

O-921374

# Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann

Grunnlagsrapport  
om virkninger av  
tarmbakterier



# NIVA - RAPPORT

Norsk institutt for vannforskning  NIVA

Prosjektnr.: 921374	Undernr.: 
Løpenr.: 3127	Begr. distrib.: Fri

<b>Hovedkontor</b> Postboks 173, Kjelsås 0411 Oslo Telefon (47) 22 18 51 00 Telefax (47) 22 18 52 00	<b>Sørlandsavdelingen</b> Televeien 1 4890 Grimstad Telefon (47) 37 04 30 33 Telefax (47) 37 04 45 13	<b>Østlandsavdelingen</b> Rute 866 2312 Ottestad Telefon (47) 62 57 64 00 Telefax (47) 62 57 66 53	<b>Vestlandsavdelingen</b> Thormøhlensgt 55 5008 Bergen Telefon (47) 55 32 56 40 Telefax (47) 55 32 88 33	<b>Akvaplan-NIVA A/S</b> Søndre Tollbugate 3 9000 Tromsø Telefon (47) 77 68 52 80 Telefax (47) 77 68 05 09
--	---	--	---	--

Rapportens tittel: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Grunnlagsrapport om virkninger av tarmbakterier.	Dato: 10. sept. 1994 Trykkesdato: NIVA 1994
	Faggruppe: Marinøkologi
Forfatter(e): Kjell Baalsrud	Geografisk område: Norge
	Antall sider: 31 Opplag:

Oppdragsgiver: Statens forurensningstilsyn, SFT	Oppdragsg. ref.: Ingvild Marthinsen
--	--

Ekstrakt: Det er gjennomført et litteraturstudium av utslipp og spredning av tarmbakterier i sjøvann. De termotolerante koliforme bakteriene, TKB, er brukt som indikatorer på fekal forurensning av sjøvann. Deres utdøing og fortynning i resipienten er diskutert og retningslinjer for beregninger av forekomst antydning. Sykdomsfare ved kontakt med infisert sjøvann, først og fremst ved badning, er diskutert i lys av rapporterte undersøkelser. Rapporten er laget som et faglig grunnlag for en klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann med hensyn til tarmbakterier, som er utarbeidet av SFT og NIVA i fellesskap.

4 emneord, norske

1. Tarmbakterier
2. Sjøvann
3. Helse
4. Klassifisering

4 emneord, engelske

1. Fecal bacteria
2. Sea water
3. Health
4. Classification

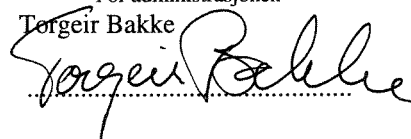
Prosjektleder

Kjell Baalsrud



For administrasjonen

Torgeir Bakke



ISBN 82-577-2610-9

# **RAPPORT**

**O-921374**

## **KLASSIFISERING AV MILJØKVALITET I FJORDER OG KYSTFARVANN**

### **Grunnlagsrapport om virkninger av tarmbakterier**

Oslo den 10.9.1994  
Prosjektleder: Kjell Baalsrud

## INNHOLD

Forord	side	4
Sammendrag		5
1. Innledning		6
2. Om tarmbakterier		7
3. Utslippsmengder		10
4. Tarmbakterienes skjebne i sjøvann		11
5. Forekomst og virkninger i sjøvann		16
6. Bruk av kriterier og standarder		19
7. Diskusjon		23
8. Litteratur		28

## FORORD

Denne rapporten er et bakgrunnsdokument for:

### **Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virksomheter av tarmbakterier. SFT, Veiledning 94:09**

Klassifiseringen skal brukes i forbindelse med forvaltningen av våre sjøvannsforekomster: Fastsettelse av miljømål, vurdering av behov for forurensningsbegrensende tiltak, og evaluering av virkninger av igangsatte tiltak.

I hygienisk sammenheng har tarmbakterier tiltrukket seg stor oppmerksomhet. Påvisningen av dem i matvarer, drikkevann og badevann tillegges betydelig vekt og blir brukt som grunnlag for det hygieniske skjønn det tilligger helsemyndigheten å utøve.

Samtidig er påvisning av tarmbakterier viktig ved forvaltningen av naturressursene både fordi de tillegges hygienisk betydning, og fordi de er indikatorer på annen forurensning.

Selv om rapporten ikke primært er utarbeidet for hygieniske vurderinger, er det ikke mulig å skille skarpt mellom de hygieniske og de generelle aspekter av vannforurensning ved klassifisering av miljøkvalitet.

Det er en meget rikholdig litteratur på området. Det er referert til de fagartiklene som for norske forhold er mest aktuelle og sentrale innen de enkelte områdene. Det er her lagt vekt på det praktiske siktemål med arbeidet. Utvalg av litteratur og den tematiske behandlingen av stoffet er gjort ut fra dette. Det er lagt vekt på at mesteparten av stoffet skal være oversiktlig. En grundig gjennomgang av de mikrobiologiske og metodiske sidene er f.eks. holdt utenfor.

Det har vært kontakt med og mottatt verdifull hjelp fra Vidar Lund, Statens institutt for folkehelse, Ivar Hellesnes, Trondheim kommune, Jon Moseng, Oslo kommune, Egil Mossige, Bærum kommune, Øyvind Østensvik, Tynset kommune.

På NIVA har Jarle Molvær, Jon Lasse Bratli, Harry Efraimsen, og Kari Nygaard lest og kommentert manuskriptet.

31.august 1994.

## SAMMENDRAG

Tarmbakterier fra mennesker og dyr er en karakteristisk og viktig del av avløpsvann. Det overveiende antallet av tarmbakteriene er en naturlig del av friske menneskers avføring og er ikke sykdomsfremkallende. Men ved sykdom kan store mengder patogene mikroorganismer, særlig bakterier og virus, bli utskilt og spredt gjennom avløpsvannet. Også enkelte friske mennesker kan være bærere av patogene organismer. Påvisning av tarmbakterier i mat eller vann er derfor en indikasjon på at det også kan være sykdomsfremkallende mikroorganismer til stede.

Blant de mange tarmbakteriene som utskilles, er det de termotolerante koliforme bakteriene, TKB, og de fekale streptokokkene, FS, som er mest vanlig brukt som indikatororganismer. Også andre organismer, som *Clostridium perfringens*, blir brukt. Bakteriemengden i kommunalt avløpsvann kan variere sterkt. Som regel finner man 1 - 100 millioner TKB per 100 ml vann.

I sjøvann vil tarmbakteriene ikke kunne overleve lenge. Konsentrasjonen vil avta raskt, dels som følge av fortykning og dels som følge av at de dør ut. Utdøingen, som gjerne kalles desimeringen, vil oftest også omfatte sedimentering. Desimeringen av TKB er noe hurtigere enn av FS og betydelig hurtigere enn av virus. Pga. desimeringen vil påvisning av TKB og FS i sjøvann bety at det foreligger en relativt fersk forurensning og at det er et kloakkutslipp eller utløp av et forurenset vassdrag i nærheten.

Det foreligger mange undersøkelser av forholdet mellom sykdomsfare ved bading i sjøvann og vannets innhold av indikatororganismer. Selv om det er påvist en sammenheng, er det stor forskjell mellom de rapporterte resultatene. Det kan dels skyldes at det er vanskelig å fremskaffe et entydig datamateriale, dels at det kan være store geografiske og folkehelsemessige forskjeller. Risikoen for den enkelte person er liten. Men da det er et stort antall mennesker som kan bli eksponert for smitterisiko ved bading i sjøvann, blir det allikevel et viktig folkehelseproblem.

Påvisning av tarmbakterier er også en viktig indikasjon på at det kan foreligge andre forurensninger. Det er derfor også på et mere generelt grunnlag viktig at det settes krav til at innholdet av tarmbakterier, dvs. indikatorbakterier, ikke overstiger visse grenser.

Det er i de fleste land satt bestemmelser for prøvetaging og grenser for akseptabelt innhold av tarmbakterier i sjøvann hvor det bades. De fleste EU-land setter grensen ved 2000 TKB/100 ml, Danmark har 1000 TKB/100 ml og Norge har hatt 50 TKB/100 ml. Fra 1994 er 100 TKB/100 ml satt som grense for godt egnet eller egnet badevann hos oss.

Ut fra en samlet vurdering av helserisikoen, de estetiske forholdene og den generelle forurensningssituasjonen, er det anbefalt å bruke 100 TKB/100 ml som grense for godt egnet eller egnet badevann. Det er videre foreslått å bruke 1000 TBK/100 ml som øvre grense for mindre egnet badevann, og at ved TKB-innhold over 1000 /100 ml er vannet ikke egnet for bading. Dette er i samsvar med Helsemyndighetenes vurderinger. Det vil si at alt etter et samlet hygienisk skjønn bør det et sted mellom 100 og 1000 TKB/100 ml advares generelt mot bading på badesteder som folk pleier å oppsøke. Grenseverdiene gjelder ikke enkelttall, men skal være beregnet på basis av tallserier (som 90-persentiler).

Med bakgrunn i denne rapporten har Statens forurensningstilsyn, SFT, i samarbeid med NIVA utarbeidet: Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av tarmbakterier. SFT, Veiledning 94:09, TA 1003/1994.

## 1. INNLEDNING

I hygienisk sammenheng har tarmbakterier vært omfattet med stor interesse siden forrige århundre. Etter at smittestoffene, hovedsakelig bakterier og virus, ble oppdaget, har stor oppmerksomhet vært rettet mot deres forekomst og spredningsmekanismer.

Spredning av sykdom gjennom vann ble med sikkerhet påvist av den britiske legen Dr. John Snow i London, allerede i 1854, altså flere år før man visste at bakterier kunne overføre sykdom. Han påviste etter en koleraepidemi at de syke hadde brukt drikkevann fra "the Broad Street pump" i Soho. Det står i dag en minneplakett i husveggen hvor pumpen var. Dette er for øvrig bare en detalj fra Snows omfattende epidemiologiske studier.

Tarmbakteriene og andre mikroorganismer fra menneskets tarmkanal kom tidlig i bildet som viktige smittestoffer. Gjennom storbydannelsen og utviklingen av felles drikkevannsforsyning til store befolkningsgrupper, oppsto det mange alvorlige epidemier ved at drikkevannet var smitteførende. Utslipp av kloakkvann eller annen disponering av latrineinnhold førte til infisering av viktige vannforekomster, som også ble brukt som kilder for drikkevann..

På global basis er dette fremdeles situasjonen i en rekke land, fortrinnsvis de som er kommet kort i utviklingen. Den globale statistikk over vannbårne sykdommer er dramatisk. 1,2 milliarder mennesker får hvert år sykdommer overført via drikkevann eller dårlige avløpssystemer. 15 millioner barn under 5 år dør hvert år hovedsakelig pga av dårlig vann (Horchani, 1992).

