELL HELSERISIKO, OG DEN MÅ IKKE KUNNE FORMERE SEG I VANN.
6. INDIKATORORGANISMEN MÅ HA STØRRE TOLERANSE OVERFOR FYSIOLOGISK STRESS I AKVATISK MILJØ, SAMT OVERFOR VIRKNING AV DESINFEKSJONSMIDLER. INDIKATOREN MÅ DERFOR HA BEDRE OVERLEVELSESEVNE ENN PATOGENENE I UBEHANDLET OG DESINFISERT VANN.
7. INDIKATORREAKSJONEN ELLER TESTDATAENE MÅ VÆRE SPESIFIKKE OG STABILE FOR DEN BENYTTETE INDIKATORORGANISMEN.
8. INDIKATORPROSEDYREN MÅ VÆRE RELATIVT ENKEL, RASK OG BILLIG Å UTFØRE.
9. INDIKATORORGANISMEN MÅ VÆRE USKADELIG (APATOGEN) FOR MENNESKER UNDER NORMALE FORHOLD.
10. INDIKATOREN ELLER TESTEN BØR VÆRE PROPORSJONAL MED DEN AKTUELLE HELSERISIKO.

nukleinsyren (arveanleggene) direkte, mens andre teorier går ut på at bare proteinet blir denaturert, og at viruset dermed mister evnen til å penetrere (trenge gjennom) cellevegger (Krogh 1979).

4.2 UV er en fysisk prosess, hvor fotoner absorberes av nukleinsyren i cellene. Denne absorberte energien produserer kjemiske og fysiske forandringer av cellekjernen, slik at cellen inaktiveres.

Den desinfiserende effekten påvirkes lite av temperaturen.

4.3 Ozon — har stort sett samme bactericide virkning som klor, men hastighetsbegrensningen for desinfeksjonen er den kjemiske reaksjonen med celle-materialet, i motsetning til klor hvor hastighetsbegrensningen ligger i transport av klor over cellemembranen (Krogh 1979).

**Tabell 1 Faktorer som påvirker bakterieoverlevelsen i vann.**

- = negativ innvirkning på overlevelsen
- + = positiv innvirkning på overlevelsen
- 0 = ingen innvirkning på overlevelsen
- = ikke undersøkt/har en innvirkning, men kan ikke beskrives med - eller +

Faktorer Innvirkning på overlevelse/forekomst

**Fysiske faktorer**

	Salt-/	
	Estuarievann	Ferskvann
Fortynning	-	-
Sedimentering	-/+	-/+
Sollys	-	(-)
Temperatur	høy	-
	lav	+
Årstidsvariasjoner	sommer	-
	vinter	+
Trykk	-/+	-/+

**Kjemiske faktorer**

	Salt-/	
	Estuarievann	Ferskvann
pH	-/+	-/+
Salinitet	høy	-
	lav	+
Næringsmangel	-	-
Tungmetaller	-	-
Organisk stoff/	-	-
Forurensninger	-/+	-/+
Uorganiske stoffer	-	-/+

**Biologiske og biokjemiske faktorer**

	Salt-/	
	Estuarievann	Ferskvann
Bakteriellager	(-)	(-)
Predasjon	-	-
Veksthemmende stoffer	(-)	(-)
Utgangskonsentrasjon	høy (+)	+
	lav	-
Bakterietype	-	-

Det er et helt spekter av faktorer som påvirker inaktivringen av tarmbakterier i resipientvann (tab. 1). Ulike mikroorganismer responderer forskjellige på de ulike stressfaktorer i vann.

Mikroorganismer har likeledes ulik evne til å «beskytte seg» mot desinfeksjonsmidler. Disse ulike biologiske egenskapene hos mikroorganismer, gjenspeiles også i