I den industrialiserte del av verden er det idag ingen økonomiske eller tekniske hindringer for å lage en hygienisk tilfredsstillende vannforsyning. Allikevel har vi f.eks. i Norge stadig drikkevannsbårne epidemier, hovedsakelig gastroenteritter (mage-tarmsykdom, diare, oppkast). På grunn av den gode helsestatus i befolkningen er de sjelden alvorlige.

Denne rapporten er bygget på artikler og norske erfaringer. Som bakgrunnsstoff kan fremheves:

1. Gameson, 1975. Discharge of sewage from sea outfalls. London symposium 1974.
2. VANN, spesialnummer 1 B, 1979 (Red. I.Hellesnes)
3. Ormerod og Molvær 1983. Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapp.6: Hygieniske effekter.
4. Midttun, I. 1993. Patogener i kommunalt avløpsvann. SFT-Rapport 93:25.

Analyse mhp. tarmbakterier i bassengbad, friluftsbad og marine vannforekomster utføres i stor skala hvert år i vårt land. Av praktiske og økonomiske årsaker brukes enkle rutinemetoder hvor det analyseres på indikatororganismer i stedet for å analysere direkte på de mange patogene organismene. En viktig side av problemstillingen gjelder derfor nettopp selve metodevalget og relevansen til de hygieniske forholdene.

Den hygieniske risiko for sykdomsoverføring via sjøvann knytter seg først og fremst til bading og annen vannkontakt. Hovedkonklusjonen er at risikoen er liten. I Norge krever drukningsulykker flere hundre liv hvert år, mens alvorlig sykdom etter bading bare sjelden kan påvises med sikkerhet. Det er vanskelig å relatere sykdom etter bading til smitte fra badevannet. Mage/tarmsykdommer utgjør bare en mindre del av sykdomstilfellene. Øre-nese-hals-hudsykdommer kan også skyldes pasientens egne bakterier som slår til p.g.a. avkjøling.

Allikevel skal problemene ikke undervurderes. Under godværsperioder i sommerhalvåret er det et meget stort antall mennesker som bader i sjøen. Tildels bades det på steder hvor området er anvist og tilrettelagt av det offentlige, og hvor det dermed er et offentlig ansvar at de hygieniske forholdene er tilfredsstillende, eller på steder hvor bading er en del av et kommersielt opplegg, f.eks. campingplass.

En annen side er at funn av tarmbakterier i sjøvann er en klar indikasjon på at det foreligger en forurensning av kommunalt eller privat avløpsvann. For slike vurderinger har indikator-organismene direkte relevans, og metodeproblemet avgrenses til at det brukes felles metodikk som tillater sammenstillinger over tid og rom, og oppbygging av et erfaringsgrunnlag.

Ved tiltak som anlegg av avløpssystemer, renseanlegg og utslippsanordninger, må bl.a. den mikrobiologiske siden bli vurdert. Det vil si at det må foretas vurderinger og beregninger over hvorledes den hygieniske situasjon kan ventes å bli når anlegget blir ferdig og settes i drift. For slike formål er det laget modeller som igjen bygger på matematiske uttrykk for transport, fortykning og desimering (utdøing) av organismene. Fordi problemene på mange måter er felles rundt hele jorden, er det viktig å vurdere i hvilken grad tilgjengelig informasjon kan anvendes under våre forhold. Såvel den mikrobiologiske status i avløpsvannet (som gjenspeiler befolkningens helsesituasjon) som forholdene i resipientene kan variere betydelig. F.eks. kan tarmbakterienes overlevelse i rent og kaldt vann være betydelig større enn i vann som har høy biologisk aktivitet (forurenset vann) og er varmt.

Det bør derfor så langt det er mulig bli lagt vekt på norske data og erfaringer. Det savnes en landsomfattende, komparativ sammenstilling av norske data.

## 2. OM TARMBAKTERIER

Både råkloakk og rensert kommunalt avløpsvann er rikt på mikroorganismer, særlig bakterier fra menneskers og andre varmblodige dyrs tarmkanal. Det dreier seg om mikroorganismer som bakterier, sopp og virus. De forekommer i et stort antall forskjellige arter.

Tarmbakteriene (ofte kalt fekale bakterier) har tiltrukket seg oppmerksomhet først og fremst av to grunner:

1. De kan være sykdomsoverførende
2. De er indikatorer på forurensning.

Blant mikroorganismene i kommunalt avløpsvann har de koliforme (*colon* = tarm) bakteriene tiltrukket seg særlig oppmerksomhet. I menneskelig avføring er de koliforme bakteriene en viktig og karakteristisk gruppe blant mikroorganismene. Atskillelsen mellom de enkelte arter og stammer (strains) skjer ved å observere vekst og omdannelse av forskjellige substrater og ved temperaturløansen. Artsbegrepet for disse organismene er ikke så entydig som for høyere (flercellede) organismer.

For definisjon av koliforme bakterier er følgende beskrivelse hentet fra NS 4792 Tillegg A:

For rutineundersøkelse av vann kan den koliforme organismegruppe beskrives i henhold til mikrobiologiske reaksjoner istedenfor ved korrekte taksonomiske betegnelser.



Generell definisjon av koliforme bakterier er:

Koliforme organismer er gram-negative, ikke-sporedannende, oksidase-negative, stavformede bakterier som er i stand til å vokse aerobt og fakultativt anaerobt i nærvær av gallesalter (eller andre overflateaktive stoffer med lignende veksthemmende evne), og som også er i stand til å forgjære laktose med produksjon av syre, gass og aldehyd innen 48 timer ved inkuberingstemperatur mellom 35 og 37 °C.

Aldehydproduksjonen er ikke gjenstand for generell prøving. Den tas bare med i bestemte kolonitellingsmetoder der den inngår i dannelsen av karakteristiske kolonier.

De **termotolerante koliforme bakteriene** er definert som de bakteriene som har de samme mikrobiologiske reaksjonene som de koliforme bakteriene, men ved 44,0 og 44,5°C. Også uttrykket "fekale koli" blir brukt, og forstås vanligvis som termotolerante koliforme bakterier.

Klassifiseringen av tarmbakterier er altså først og fremst bundet til bruk av analytiske metoder. På dette området er det utført et meget omfattende forsknings- og utviklingsarbeid gjennom de siste ca. 100 år.

*Escherichia coli* (*E. coli*) er vanligvis den av de koliforme bakteriene som foreligger i størst mengde i menneskets tarmkanal. For sikker identifisering av *E. coli* kreves det en serie tester som tas i bruk ved behov. Betegnelsen *E. coli* kan bli brukt under forhold hvor termotolerante koliforme bakterier, eller sogar bare koliforme bakterier, hadde vært mer korrekt. Det brukes også uttrykket ekte *E. coli* for å presisere at betegnelsen er korrekt.

Det brukes hovedsakelig to teknikker (se Norsk Standard NS 4714, 4788 og 4792):

Rørmetoden, hvor veksten foregår i reagensrør med forskjellige vekstmedier og forskjellige fortyninger av prøven.

Membranfiltermetoden hvor prøven filtreres gjennom en membran med definert poreåpning og membranen inkuberes på et agar-vekstmedium. Den siste teknikken kom i bruk i Norge i løpet av 1950-årene.

Fremstillingen av membraner har revolusjonert den bakteriologiske analyseteknikken. Med de medier som er utviklet, kan prøvene avleses etter 18-20 timer. Denne metoden kan også relativt lett gjennomføres ved inkubering i felten.

Rørmetoden ble utviklet med et spekter av forskjellige medier i en serie rør. Det brukes ofte 3 eller flere fortyninger med en serie i hver fortyning. Det er laget egne tabeller for tolkning av avlesningene som MPN (Most probable number). Med mange fortyninger og mange prøver blir rørmetoden lett ressurskrevende og dermed kostbar. For bestemmelse av tarmbakteriene, som TKB og FS, er imidlertid rørmetoden referansem metode og basismetode. Den er spesielt aktuell hvis man vet lite om den prøven som skal analyseres, eller hvis den f.eks. er rik på partikler.

Behovet for å gå fra termotolerante koliforme bakterier (TKB) til *E. coli* er som regel lite og blir sjelden tatt i bruk i praktisk overvåking av sjøvann. De dyrkningsmedier som er utviklet, er så spesifikke at man regner med at 90% av TKB-funnene er *E. coli*.

**Fekale streptokokker (FS)** Menneskets tarmkanal er også rik på fekale streptokokker (FS). Det er mange arter og det er utarbeidet dyrkningsmedier som gjør det mulig å skille dem fra

hverandre (Hellesnes,1979). Analyse av fekale streptokokker benyttes også i spesielle tilfeller som tilleggsindikator for fekal forurensning i vårt land. Typebakterien heter *Streptococcus faecalis*.

*Clostridium perfringens* har vært brukt som indikator på helsefarlig vann i mange år (Cabelli, 1976). Clostridiene er sporedannende bakterier. Sporene er relativt bestandige og påvisning av denne bakterietypen kan bidra til å påvise fjerne og eldre utslipp.

I prøver fra 34 badestrender i Israel ble det ofte påvist *Pseudomonas aeruginosa* og *Staphylococcus aureus* (Yoshpe-Purer and Golderman, 1987). Korrelasjonen mellom funn av *S. aureus* og fekale koli var meget høy. Forfatterne anbefalte at bestemmelse av *S. aureus* ble brukt som tillegg ved bakteriologisk overvåking av badestrender.

I spesielle tilfeller kan det være ønskelig å skille mellom bakteriell forurensning fra mennesker og husdyr og andre dyr. Da kan samtidige analyser av TKB og fekale streptokokker (FS) gi gode indikasjoner. Mens TKB dominerer over FS i fersk avføring fra mennesker (4:1) vil forholdet nærme seg det hos dyr (<1) ettersom tiden går. Det er utarbeidet egen Norsk Standard for analyse av fekale streptokokker, NS 4793.

I forbindelse med bestemmelser av tarmbakterier er prøvetagingsprogram (selve prøvetagingen, transporten og lagringen) meget viktig og avgjørende for bruk av resultatene. I Norsk Standard 4789 og 4790 er nærmere retningslinjer for dette gitt. Fordi desimeringen går raskt i sjøvann og fordi sollyset er en viktig desimeringsfaktor, bør prøvene tas tidlig på dagen og straks bringes til laboratoriet for umiddelbar analysering.