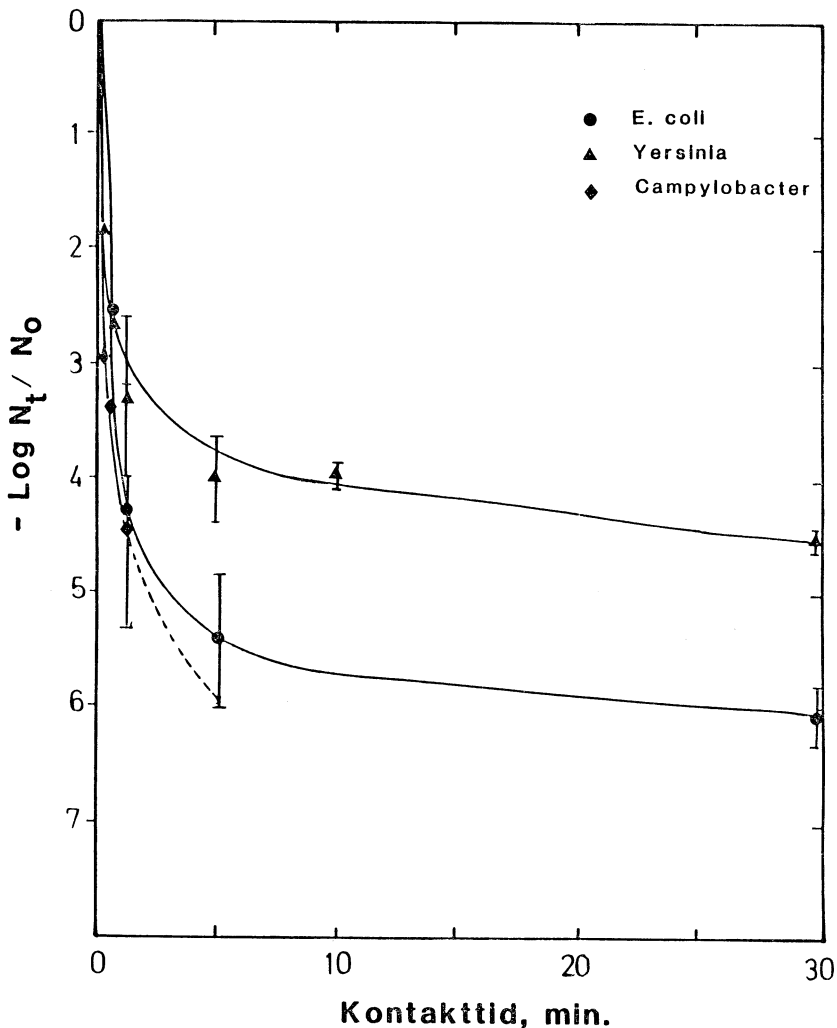
forskjeller i overlevelsessevne både i ubehandlet og i desinfisert vann.

Det er derfor svært viktig med undersøkelser som sammenlikner inaktivering av indikatorbakterier og patogener i både desinfisert og ubehandlet vann, for å kunne sikre seg at indikatororganismene gir et reelt bilde av den aktuelle bakteriologiske kvaliteten på vannet.

Som et ledd i denne forskningen, har det blitt utført et prosjekt støttet av NTNF's utvalg for drikkevannsforskning, for å undersøke overlevelsesnivåen til de to «nye» patogenene *Campylobacter jejuni*

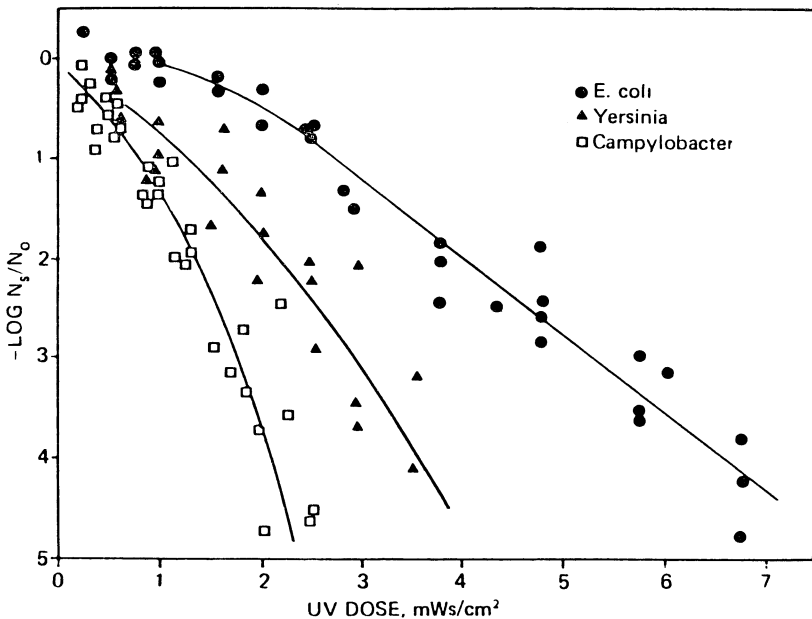
og *Yersinia enterocolitica* i klorert og UV-bestrålet, samt i udesinfisert drikkevann. Parallele forsøk ble utført med *E.coli*. Resultatene er gjengitt nedenfor.

### 1. Klorforsøkene



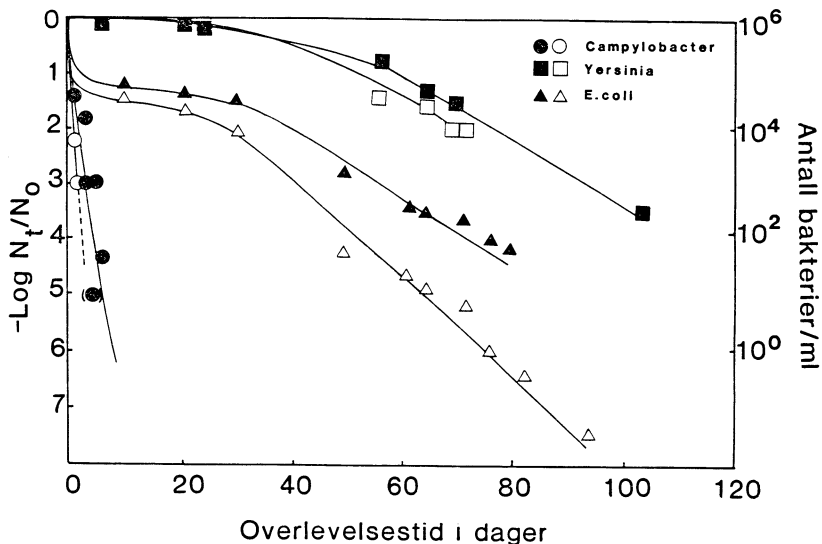
Figur 1. Inaktiveringskurver for *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica* og *E.coli* i kranvann med 0.2 mg/l natriumhypokloritt i utg.kons. ved pH 6.5 og 10°C. (Lund 1985 b, Lund in press).

## 2. UV-besrlt drikkevann.



Figur 2. UV inaktivieringskurver for *Campylobacter jejuni*, *Yersinia enterocolitica* 0:3 stamme 304 og *E.coli*. Utg.kons.:  $1 \times 10^6$  —  $1 \times 10^7$  bakterier/ml. (Lund & Butler 1986).

## 3. Udesinfisert vann.



Figur 3. Inaktivieringskurver for *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i autoklavert kranvann ved 4°C (fylte symboler) og 10°C (pne symboler) (Lund in press).

Kan man så utifra disse forsøkene si noe om 1). Hvilken av de to undersøkte desinfeksjonsmetodene som er mest effektiv overfor disse patogenene og 2). Er *E.coli* en velegnet indikator for forekomst av *Yersinia* og *Campylobacter* i desinfisert vann — og ubehandlet vann?

Figur 4 viser at UV-bestråling ser ut til å ha best effekt på *Yersinia*, mens *Campylobacter* er like sensitiv for begge desinfeksjonsmetodene. *E.coli* ser ut til å være en god indikator for begge patogenene i UV-behandlet vann, men man må stille et visst spørsmålsteget ved egnetheten som indikator i klorert vann, da de sykdomsfremkallende stammene av *Yersinia* ser ut til å ha en signifikant bedre toleranse overfor klor enn *E.coli*. *E.coli* ser også ut til å være en god indikator på *Campylobacter* forekomst i udesinfisert vann (fig. 3), mens *Yersinia* kan være tilstede, selv om ikke *E.coli* lar seg påvise.

Hvordan er så toleransen overfor desinfeksjonsmidler til de øvrige fekale patogener agens som kan forekomme i vann? Utifra figur 5 ser vi at enkelte patogener bakterier, de fleste virus, alle bakteriesporer og nematodeegg (rundormer) har en mye større resistens mot klor enn *E.coli*. UV-bestråling ser imidlertid ut til å ha god effekt på alle ikke-sporedannende bakterier og virus, mens effekten på bakteriesporer og nematodeegg også her er begrenset. Effekten av Ozon overfor de fleste organismer ser ut til å ligge et sted mellom UV og klor. Det er imidlertid viktig å være klar over at det kan være store variasjoner i toleranse overfor desinfeksjonsmidler mellom ulike stammer av samme bakterieart (se *Yersinia*, fig. 4). Binding til partikler vil også kunne øke desinfeksjonstoleransen betraktelig. Man er derfor, ved vurdering av desinfeksjonseffekt på ulike mikroorganismer, nødt til

å legge inn en sikkerhetsmargin, for å kunne være rimelig trygg på at desinfeksjonen vil være effektiv.