Analyse av tarmbakterier i skjell har direkte interesse fordi skjell er et marint matprodukt som tildels spises i rå tilstand. Skjell lever av å filtrere ut partikler (mest alger) fra vannet og vil kunne inneholde langt høyere konsentrasjoner av bakterier enn det omgivende vann. Skjell kan også brukes som bioindikator på forurensning (Jabar Al-Mossawi m.fl.,1983)

De koliforme bakteriene er ikke sykdomsfremkallende (med visse unntak: Det er funnet patogene stammer av *E. coli*). Det er derimot en rekke andre organismer som kan forekomme i kommunalt avløpsvann og som kan overføre smitte og sykdom. Dette har vært et særlig alvorlig problem når slike mikroorganismer kommer inn og spres gjennom drikkevannsforsyningen. Det har forårsaket epidemier som har rammet titusener og hundretusener av mennesker med mange dødsfall. Selv om vannforsyning idag kan gjøres nærmest fri for helserisiko, er den ennå mangelfull i mange land og epidemier forekommer stadig, også i Norge. For en stor del av jordens befolkning skyldes de fleste barnedødsfall dårlig drikkevann, og de fleste sykesenger på verdensbasis er belagt med pasienter som er blitt syke gjennom dårlig vann.

Viktige vannbårne sykdommer er tyfoidefeber, kolera, dysenteri, campylobacteriose, virale gastroenteritter og gulsott. En bred oversikt over vannbårne infeksjonssykdommer med kommentarer om norske forhold er sammenstilt av Lassen og Omland, (1979). Det har vært gjort anslag over hvor stor infeksjonsdosen må være for å føre til sykdom. Stort sett dreier det seg om "høydose-infeksjoner" med inntak av 1000-1000 000 bakterier, men det er også alvorlige mage/tarmlidelser etter "lavdose-infeksjoner" med få bakterier. Til de siste hører f.eks. *Shigella dysenteriae* og *Salmonella typhi* som nesten er fraværende i Norge, men forekommer i mange andre land.

Den epidemiologiske siden er forøvrig ikke hovedtema i denne rapporten, selv om en viss innsikt i problemstillingene er ønskelig. Det sentrale er at TKB og FS er indikatororganismer for en alvorlig type forurensning. Finnes det TKB / FS kan det også finnes sykdomsoverførende mikroorganismer. Påvisning av TKB eller FS er i forvaltningspraksis satt lik reell sykdomsrisiko.

Konsum av infisert drikkevann gir meget høy sykdomsrisiko. Det alminnelig krav er derfor at drikkevann skal være fritt for koliforme bakterier. Infisert vann brukt til produksjon av næringsmidler kan også gi høy sykdomsrisiko, slikt vann må derfor tilfredsstillende samme bakteriologiske krav som drikkevann.

Ved bading er infeksjonsrisikoen langt mindre, og generelt mindre ved bading i sjøvann enn i ferskvann. Selv om infeksjonsfaren oftest er liten ved bading i sjøvann, blir den allikevel sett på som et alvorlig problem. Dels fordi det kan være et stort antall mennesker som utsetter seg for risiko, dels fordi nettopp bading er sett på som en helsegivende aktivitet hvor trygghet mot sykdom og gode estetiske forhold spiller en stor rolle.

Det er store variasjoner fra land til land hvilke krav det bør settes til friluftsbadevann. Dette blir behandlet i kapitlene nedenfor.

### 3. UTSLIPPSMENGDER

Den menneskelige feces består for en stor del av døde og levende bakterier. I det kommunale avløpsvannet vil en del av bakteriene bli dispergert i avløpsvannet og en del forbli i større partikler. Mengden av tarmbakterier som påvises i råkloakk vil derfor være avhengig av prøvetaging og behandlingen/oppbevaringen av prøven, i tillegg til at råkloakken i seg selv har varierende kvalitet.

I ledningsnett vil bakteriene bli blandet med vann fra mange andre kilder, som i norske avløpsnett oftest er fra 300-800 liter per person per dag. I mekanisk rensed avløpsvann kan man regne med at det fins fra 10 millioner til 1 milliard TKB per liter. I beregninger er det mye brukt å anta et innhold på  $10^7$  (=10 millioner) per 100 ml. Det er vanlig, også internasjonalt, å angi bakteriemengden per 100 ml.

En serie målinger av bakteriemengden i avløpsvannet fra Høvringen renseanlegg, hovedutslippet fra Trondheim by, ga følgende verdier (geometrisk middel) per 100 ml (Hellesnes og Lian 1992):

Gruppe	Antall / 100 ml
Koliforme bakterier	11 000 000
Termotolerante koliforme bakterier	1 600 000
Fekale streptokokker	320 000
<i>Clostridium perfringens</i>	63 000

I renseanlegget vil bakteriemengden bli redusert, alt etter hvilken rensemetode som anvendes. Ved vurdering av bakteriemengder er hovedinteressen knyttet til variasjoner i størrelsesorden

(tierpotenser). Reduksjonen i antall kalles derfor gjerne desimering. Etter at avløpsvannet har passert septiktank eller en annen type slamavskiller, vil bakteriemengden nærmest være uendret.

Det er utført noen direkte målinger av bakteriereduksjonen i avløpsrenseanlegg (Langeland, 1979). Resultatene fra norske renseanlegg viste at mekanisk/kjemisk rensing kan ha en meget høy renseeffekt ( fra 1:200 til 1:5000) og at den ikke er like høy for de forskjellige typer organismer.

Ingunn Midttun (1993) har foretatt en litteraturgjennomgang av patogener i norsk avløpsvann, og effekten av ulike rensemetoder. Nedenfor er gjengitt tabell 7 fra denne rapporten:

Tabell. Et sammendrag av rapportert renseeffekt ved ulike renseprosesser (Midttun 1993).

Patogen	Rensemetode				
	Mekanisk	Kjemisk	Biologisk	Biologisk/ Kjemisk	Nitrogen- rensing
Bakterier	0-75%	81,6-99,98%	90-99%	99,5-99,9%	15-99,9%
Bakteriesporer (f.eks.clostridier)	-	-	75%	99,8%	-
Virus	20-80%	95-98%	94-98%	99,6-99,85%	-
Parasitter	80-98%	-	90-99%	-	-

Der det er oppgitt kun en verdi skyldes det begrenset tallmateriale.

- er oppgitt der det ikke er funnet litteratur eller verdier.

Renseeffekter for anlegg med overbelastning er ikke med i oversikten.

Det fremgår at kombinasjonene kjemisk-biologisk og kjemisk-biologisk-nitrogenfjerning vil gi meget høy reduksjon. 99,5-99,99%. De lavere tallene i tabellen kan mulighens tilskrives at anlegget ikke har virket optimalt eller at driften var forstyrret f.eks av høy vannføring. Det er grunn til å merke seg at selv vidtgående rensing kan periodevis gi avløpsvann med høye bakterietall.

Den generelle helsesituasjon i Norge for sykdommer som kan overføres via avløpsvannet, er god. Det tilsier at mengden av patogene organismer er langt mindre enn av indikatororganismen TKB. Det kan imidlertid skje lokale forandringer ved epidemiutbrudd eller import av eksotiske kilder (turister), som forrykker den vanlige situasjonen. Helsevesenet kan i slike tilfeller kreve ekstra tiltak.

#### 4. TARMBAKTERIENES SKJEBNE I SJØVANN

Det er allminnelig antatt at tarmbakterier ikke formerer seg i vann. Selv om det har vært hevdet at det under helt spesielle situasjoner kan forekomme vekst av tarmbakterier, viser all praktisk erfaring at deres overlevelsessevne i sjøvann er meget liten. I sjøvann vil koliforme bakterier forsvinne etter kort tid (timer-dager).

Det er flere teorier om hvorfor tarmbakteriene blir borte, dvs. dør ut eller omsettes - spises - av ciliater og andre organismer. Faktorer som spiller en viktig rolle for hvor fort tarmbakterier blir borte i sjøvann, er :

- Fortynning
- Sedimentering
- Lys
- Temperatur
- Saltholdighet
- Biologisk aktivitet.

Fortynning og sedimentering er fysiske prosesser som må behandles for seg. De andre faktorene påvirker bakterienes overlevelse (eller utdøing).

De fleste som har engasjert seg i koliforme bakteriers overlevelsessevne i sjøvann, har antatt som en forenkling at de dør ut etter en første-ordens ligning, og har brukt størrelsen T90 som mål. Det vil si den tiden det tar før 90% eller 9/10 er borte. I litteraturgjennomgangen nedenfor vil T90 begrepet stå sentralt.

Det foreligger en meget omfattende litteratur om desimeringen av tarmbakterier i vann. Det er gitt brede oversikter av Østensvik (1979a), Ormerod og Molvær(1983) og Lund (1984). Nedenstående omtale av de enkelte faktorer i desimeringsprosessen bygger på disse tre oversiktene, der hvor det ikke er gitt andre referanser.

**Fortynning** kan vurderes som en rent fysisk prosess, på samme måte som for saltholdighet, og molekylære bestanddeler (forurensninger) av sjøvannet. For de fleste situasjoner er det god tilgang på beregninger og modeller for denne enkeltfaktoren. Fortynningen vil redusere konsentrasjonen, men ikke den samlede mengde av tarmbakteriene.

Et relativt sikkert matematisk uttrykk for fortynning kan derfor lages i de fleste tilfeller.

**Sedimentering** vil være bestemt av partikkelstørrelse og tetthet, og av vannmassenes egenbevegelse (turbulens). Mikroorganismer har en tendens til å feste seg på overflater, dvs. andre partikler og vil følge deres sedimenteringsforløp. For frie bakterier i vannet vil sedimenteringsevnen være liten. I fjorder vil tidevannet skape en viss turbulens, særlig i overflatelaget og trange sund, mens dypere vannmasser vil være relativt rolige og gir bedre muligheter for sedimentasjon. En effekt av sedimenteringen er at tarmbakterieinnholdet i sedimentene kan være betydelig høyere enn i vannet ovenfor. Det gjelder bl.a. bakterieinnholdet i sanden på badestrender. For barn som leker kan det være et aktuelt helseproblem.

Betydningen av sedimentasjon etter utslipp i sjøvann vil først og fremst være avhengig av utslippsvannets egenskaper og turbulensen i resipienten. Mitchell and Chamberlin (1975) har tatt sedimentasjon inn i sin modell, mens de fleste ser bort fra denne faktoren, dvs. lar den inngå i desimeringen.

Det er vanskelig å lage et matematisk uttrykk for sedimentasjon av tarmbakterier.

**Lys**, dvs. sollys, har en baktericid effekt. Det er vist at bakterietallene i en bestemt resipient varierer sterkt med tid på døgnet. Det er høyest om natten eller ut på morgensiden, og lavest ut

på ettermiddagen når solen har hatt maksimal effekt. Dagstallene er høyere i overskyet vær enn når solen skinner. Gameson and Gould (1975) har rapportert fra et stort antall undersøkelser rundt UK og påvist at lys forsterker desimeringen. Det er vist at bakteriemengden kl.0600 var 4 ganger høyere enn kl 1800 i samme døgn (Bellair m.fl. 1977). Lyseffekten er maksimal i det øverste vannlaget og avtar raskt med dybden, avhengig av hvor langt ned lyset når.