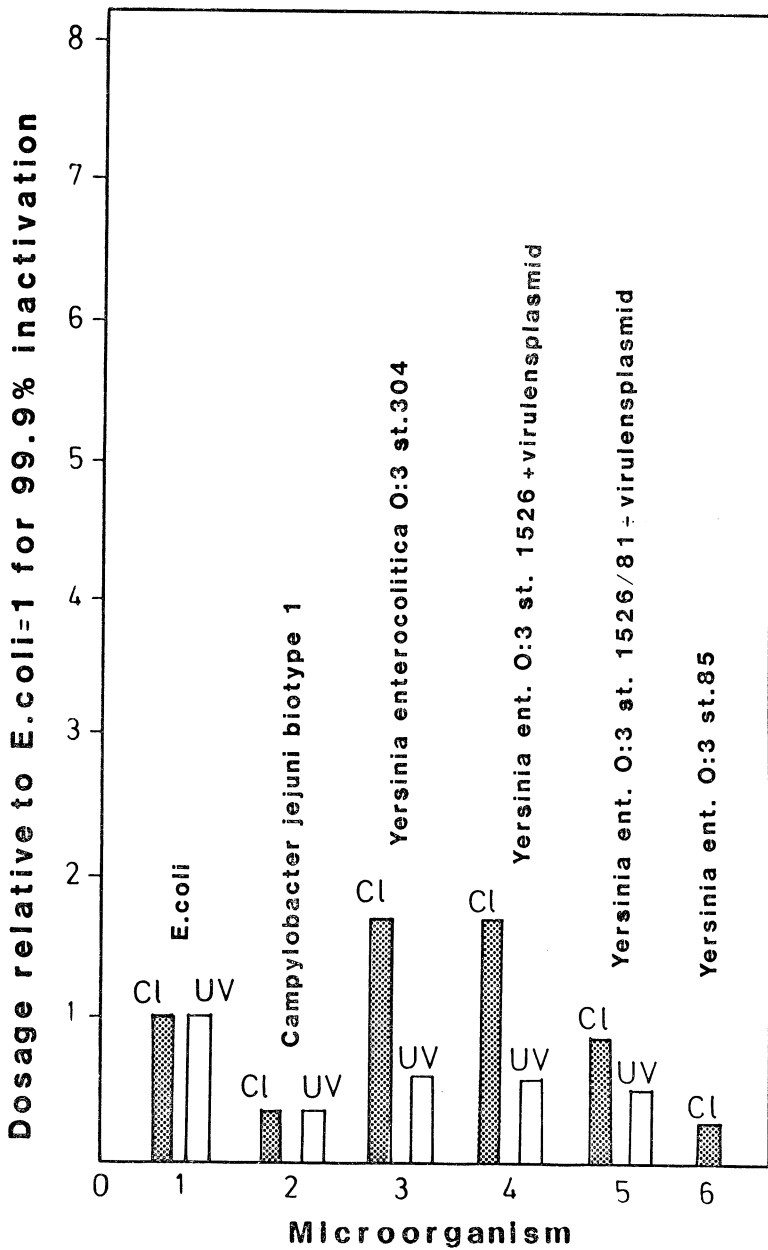
Skal man prøve å spå litt om fremtiden, så vil sannsynligvis koliforme- og termotolerante koliforme bakterier (*E.coli*) fortsatt, på tross av sine åpenbare svakheter i å indikere enkelte patogener organismer, bli benyttet som hovedindikatororganismer i mange år fremover, men sannsynligvis hyppigere enn idag supplert med andre tilleggsindikatorer ved spesielle behov.

Tabell 2.

*Organismer involvert i vannbårne sykdomsutbrudd i USA 1946—1980.*  
(Lippy & Waltrip, 1984).