Ved overflateutslipp kan man under visse forutsetninger lage et matematisk uttrykk for lyseffekten (Bell m.fl.,1992). Ved dypvannsinlagring vil den primære innlagring oftest skje så dypt at lyseffekten blir ganske svak eller er helt borte.

I praktisk sammenheng er tarmbakterieinnholdet i det øverste sjøvannslaget hvor bading og annen vannkontakt kan forkomme, det som oftest har interesse. På grunn av lyseffekten som kan forskyve resultatene, er det derfor anbefalt at prøver tas så tidlig om morgenen som mulig. Ved bruk av sjøvann ved næringsmiddelproduksjon (f.eks. foredling av fisk) kan bakteriemengden i dypvannet også være særlig viktig.

**Temperatur** har direkte innflytelse på overlevelsessevnen til tarmbakterier. Jo varmere vann jo kortere levetid. Dette skyldes dels at ved høyere temperatur vil bakterienes metabolisme øke og det indre næringsstoffråd bli brukt opp, og dels at andre organismer, som protozoer, vil ha økt evne til å spise bakteriene. Effekten av temperaturvariasjoner vil derfor være meget forskjellig alt etter den generelle biologiske aktivitet i vannet. I meget næringsfattig vann kan temperatureffekten være liten.

Det er nærliggende å se temperatureffekten i sammenheng med den biologiske aktivitet.

**Saltholdighet** øker desimeringen. Om dette skyldes en direkte salteffekt eller om det skyldes at det marine miljø er forskjellig fra det i ferskvann, foreligger det ikke entydige opplysninger om. I Lunds (1984) omfattende litteratursammenstilling om overlevelse av tarmbakterier og virus i ferskvann og sjøvann fremgår at overlevelsen i sterilisert eller kunstig sjøvann er betydelig lengre enn i rått sjøvann. All erfaring synes å tyde på at desimeringen er langt raskere i sjøvann enn i ferskvann. Det er nærliggende å anta at det artsrike biologiske system i sjøvann med kompliserte næringskjeder har et hovedansvar for denne sjøvannseffekten.

Saltholdighetens spesifikke betydning for desimeringen kan eventuelt anslås i hvert enkelt tilfelle, eller den kan trekkes inn i begrepet biologisk aktivitet.

**Biologisk aktivitet** i sjøvann er bl.a. bestemt av trofegrad, temperatur og saltholdighet. Det biologiske samfunnet er i regelen artsrikt og består av primærprodusenter (alger) og en rekke forskjellige konsumenter (virus, bakterier, sopp, protozoer og høyere dyreformer) som lever av primærprodusentene eller av hverandre. I sjøvannet er det mange organismer som er partikkelspisere, fagotrofe, og som vil beite på bakteriene. De mikroorganismene som hører hjemme i vannmiljøet vil formere seg og komme i en slags likevekt med partikkelspiserne, mens de miljøfremmede mikroorganismene vil tape i konkurransen og bli borte. Det er først og fremst protozoer som er viktige partikkelspisere. Mengden protozoer er igjen bestemt av hvor næringsrikt vannet er (trofegrad) og vil være høy i næringsrikt vann. Aktiviteten er for øvrig også bestemt av temperaturen.

Enkelte av de naturlig forekommende mikroorganismene kan skille ut stoffer som hemmer veksten av andre bakterier. Denne effekten er påvist i en rekke tilfeller, men ikke alle.

Det er også andre parametre som kunne bli trukket inn, som f.eks. pH, men som er uten nevneverdig betydning for desimeringen av tarmbakterier i sjøvann.

**Beregning av T90.** I en rekke sammenhenger er det nyttig å ha et samlet uttrykk for desimeringen. T90 tallet er beregnet i en rekke tilfeller både for indikatorbakteriene og for de enkelte patogene bakterier. T90 bestemmelsene er justert for fortynningseffekten, slik at den kommer i tillegg. Dels er det målt i laboratorieforsøk, dels i lukkede beholdere i felten. Det er også gjort mange direkte målinger i resipientområder.

T90-verdiene er lette å håndtere ved overslag, men ofte er desimeringen angitt etter andre tidsintervaller eller som prosent reduksjon etter en viss tid.

Ved logaritmisk utdøing av bakteriene vil desimeringskonstanten  $k$  være gitt ved uttrykket:

$$N_t = N_0 e^{-kt}$$

hvor  $N_t$  er bakteriekonsentrasjonen ved tiden  $t$  og  $N_0$  ved start.

Omregningen til T90 er gitt ved uttrykket;

$$k = \ln 10 / T_{90} \text{ eller } T_{90} = 2,3 / k$$

når T90 er timer og  $k$  er 1/timer.

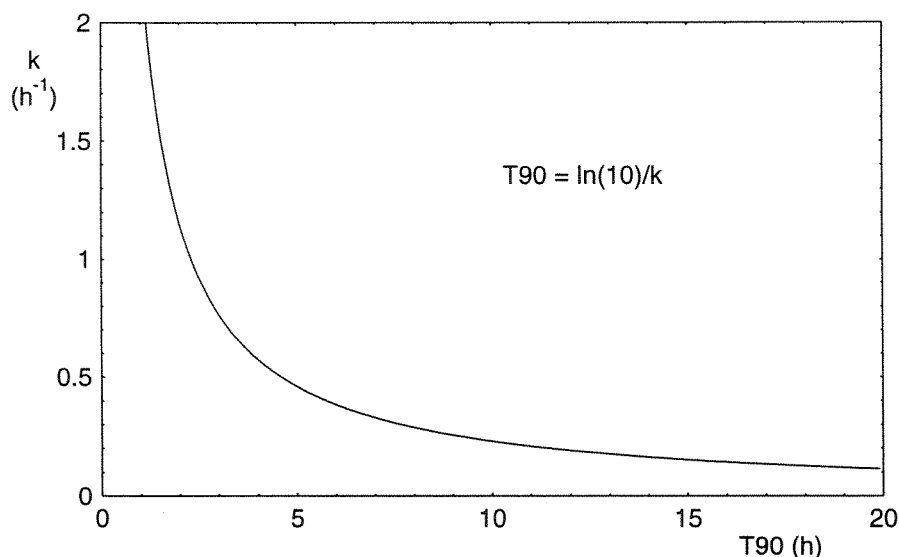


Fig.1. Sammenhengen mellom desimeringskonstantene  $k$  og T90

Harremoës (1975) har gjennomgått og diskutert forskjellige metoder som er brukt ved feltforsøk (in situ). Han har understreket de mange feilkilder som kan være en viktig grunn til de mange avvikende resultater som er rapportert. Han har ved omfattende massebalanseundersøkelser ved

utslipp i danske farvann vist at T90 verdiene kan være lavere enn de som er rapportert. T90 verdier på under 1 time ble funnet ved hans målinger.

Paoletti m.fl. (1978) i Italia undersøkte desimeringen av forskjellige tarmbakterier og tarmvirus i sjøvann. De fant:

Organisme	T90
Coliforms	1 t 6 min
Salmonellae	1 t 32 min
Enterococci	2 t 12 min
Polioviruses	13 t
Phages	17 t 45 min

Selv om disse resultatene er oppnådd under andre forhold (Middelhavet) enn det vi vurderer her, gir tallene en interessant orientering om den relative overlevelsessevnen til forskjellige organismer. Forholdet mellom overlevelsestidene til gruppene stemmer bra med andre rapporteringer.

Når man skal planlegge renseanlegg og utslippsanordninger, kan man bruke en modell som omfatter fortyningen og desimeringen av tarmbakteriene. Desimeringen kan igjen bli spaltet i en rekke enkeltfaktorer (lys, temperatur . . .) eller man kan velge T90-verdier ut fra analogibetraktninger og erfaringer. Det siste er ofte tilfellet. Det har tidligere ofte vært brukt T90-verdier på 3-5 timer i sjøvann. Professor E.A.Pearson, som har vært konsulent for en rekke store kloakkutslipp rundt i verden, har brukt T90 = 4 timer (Pearson, 1975). Senere er det publisert beregninger som bygger på langt høyere T90-verdier.

Selv om mange målinger har vist en rask desimering av tarmbakterier i sjøvann med T90 verdier på en til få timer, kan det i beregninger som en sikkerhet være aktuelt å bruke noe lengre T90-tider. For beregninger og overslag av San Fransisco's nye utslipp i Stillehavet (Roberts and Williams, 1992) ble det for TKB brukt 40 timer på innlagringsnivået og hhv. 40 og 10 timer i overflatelaget for hhv. natt og dag.

Østensvik (1979b) har ved laboratorieforsøk (i mørket) funnet T90 = 12 timer for TKB med vann fra Oslofjorden ved Drøbak.

Lund (1984) har samlet en rekke data om desimering av tarmbakterier og virus i ferskvann og sjøvann. De fleste undersøkelsene er gjort med vannprøver i laboratoriet, men mange er også gjort i felten. Forsøkene er gjort med naturlig, filtrert, sterilisert og kunstig sjøvann under forskjellige lys- og temperaturforhold. Det er vanskelig å kombinere alle dataene til noen entydig konklusjon. For naturlig sjøvann i lyset dreier det seg om noen få timer, noe lengre i mørket for *E. coli* eller TKB.

Mange av rapportene og resultatene kan virke tildels motstridende og forvirrende. Allikevel synes det forsvarlig å legge til grunn at desimeringen øker i nærvær av sollys, høy temperatur og rikt biologisk miljø (næringsaltrikt miljø). Desimeringen i sjøvann er betydelig hurtigere enn i ferskvann.



For norske forhold kan det være tvilsomt å bygge direkte på utenlandske data, selv om målinger i Danmark og England kan ha relevans mange steder i Norge. Det bør i hvert fall foretas en individuell vurdering av hvert aktuelt sted, så varierende som forholdene i vårt land kan være rundt kysten og i fjordene. Det må dessuten tas standpunkt hvilke forhold (årstid, vær, tid av døgnet) som skal legges til grunn (se kap. 6). Ved beregninger må det velges T90 -verdier som gir en rimelig sikkerhet (f.eks i området 5-50 timer). Forslag om bruk av T90-verdier er fremmet i kap. 6.

## 5 . FOREKOMST OG VIRKNINGER I SJØVANN

Interessen for påvisning av tarmbakterier i sjøvann skyldes først og fremst at:

1. De er indikatorer på om det foreligger en hygienisk risiko
2. De er indikatorer på utslipp av kommunalt (eller privat) avløpsvann

Det foreligger ikke noen landsomfattende sammenstilling om tarmbakterier i sjøvann. For norskekysten som helhet må vi forvente at de ikke kan påvises eller at de bare finnes i små konsentrasjoner.

På Oslos sjøbadeplasser tas det stikkprøver hvert år. De viser gjennomgående lave tall, tosifrede verdier for TBK, med unntak av noen steder langs Nordstrand. Det kan i blant slenge høyere enkeltverdier, men det legges ikke noen vekt på dem, hvis en hygienisk inspeksjon og forholdene forøvrig virker tilfredsstillende.

Sommeren 1988, nærmere bestemt 27. juli skjedde det et uhell slik at driften ved VEAS renseanlegg måtte stoppe. I løpet av en 4-døgns periode strømmet det ialt 610 000 m<sup>3</sup> urensset avløpsvann ut i Lysakerfjordens øvre vannlag. Følgende tall for koliforme bakterier, KB, ble funnet (Jon Moseng, pers. medd.):

Dato	Vækerøy	Bygdøy sjøbad	Paradisbukta	Huk
27.juli 1988				120
28.juli	2000	600	400	600
1.august	6000	2100	500	600
4.august	600	130	15	15
10.august			11	14

Det var også et stort overløp til Sandvikselva. Tilsvarende data, TKB/100 ml, fra Bærum (oversendt fra Kommunalavdelingen for helse og sosiale tjenester) :

Dato	Rolfs-tangen	Båttstø-jordet	Kadett-tangen	Kalvøya øst	Kalvøya syd	Kalvøya vest
7.6	-	140	130	9	130	150
27.7	19	70	>3000	250	>3000	-
28.7	77	34	>3000	>3000	-	-
4.8	24	-	50	-	85	200
10.8	-	-	190	-	25	47

Det blåste overveiende nordavind i perioden. Uhellet ble meldt straks slik at de kommunale tilsynsmyndighetene kunne følge med i utviklingen. Det ble satt opp plakater på flere språk med advarsel mot bading. Etter en uke kunne de tas ned igjen. Hendelsen viser Oslofjordens evne til raskt å uskadeliggjøre et stort spontanutslipp av tarmbakterier.

Badestrender i Norge ligger ofte i skjermede, lune områder med relativt stillestående vann. Påvirkning fra kloakkutslipp vil gjerne bli forsinket, slik at betydelig selvreinsing gjør seg gjeldende. Slike strender vil sjelden ha store mengder tarmbakterier. Eksempler på det motsatte er noen viktige badeplasser i Mandal og Trondheim som ligger slik til at bakterieholdig elvevann når frem på kort tid. Både på Sjøsandene i Mandal og Korsvika i Trondheim har det ofte vært målt TKB-mengder som har vært betenkelig høye.

### **Indikator for helserisiko**

Direkte påvisning av patogene organismer i vann forekommer i spesielle tilfeller og er knyttet til direkte medisinske vurderinger. I det alt overveiende praktiske arbeid med undersøkelser og overvåking har man konsentrert oppmerksomheten om de termotolerante koliforme bakteriene, TKB, med den generelle antagelsen at de er gode indikatorer for at det kan forekomme patogene organismer (se kap.1.).

Det er foretatt en rekke undersøkelser av forholdet mellom tarmbakterier i sjøvann og sykdomshyppighet hos badende. Det foreligger rapporter om sjøvannsutslipp og badevannsproblemer fra mange forskjellige land. Prinsippene for undersøkelser og vurderinger er ofte sammenlignbare, men resultatene kan variere sterkt. Befolkningenes helsesituasjon varierer meget sterkt, slik at forholdet mellom indikatorbakterier og patogene organismer varierer tilsvarende. Det kan derfor i praktisk sammenheng være grunn til å feste seg mest ved data fra sammenlignbare områder, f.eks. UK, Tyskland og Danmark.

Det er utført et stort antall målinger av tarmbakterier i sjøvann rundt kysten av Norge. Det meste er utført lokalt i regi av de lokale helsemyndigheter. Det utgis ikke noen sammenstillinger av disse data og det er heller ikke utført noen analyse og vurdering av dette materialet. På grunn av analysenes usikkerhet og betydningen av en rekke faktorer ved prøvetaking og analyse som har stor betydning for resultatene, ville det være meget tidkrevende å gjøre en faglig fullverdig komparativ analyse av de regionale forholdene.

I en undersøkelse i Hong Kong (Kueh m.fl.,1992) ble kunstige sår på rotter inokulert med forurenset sjøvann. Av 318 isolater fra sårene var 242 sjøvannsbakterier og 40 tarmbakterier. Arter som kan være patogene for mennesker ble funnet i tilstrekkelig antall til å skape sårinfeksjoner, selv på uforurensete steder.

Larsen og Willeberg (1984) bestemte tarmbakterier i danske badeområder. Noen steder var høye tall påvist samtidig med andre indikasjoner på fekal og organisk forurensning når 1000 TKB/100 ml ble brukt som grense for helsefare. Andre steder var høye tall for TKB alene indikasjoner på hygienisk forurensning.

Leoni og Legnani (1991) undersøkte sammenhengen mellom bading i ferskvann og sjøvann og helserisiko. Risikoen var større for barn enn for voksne og større for svømmere, dvs. de som oppholdt seg lenge i vannet, enn for andre.

Balarajan m.fl. (1991) undersøkte helserisikoen ved bading i sjøvann ved Ramsgate, England. 2010 personer ble intervjuet. Vannkvaliteten var dårligere enn EF-standard (2000 TKB/100 ml) i 12% av tilfellene. Det ble påvist en sammenheng (på 95% konfidensnivå) mellom bading og mage/tarm/luftveis-symptomer. Symptomene økte med økende eksponering.

Birchall (1991) undersøkte mengden av koliforme bakterier, KB, på en rekke badeplasser i Syd-England. På hele 18 strender ble det funnet bakterietall høyere enn EF-maksimum på 10 000 KB/100 ml. Tall opptil 200 000 og 3 000 000 KB/100 ml ble funnet på kjente badestrender.

Eykyn (1988) undersøkte helserisikoen på britiske strender. Intervju med 1900 personer på to steder med forskjellig forurensningsgrad, en "ren" og en "forurenset". Færre svømmende ble syke på den rene badeplassen enn den forurensete. Av 27 badeplasser i 4 kystavsnitt var det bare 10 som holdt EF-standard (2000 TKB/100 ml) og 5 som holdt US-standard (200 TKB/100 ml). Opptil 93600 TKB/100 ml ble målt.

Betydningen av badevannskvalitet for epidemiologi i britisk sammenheng ble gjennomgått av Kay og McDonald (1986). Det forelå artikler med motstridende konklusjoner om helserisikoen. Bading i ferskvann syntes å gi større helserisiko enn bading i sjøvann. Behovet for epidemiologiske data ble understreket.

Det er mange beskrivelser av helsetilstanden hos badende og badestrandbesøkende som viser en viss sammenheng mellom sjøvannets innhold av tarmbakterier og sykdom. Sammenhengen er nærmest "kvalitativ" og gjelder både mage-tarm lidelser og andre sykdommer. (Fattal m.fl. 1986, Rideout, 1986, Foulon m.fl. 1983).

Mens Shuval (1975) har påvist sannsynligheten for at noen blir syke når mange mennesker bader i bakterieforurenset vann, har Moore (1975) konkludert at sannsynligheten for at smitte kan komme fra vannet man svømmer i, er meget liten og uten praktisk betydning. Han hevder at det ut fra folkehelsevurdering ikke er behov for TKB-standarder for bading i sjøvann. Selv om Moores standpunkt, etter det vi vet, ikke har hatt gjennomslag hos noen myndigheter, kan det ha vært medvirkende til at få epidemiologer har fattet interesse for sykdomsoverføring via bading.

Cabelli (1981) gjennomførte en bred, flerårig epidemiologisk analyse av forholdet mellom virus og infeksjoner hos sjøvannsbadende på tre lokaliteter i USA og en i Egypt. Lettere tilfeller av gastroenteritter var det symptom som var best korrelert med bading og med vannets innhold av enterokokker eller E.coli. Virus (rotavirus, norwalk virus) ble antatt å være den viktigste årsak til symptomene.

Cabelli m.fl. (1983) har bearbeidet materialet fra et 3-års studium av New Yorks badestrender. De registrerte mage-tarm symptomer som med stor sannsynlighet stammet fra bading, og sammenholdt det med påvisning av aktuelle indikatororganismer. Korrelasjonskoeffesienten for fekale streptokokker var 0,96 og for TKB bare 0,51.

Saliba og Helmer (1990) har foretatt en grundig gjennomgang av de mange forsøkene på å relatere sjøvannskvalitet til helserisiko ved bading. Det er fremkommet forskjellige resultater som har ført til forskjellige kriterier, standarder og forvaltningspraksis i de enkelte land. På grunn av problemets størrelse, når antall badende tas i betraktning, trengs det ytterligere epidemiologisk forskning for å få et bedre vurderingsgrunnlag.

Selv om en litteraturgjennomgang etterlater et noe forvirrende inntrykk angående smittefaren ved å bade, må man nå slå fast at det er en reell helserisiko ved å bade i forurenset sjøvann. I tillegg tilsier generelle betraktninger at tarmbakterieinnholdet i sjøvann er en nyttig indikator for forurensningssituasjonen.

### **Indikator på utslipp av husholdningsavløpsvann**

På grunn av tarmbakterienes raske desimering i sjøvann, kan man ikke ut fra TKB-innholdet anslå mengden av andre forurensningskomponenter fra avløpsvannet. På den annen side kan man si at nettopp på grunn av den raske desimeringen, vil påvisning av TKB være en indikator på en forsk forurensning, dvs. at det er utslipp i nærheten av målestedet. Da de fekale streptokokkene, FS, overlever lenger i sjøvann enn kolibakteriene, vil samtidig bestemmelse av FS og bruk av forholdet TKB/FS kunne si noe om alderen på forurensningen. Med et visst kjennskap til lokale strømforhold, kan påvisning av tarmbakterier vise at det foreligger en forurensningssituasjon og kanskje også bidra til å peke på hvor de permanente eller tidvise forurensningskilder er.

Kommunale eller private avløp vil på mange måter påvirke vannet det slippes ut i. Valg av rensemetode, utslippsmengde, utslippsmåte og utslippssted vil være avgjørende for hvilke virkninger som kan spores. Det dreier seg om mange forskjellige virkninger fra nedslamming og uestetiske forhold til påvirkning av de biologiske forholdene og fare ved å spise marine organismer.

Ut fra kunnskap om de faktiske forhold med hensyn til utslipp og resipientens egenskaper, og bruk av erfaring og skjønn, kan TKB-målinger være en verdifull informasjon om den generelle forurensningssituasjonen.