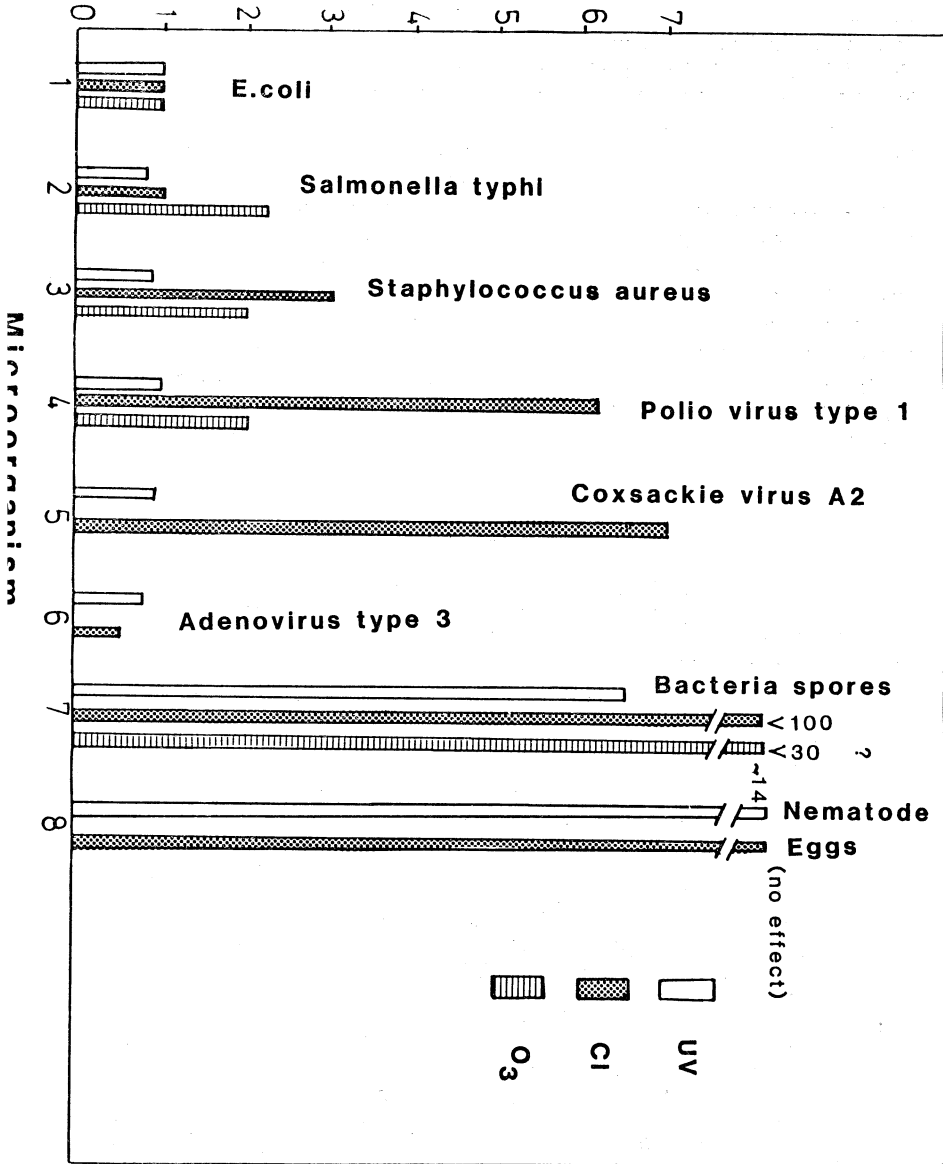
Agent	Outbreaks	Cases of Illness
<b>Bacterial</b>		
<i>Campylobacter</i>	2	3 800
<i>Pasteurella</i>	2	6
<i>Leptospira</i>	1	9
<i>Escherichia coli</i>	5	1 188
<i>Shigella</i>	61	13 089
<i>Salmonella</i>	75	18 590
Total	146	36 682
<b>Viral</b>		
Parvoviruslike	10	3 147
Hepatitis	68	2 262
Polio	1	16
Total	79	5 425
<b>Parasitic</b>		
<i>Entamoeba</i>	6	79
<i>Giardia</i>	42	19 734
Total	48	19 813
<b>Chemical</b>		
Inorganic	29	891
Organic	21	2 725
Total	49	3 616
Unknown	350	84 939
Grand total	672	150 475

Tar vi til slutt en titt på en liste over hvilke patogener mikroorganismer som har årsaket vannbårne utbrudd i USA i perioden 1946—1980 (tabell 2), fremgår det at hovedmengden av sykdomstilfeller med



Figur 4. Relativ dose av UV og klor for 99,9% inaktivering av *Campylobacter jejuni* og *Yersinia enterocolitica* O:3. Dose for *E.coli* = 1. Mikroorganisme nr. 3 og 4 er sykdomsfremkallende, 5 og 6 har mistet denne evnen. (Lund 1985 b, Lund & Butler 1986).

# Dosage relative to E.coli=1



Figur 5. Relativ dose av UV, klor og ozon som er nødvendig for å inaktivere ulike patogener i vann. Dose for inaktivering av E.coli = 1. (Etter Yip & Konasewich 1972).



kjent årsak, skyldes *Salmonella*, *Shigella* og *Giardia*. I den siste tiden har det vært en klar økning i vannbårne utbrudd med *Campylobacter* og *Giardia* samt ulike virus både i USA og i en del andre land. *Campylobacter* er nå den nest hyppigste isolerte bakterie fra personer med diaré i Norge.

All sannsynlighet taler også for at det i løpet av ganske kort tid vil være minst 3 nye patogene mikroorganismer som vi blir nødt til å forholde oss til, da disse allerede har gitt store vannbårne utbrudd i USA og i våre naboland.

Disse patogenene er:

*Norwalk virus*, *Giardia lamblia* og *Cryptosporidium*.

*Cryptosporidium* står på EPA's Priority list of Drinking Water Contaminants. Det er en protozo (encellet dyr), og noe mindre enn *Giardia*. Den var implisert i et utbrudd i Texas i 1984, hvor 117 personer ble syke. Et annet utbrudd var i januar 1987 i Carrollton, Georgia, hvor minst 20 000 sykdomstilfeller ble rapportert (Federal register 1987).

Dette er problemorganismer vi kanskje om kort tid vil bli konfrontert med også i norsk vannforsyning. Det er da viktig å være klar over at alle de tre organismene som er nevnt foran har en så høy toleranse overfor desinfeksjonsmidler, at desinfeksjon alene ikke vil gi en tilfredsstillende sikkerhet mot infeksjon.

#### LITTERATUR

- Federal Register, Vol. 52 No. 130 p. 25732—25733. July 8, 1987.
- Geldreich, E. E. & B. A. Kenner, 1969. Concepts of fecal streptococci in stream pollution. J. Water Pollut. Contr. Fed. 41. R336—R352.
- Hellesnes, I. 1979. Indikatorer med hygienisk betydning i vann. Vann 1 B: 57—75.
- Krogh, T. 1979. Mikrobielle forhold ved drikkevannsbehandling. Vann 1 B: 103—118.
- Lippy, E. C. & S. C. Waltrip. 1984. Waterborne Disease Outbreaks: 1946—1980: A Thirty-Five Year Perspective, Journal of the American Water Works Association 76: 61—67.
- Lund, V. 1985 a. Overlevelse av mikroorganismer i vann. Relasjon til menneskelig helse — et litteraturstudium. Drikkevannsrapport nr. 13/85. NTNf's utvalg for drikkevannsforsyning.
- Lund, V. 1985 b. Overlevelse av *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i vann. Delrapport 1. *Yersinia enterocolitica* og *E.coli* i klorholdig vann. Drikkevannsrapport nr. 14/85. NTNf's utvalg for drikkevannsforskning.
- Lund, V. & R. C. Butler, 1986. Overlevelse av *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i vann. Delrapport 2. Effekt av UV-desinfeksjon på *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i vann. Drikkevannsrapport nr. 20/86. NTNf's utvalg for drikkevannsforskning.
- Lund, V. (in press). Overlevelse av *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i vann. Delrapport 3. *Campylobacter*, *Yersinia* og *E.coli* i klorert og ubehandlet overflatevann. Drikkevannsrapport. NTNf's utvalg for drikkevannsforskning.
- McFeters, G. A., J. E. Schillinger & D. G. Stuart, 1978. Alternative Indicators of Water Contamination and Some Physiological Characteristics of Heterotrophic Bacteria in Waters. In: *Evaluation of the microbiology Standards for Drinking Water*. Report EPA-570/9-78-00C.
- Yip, R. W. & D. E. Konasewich. 1972. Ultraviolet sterilization of water — its potential and limitations. Water and Pollution Control. Juni 1972 s. 14—18.