T. Larsen (1992) har diskutert usikkerhetene ved fastsettelsen av badevannskvalitet. Han legger vekt på de store variasjoner i bakterietall som forekommer både ved målinger i felt og ved bruk av modeller. Han refererer at T90-verdier i danske farvann ligger i området 3-50 timer og at de er høyest i turbid vann. Det oppfordres til debatt om bruk av numeriske modeller og trekkes ikke noen praktisk konklusjon. Vannkvalitetsstandarder bør generelt ikke erstattes av risikoanalyse for sykdom etter bading.

Et interessant innspill om bruk av sjøvannskriterier er kommet fra Head and Crawshaw (1992). I Lancashire nordvest-England (nord for Wales) var det en rekke badeplasser som skulle beskyttes mot forurensninger fra ca. 550 000 personer. Bruk av av fine siler og lange utslippsledninger ville gi tilstrekkelig beskyttelse av badestrender og marint liv, ifølge dagens engelske kvalitetsstandarder. Nye retningslinjer fra den engelske regjering og lokalpolitisk press førte allikevel til at hovedvekten ville bli lagt på rensing (at least secondary treatment).

## **6. BRUK AV KRITERIER OG STANDARDER**

For drikkevann er kvalitetskravene meget strenge. For vann som nyttes i næringsmiddelindustrien er de hygieniske kravene også meget strenge, og de samme som for drikkevann. I prinsippet skal drikkevannet være fritt for tarmbakterier.

Helsevesenet har flere ganger vurdert vannkvalitetsnormer forbading.

Sosialdepartementet presenterte i rundskriv av november 1976 (Statens institutt for folkehelse, 1976) retningslinjer for badevannskvalitet. Selv om dette var en veiledende norm, ble den lagt til grunn og dels brukt bokstavelig av de respektive helserådene. Kravet til badevann, både ferskvanns- og sjøvannsbad, var basert på 50 *E.coli*, dvs. i praksis 50 TKB per 100 ml som grenseverdi (geometrisk middel av minst 5 prøver) etter nærmere oppgitte fremgangsmåter.

Et Utvalg oppnevnt av Sosialdepartementet la frem en innstilling om Helserådstjenesten i juni 1984 (NOU 1984:28). Utvalget har bl. a. vurdert badevann (s.97-98). Det heter i Utvalgets vurderinger:

*Forskrifter om bassengbad bør i prinsippet beholdes som nå. Forskrifter om offentlig bad eller organisert badevirksomhet hvor dette er en del av en campingplass eller annen forretningsvirksomhet, bør bli underlagt tilsvarende forskrifter som bassengbad.*

*Når det gjelder de øvrige offentlige tilgjengelige badeplasser eller badestrender, bør man operere med en noe mer fleksibel norm. Ved planlegging av nye strender, eller til bruk for vurdering av utslipp, bør man holde seg til den norm som gjelder i dag og ikke akseptere at *E.coli* skal overskride et antall på 50 pr 100 ml vann både i ferskvann og saltvann. Dette bør danne grunnlaget for helserådstjenestens vurdering av nye anlegg og ved tilråding til forurensningsmyndighetene i forbindelse med utslipp. Ved eksisterende badeplasser som ikke drives forretningsmessig, bør man vurdere forholdene noe mer fleksibelt ut fra et faglig skjønn på når man vil frarå bading. WHO's norm for tilfredsstillende - dvs. *E.coli* <100, kan danne utgangspunktet for et slikt skjønn ved bading i i sjøvann og <50 ved ferskvann.*

Bassengbad var ikke med i denne vurderingen, heller ikke sjøvannsbassenger. For bassengbad er det egne normer, de skal være tilsatt desinfeksjonsmiddel (klor) som kan påvises i vannet.

For året 1994 har Statens helsetilsyn, SHT, laget nye normer for vann i friluftsbad med grenseverdiene 100 TKB/100 ml for God og 1000 TKB/100 ml for Mindre god kvalitet (Statens helsetilsyn 1994). Dette er dels gjort i samarbeid med SFTs klassifisering av vannkvalitet (SFT, 1994), som denne rapporten er en grunnlagsrapport for. SHTs forskrift om friluftsbad ventes å komme vinteren 1995.

Cabelli m.fl. (1983) har sterkt anbefalt bruk av vannkvalitetskrav basert på bl.a. indikatorbakterier. Kravet skal være basert på kriteriet om forholdet mellom sykdomsrisiko og indikatorbakterier, og være en øvre grense for denne risiko. I nedenstående figur har de antatt en sammenheng som det kan tas utgangspunkt i.

Verdens Helseorganisasjon (WHO, 1975 og 1977) har for sjøvann definert <100 *E. coli*/100 ml som tilfredsstillende, og <1000 som akseptabelt. Det presiseres at for å være akseptabelt må ikke mer enn 10% av prøvene tatt i badesesongen overskride 1000.

Europarådet (EF), 1975, anfører at mindre enn 100 fekale coli/100 ml er veiledende nivå, mens bindende krav er at det skal være mindre enn 2000. Rådets direktiv av 8.12.1975.

I følge EUs forslag til kvalitetskrav til badevann (EU 1994) opprettholdes kravet for fekale koli (TKB). For FS er grensene 100 som veiledende og 400 som bindende per 100 ml. Dessuten skal det analyseres på enterovirus, hvor kravet er 0 per 10 liter.

I USA er kravet at for minst 5 prøver skal geometrisk middel være under 200 TKB/100 ml og under 10% av prøvene overskride 400/100 ml i en 30 dagers periode (US,EPA 1976).

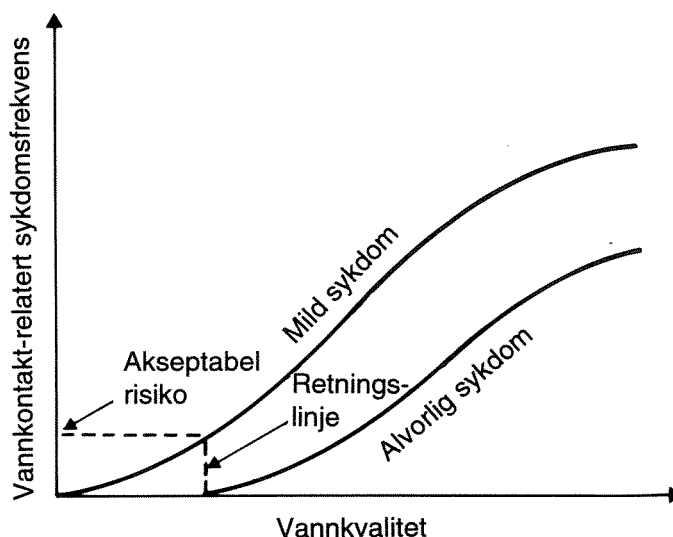


Fig. 2 Sammenhengen mellom vannkvalitetskrav og kriterier for helserisiko. (Cabelli m.fl.,1983)

I Sverige benyttes det 3 kvalitetsklasser (Naturvårdsverket, 1989):

Tjänligt	<100	TKB/100 ml	<30	FS/100 ml
Tjänligt med anmärkning	100 - 1000	-	30-300	-
Otjänligt	>1000	-	>300	-

De svenske grenseverdiene er under revisjon.

I Danmark er grensen for *E. coli* i saltholdig badevann 1000/100 ml, og den grensen må ikke overskrides i mer enn 5% av prøvene i sesongen (Miljøstyrelsen, 1991).

I Australia er 1000 fekale coli/100ml satt som øvre grense, og 200 skal brukes i månedene med intens bading.

I forskriftene ovenfor er brukt betegnelsene *E. coli* og fekale coli. Det kan i praktisk sammenheng settes lik TKB. Det er viktig å minne om hvor usikre bakterieanalysetall er, og at det for enkelttall kan være flere hundre prosent usikkerhet. Derfor er det alltid tale om tallserier og bruk av 90- eller 95-persentiler.

Både i Norge og internasjonalt er TKB den sentrale indikatororganisme ved bakteriologisk overvåking av friluftsbad. Det meste som blir gjort av overvåking i Norge benytter TKB som indikatororganisme. Mange benytter også fekale streptokokker (FS), clostridier og andre mikroorganismer som kan gi verdifull tilleggsinformasjon. Det kan være viktig å merke seg at Cabelli m.fl. (1983) fant at FS ga langt bedre korrelasjon til observerte mage-tarmsymptomer

etter bading. Det kan derfor være aktuelt å vurdere nærmere hvilket valg av indikatororganismer som bør anbefales i fremtiden.

Ivar Hellesnes (pers.medd.) mener at fordi FS forsvinner langsommere i sjøvann enn TKB, kan det være nyttig å bestemme begge organismegruppene ved undersøkelse av sjøvann, og særlig hvis forurensningen ikke er helt fersk. Hellesnes foreslår derfor at begge bør inngå i rutineundersøkelser av badeplasser med sjøvann.

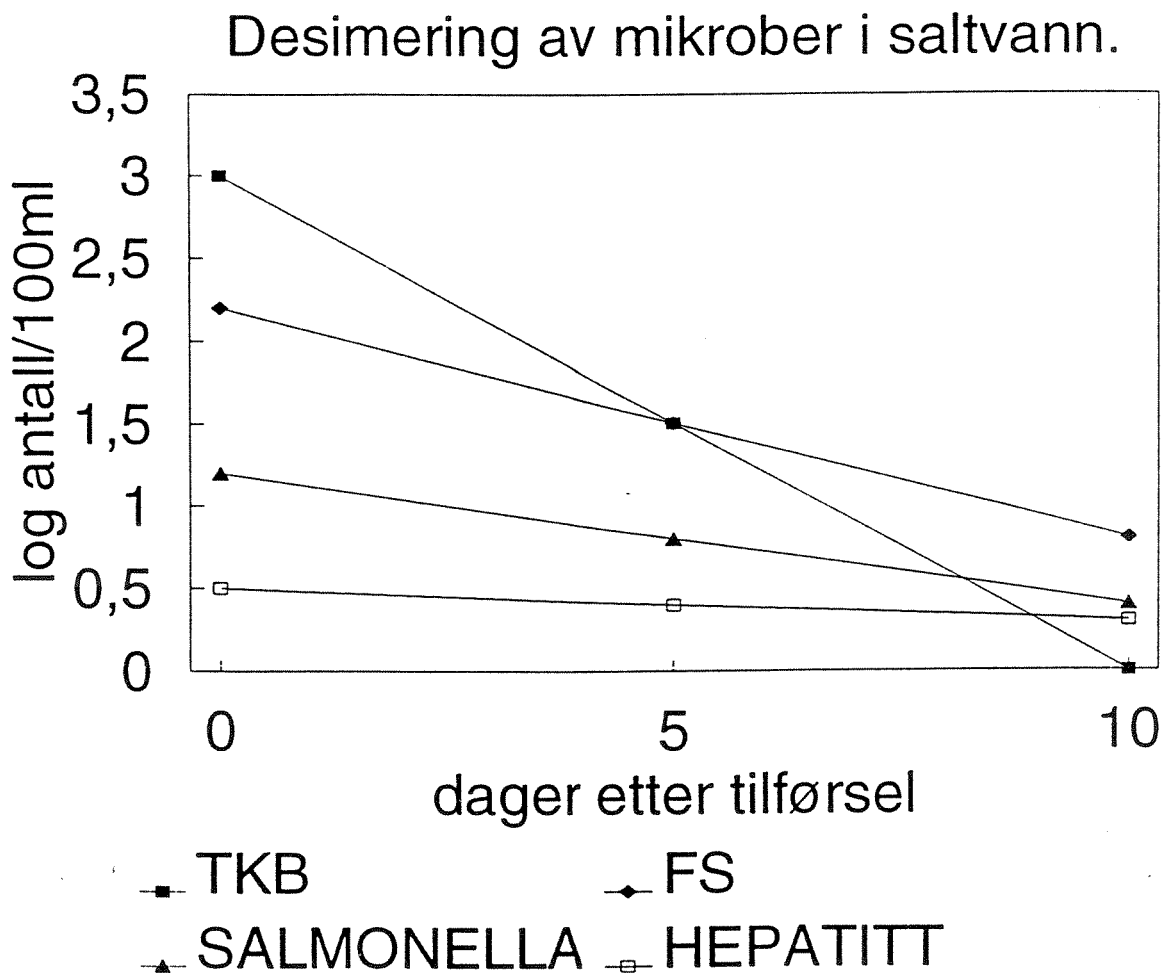


Fig.3. Desimeringsforholdene for TKB, FS samt to patogener (Salmonella og hepatit-A virus) er illustrert ut fra en idealisert desimering (ref. Ivar Hellesnes, Næringsmiddelkontrollen i Trondheim).

## 7. DISKUSJON

Det foreligger et betydelig materiale om forekomsten, desimeringen og virkningene av tarmbakterier i sjøvann. Mange problemer er ennå uløst, og fortsatte undersøkelser vil sikkert bringe mer klarhet. Det er et stort behov for en innsamling og vurdering av norske data. Allikevel gir litteraturen et bilde av situasjonen som langt på vei bør være tilstrekkelig til å trekke en del praktiske konklusjoner.

Først og fremst må det konstateres at det mikrobiologiske bildet ved forurensning med avløpsvann er meget komplisert. Vi har å gjøre med en rekke arter av forskjellig mikroorganismer, og innen hver art kan det igjen være et stort antall atskillbare biotyper (serologisk bestemte stammer). De fleste er en naturlig del av menneskers og andre dyrs tarmflora og er ikke sykdomsfremkallende. Men det finnes en rekke mikroorganismer som er patogene, innenfor gruppene: Bakterier, virus, protozoer og amøber. Flere forekommer meget sjelden i Norge, mens andre finnes i befolkningen eller blir brakt inn med reisende og turister fra andre land .

Interessen for tarmbakterier i sjøvann knytter seg særlig til deres helsemessige betydning. Det er alltid mulig at avløpsvann fra boliger inneholder sykdomsfremkallende organismer og at disse ved inntak kan overføre sykdom fra et menneske til et annet. Det dreier seg om mange forskjellige organismer, hos oss for det meste bakterier og virus.

Den mest brukte indikatorbakteriegruppen, termotolerante koliforme bakterier, TKB, påvises alltid i kommunale og private husholdningsavløp, og det er overveiende sannsynlig at de stammer fra mennesker eller varmblodige dyr. Påvisning av TKB i sjøvann er i de aller fleste tilfeller en sikker indikator på at det foreligger utslipp av kommunalt avløpsvann eller forurenset vassdrag. Avrenning fra beitemark kan muligens også være årsaken. Fordi overlevelsestiden for TKB i sjøvann er kort, vil påvisning enten bety at utslippet er relativt nært eller er ført frem med en kraftig strøm.

Den vekt det skal legges på TKB-funn som indikator på forurensninger og som mål for hygienisk risiko ved bading, er i noen grad avhengig av rensetiltak og utslippsmåte, situasjonen i den lokale vannforekomsten, og hvor stort område som er infisert. Det bør alltid utøves et faglig skjønn av forholdene på prøvestedet, av vannforekomsten og eventuelle forurensningskilder.

Tarmbakteriene er en meget følsom indikator på forurensning fra mennesker, husdyr eller ville dyr (f.eks.måker). Når det påvises TKB i sjøvann, vil det overveiende sannsynlig skyldes avløp fra tettbebyggelse, eventuelt enkelthus. TKB viser dermed at det kan foreligge en generell forurensningssituasjon. Det er delvis en erfaringssak i hvert tilfelle hvor høye TKB-tall det må være for at den generelle forurensning er et problem. Ettersom TKB dør ut ganske raskt i sjøvann, kan det være grunn til å legge vekt også på lave tall, hvis de forekommer over et større område.

Tarmbakterienes betydning for livet i sjøen er lite studert. Ettersom de er miljøfremmede organismer vil de tape i konkurransen og bli utslettet. Teoretisk kan det tenkes at de overfører sykdom til marine organismer, men det foreligger så vidt vites ingen informasjon om det. Derimot kan de bli opptatt i organismer som blir brukt som mat av mennesker. Denne problemstillingen er først og fremst aktuell for skjell og vil bli omtalt under helseproblemene nedenfor.



I et analyseprogram for overvåking kan man ikke lete etter potensielle sykdomsfremkallende mikroorganismer. Derfor har oppmerksomheten samlet seg om bruk av indikatororganismer, dvs. organismer som viser om det foreligger forurensninger som kan stamme fra feces fra mennesker, eventuelt fra dyr. Blant de indikatororganismer som brukes, er de termotolerante koliforme bakteriene, TKB, de viktigste. Fekale streptokokker, FS, kan gi verdifull tilleggsinformasjon, og er bl.a. aktuelle hvis det er ønskelig å skille mellom forurensninger fra mennesker og dyr, og ved vurdering av eldre utslipp.

Mengdeforholdet mellom TKB og sykdomsfremkallende mikroorganismer er av stor praktisk interesse. Det er ikke noe bestemt tallmessig forhold. Det kan tvert imot variere mellom vide grenser, også i samme avløpssystem. Det er antatt at antallet TKB alltid vil være langt det største. Relasjonen mellom tarmbakterier, bestemt som TKB, og sykdomsfare vil av denne grunn hovedsakelig være av semi-kvantitativ art. Innholdet av patogene organismer er bestemt av helsesituasjonen i den befolkning som avløpssystemet betjener. De sykdommer badende kan pådra seg, er bare delvis relatert til mengden av tarmbakteriene i badevannet.

Bestemmelser av tarmbakterier i sjøvann som er rapportert fra andre land (se kapitlet foran), viser ofte helt andre og høyere verdier enn de vi opererer med hos oss. Det fremgår også av beskrivelsene at kloakkutslippene ofte er større, foregår til overflaten og på eller nær badestrendene. Litteraturgjennomgangen har vist at bading-svømming i klart forurenset vann gir øket sykdomsfare, men det er ikke etablert noen kvantitativ sammenheng. Det vil også nødvendigvis variere fra sted til sted. Den reelle sykdomsfare er også bestemt av andre faktorer (som avkjøling, personlig hygiene m.m.).

Ved fastsettelse av krav til innhold av tarmbakterier i sjø-badevann er det mange måter å resonnerer på. Viktigst er det kanskje å fastslå at selv om det knytter seg betydelig usikkerhet både til selve bestemmelsen av bakterieinnholdet og til vurderingene av resultatene, er det i praktisk sammenheng nødvendig å ha krav eller retningslinjer. Tarmbakterier er en meget følsom og viktig indikator både på forurensning og på helsefare.

Analyseverdier for bakterier er usikre. Stort sett må man være tilfreds om første siffer, i beste fall de to første, er riktig. Store variasjoner mellom enkelttall kan være en del av usikkerheten. Sikkerheten øker med antall analyser, men systematiske feil kan også forekomme. En god regel er derfor alltid å ha mange tall å støtte seg på. Det kan være bruk av flere indikatororganismer, flere prøver i løpet av et visst tidsrom, flere prøvesteder nær hverandre eller kombinasjoner av disse. Det anbefales å bruke 90-persentiler. Det er dessuten nyttig at man ser alle enkelttallene i sammenheng og bruker et skjønn på det de forteller.

Følgende eksempel kan vise en måte å regne på:

Forutsatt:        2000 TKB per patogen organisme  
                       Maksimalt inntak per person 300 ml sjøvann  
                       Infeksjonsdose >1 organisme og ti-dobbel sikkerhet

Gir:                 $2000 \times 1 \times 0,1 \times 100/300 \approx 70 \text{ TKB}/100\text{ml sjøvann}$   
                       Hvis den tidobbelte sikkerheten sløyfes, blir grensen 700 TKB/100 ml.  
                       Hvis infeksjonsdosen også settes >10, blir grensen 7000 TKB/100 ml.

Regnestykket viser helsefaren for en enkelt person. Hvis det er 1000 mennesker som bader og man krever at ingen skal bli smittet, vil kritisk TKB-konsentrasjon bli 1000 ganger mindre. Verdien av slike regnestykker kan være tvilsom, og de viser at man alt etter valg av tall og vurderinger, kan få meget forskjellige resultater.

Ved vurdering av nye utslipp, eller hvor langt virkningen av et eksisterende utslipp kan spre seg, må man gjøre en rekke antagelser:

- Hvor mange TKB er det i utslippet?
- Hvor stor fortykning blir det på et aktuelt målested?
- Hvor lang tid tar transporten til målestedet?
- Hvilken utdøingsfaktor bør velges?

### **Grenseverdier for tarmbakterier i sjøvann ved bading**

Ved fastsettelse av grenseverdier kan det tas hensyn til:

- Den reelle helsefare
- Den generelle hygieniske situasjon
- Indikasjonen på om det foreligger en massiv forurensning

Det må videre, slik som nevnt i NOU 1984:28, tas hensyn til under hvilke forhold grenseverdiene kan komme til anvendelse for friluftsbad:

- For bading ute i åpen natur
- For bading på tilrettelagte badeplasser
- For planlegging av badeplasser
- For vurdering eller planlegging av utslipp

Selv om det kan hevdes at bading i tarmbakterieinfisert sjøvann medfører liten helserisiko, er det grunn til å ta hensyn til de badendes fysiske og psykiske velvære. Velværet er avhengig av at man svømmer i rent vann i rene omgivelser, og ikke føler at man er i en resipient.

På eget ansvar bør folk få bade hvor de vil, om det ikke foreligger akutt helsefare. Der hvor det offentlige på en eller annen måte sitter med et ansvar, ved at bading er anbefalt eller sogar tilrettelagt, bør strenge krav settes. Det samme gjelder hvor bading inngår i næringsvirksomhet, f.eks. campingplass. Kravene bør baseres på erfaringer i vårt land. Begrunnelsen for kravene bør være både den reelle helsefare og den generelle forurensningssituasjon.

Det er foreslått (SHT, 1994) at det veiledende krav for god badevannskvalitet bør være 100 TKB/100 ml, og at kvaliteten er mindre god inntil 1000 TKB/100 ml. Ved verdier over 1000 TKB/100 ml er vannet ikke akseptabelt for bading. Grenseverdiene skal overholdes for 90% av prøvene og det bør tas minst 10 prøver i løpet av en badesesong.

Den praktiske bruk av disse grenseverdiene for friluftsbad i sjøen kan være:

A Der hvor offentlige myndigheter tilrettelegger for bading, eller ved skilt og på annen måte viser til at det er mulighet for friluftsbad, eller hvor bading inngår som en del av en

forretningsmessig virksomhet (campingplass), bør kravet være at 90 % av minst 10 prøver tatt i en badesesong er under 100 TKB/100 ml og at de øvrige er under 1000 TKB/100 ml.

B. Der hvor det foregår bading på eget ansvar uten at det foreligger noen tilrettelegging/henvisning/næringsvirksomhet bør inntil 1000 TKB/100 ml være akseptabelt, forutsatt at et hygienisk skjønn ikke tilsier noe annet..

C. Der hvor bakterieinnholdet er omkring eller over 1000 TKB/100 ml bør det generelt advares mot bading.

D. Ved bestemmelse av FS ved siden av TKB bør de samme grenseverdier benyttes.

E. Ved vurdering av eksisterende eller nye utslipp, bør TKB være <100/100 ml på nærmeste aktuelle badested.

De fleste steder hvor det foregår bading i større omfang, bør falle inn under punkt A; det vil si at de lokale myndigheter bør sørge for overvåking og ved behov veilede publikum.

### **Grenseverdier ved bruk av sjøvann i næringsmiddelindustri**

Sjøvann kan bli brukt som prosessvann i industrien, spesielt ved foredling av fisk. Da bør det bakteriologiske kravet være det samme som for drikkevann, dvs. fravær av koliforme bakterier. De fleste steder hvor slik virksomhet foregår, vil det være vanskelig å skaffe sjøvann som med sikkerhet tilfredsstillende dette kravet. Det vil i praksis si at de aller fleste stedene må prosessvannet renses/desinfiseres. Det er grunn til å vente at attest for tilfredsstillende kvalitet på prosessvann vil bli krevet for eksport og annen omsetning av næringsmidler.

### **Grenseverdier for akvakultur**

Ved dyrking av fisk i merder og andre innretninger må det settes krav til vannkvalitet og sikkerhet mot smitte av fiske sykdommer eller overføring av sykdommer til konsumentene. Selv om et visst innhold av tarmbakterier kan være akseptabelt, bør kravene være strenge slik at ikke oppdrett foregår der hvor det er en tydelig påvirkning. De foreslåtte grenseverdier bygger på et generelt skjønn. Ut fra de verdier som oppdrettet representerer, anbefales det at anleggene plasseres slik at det sjøvann som strømmer til og passerer forbi er i klassen "Godt egnet".

Ved dyrking av skjell, hvor bakterier fra vannet kan bli akkumulert i det spiselige produkt, og hvor f.eks. østers gjerne spises i rå tilstand, bør kravet være at tarmbakterier i sjøvannet rundt anleggene normalt ikke forekommer, og ikke overstiger kravet til "Godt egnet".

### **Tarmbakterier som indikator på annen forurensning**

Fordi tarmbakterier forekommer i kommunalt og privat husholdningsavløpsvann i stort antall, representerer de en meget følsom indikator på om slik forurensning forekommer. I urensset avløpsvann kan konsentrasjonene av andre forurensninger være små i forhold til bakterietallet, men hvis avløpsvannet er mer eller mindre vidtgående rensset, kan funn av tarmbakterier bety at andre typer forurensning også kan være av et visst omfang. Fordi tarmbakterier dør ut raskt i sjøvann, vil betydningen av bakteriefunn på tilsvarende måte bli vurdert ut fra en antagelse om

avløpsvannet alder i sjøvannet. Overvåking av vannkvalitet ved analyse av TKB er godt utbredt på landsbasis, det er derfor grunn til å dra nytte av resultatene i videst mulig sammenheng.

Der hvor man regelmessig finner TKB i vannet, bør det påvises hvor utslippene foregår og om driften av eksisterende renseanlegg er tilfredsstillende eller om ytterligere tiltak er påkrevet. Hvilke grensetall som bør nyttes, må avgjøres etter et lokalt skjønn av strømningsforhold og fortykning.

### Klassifisering av tilstand og forurensningsgrad

Tarmbakterier forekommer ikke naturlig i sjøvann. Funn av TKB betyr derfor at det er tilførsel av tarmbakterier via utslipp eller vassdrag. Da TKB dør ut relativt raskt i sjøvann, vil påvisning bety at forurensningen er relativt fersk. Klassifiseringen av forurensningsgraden blir den samme som for tilstanden, bare med andre betegnelser på klassene slik det fremgår av tabellteksten nedenfor.

### Sammenstilling av grenseverdier for TKB i sjøvann

Nedenstående to tabeller bruker SFTs klassifiseringssystem. 300 TKB/100 ml er satt som grense mellom nokså dårlig og dårlig tilstand. Det er brukt samme termer som i SFTs veiledning (SFT,1994) som foreligger trykket omtrent samtidig med denne grunnlagsrapport.

Klassifisering av tilstand ut fra innhold av tarmbakterier. Forurensningsgrad er satt lik tilstand slik: 1 = Lite forurenset, 2 = Moderat forurenset, 3 = Markert forurenset, 4 = Sterkt forurenset, 5 = Meget sterkt forurenset.

Parametre	Tilstandsklasse				
	I God	II Mindre god	III Nokså dårlig	IV Dårlig	V Meget dårlig
Termotolerante koliforme bakterier/100ml (90-persentiler)	<10	10-100	100-300	300-1000	>1000

Samletabell for forslag til grenseverdier av TKB for vann til forskjellig bruksformål.

	Egnethetsklasse			
	1 Godt egnet	2 Egnet	3. Mindre egnet	4. Ikke egnet
Termotolerante koliforme bakterier/100 ml				
<b>Friluftsbad og rekreasjon</b>	-	<100	100-1000	>1000
<b>Akvakultur</b>	<10	10-100	100-300	>300
<b>Råvannsfor- syning</b>	<5	5-100	100-1000	>1000

## 8. LITTERATUR

- Balarajan, R., V.S.Raleigh, P.Yuen, D.Wheeler, D.Machin and R.Cartwright, 1991. Health risks associated with bathing in sea water. *Br.Med.J.* 303, no 6815, 1444-1445.
- Bell, R.G., D.Munro and P.Powell, 1992. Modelling microbial concentrations from multiple outfalls using time-varying inputs and decay rates. *Wat.Sci.Tech.* 25, 181-188.
- Bellair, J.T., G.A.Parr-Smith and I.G.Wallis, 1977. Significans of diurnal variations in fecal coliform die-off rates in the design of ocean outfalls. *J.WPCF*,49,2022-2030.
- Birchall. A. 1991. South coast beach blues. *Surveyor*, 176, no.5157, 12-15.
- Cabelli, V.J. 1976. Indicators of recreational Water quality. In: Hoadley,A.W and B.J.Dutka: Bacterial indicators/health hazards associated with water. ASTM,Philadelphia,p.222-238.
- Cabelli, V.J., 1981. Epidemiology of enteric viral infections. In: Goddard,M. and M.Butler, Viruses and waste water treatment. Pergamon Press. p 291-304.
- Cabelli, V.J., A.P.Dufour, L.J.McCabe and M.A.Levin, 1983. A marine recreational water quality criterion consistent with indicator concepts and risk analysis. *J.Wat.Pollut.Contr. Fed.* 55, 1306-1314.
- EU 1994. Proposal for a Council directive concerning the quality of bathing water, 94/C 112/03.
- Europarådet, 1975. Rådets direktiv 76/160/EØF af 8.december 1975 (dansk udgave)
- Eykyn, S.J., 1988. Health hazards from British beaches. *Br.Med.J.* 296,no.6635, 1484.
- Fattal, B., E.Peleg-Olevsky, Y.Yosphe-Purr and H.I Shuval, 1986. The association between morbidity among bathers and microbial quality of sea water. *Wat.Sci.Tech.*18, no 11, 59-69.
- Foulon, G., J.Maurin, N.N. Quoi and G.Martin-Bouyer, 1983. The relationship between bacterial population of sea bathing water and human health. A preliminary study. *Rev.Fr. Sci. l'Eau*, 2, no.2, 127-143.
- Gameson, A.L.H., 1975. Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press 455 p. :
- Gameson, A.L.H. and D.J.Gould, 1975. Effects of solar radiation on the mortality of some terrestrial bacteria. In: Gameson,A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press. p.209-220.
- Harremoës, P., 1975. In situ methods for determination og microbial disappearance in sea water. In. Gameson, A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press. p. 181-190.
- Head, P.C. and D.H.Crawshaw, 1992. Marine disposal of waste water from combined sewerage systems - problems, politics, practicalities. *Wat.Sci.Tech.* 25, 245-252.

Hellesnes, I., red., 1979. Spesialnummer 1B av VANN, 14 årgang, er viet vannhygiene med 14 enkeltartikler 168 s.

Hellesnes, I., 1979. Indikatorer med hygienisk betydning i vann. VANN 1979 hefte 1B, 57-75.

Hellesnes, I. og A.Lian, 1992. Karakterisering av avløpsvann fra Høvringen renseanlegg. Rapport nr. 6/92, Næringsmiddelkontrollen i Trondheim.

Horchani, A, 1992. Environmental and health issues: Impacts of water and waste management.. Int. Conf. Water and the Environment. Dublin. WMO, Geneva .

Jabar Al-Mossawi, M.A., M-H.Kadri, A.A.Salem and T.D.Chugh, 1983. The use of clams as bioindicator of fecal pollution in seawater. Wat.Air, Soil Poll. 20, no 3, 257-263.

Kay, D. and A.McDonald, 1986. Bathing water quality: The relevance of epidemiological results in the British context. Eur.Wat.Sew. 90, no 1085, 321-322 and 326.

Kueh, C.S.W., P.Kutarski and M.Brunton, 1992. Contaminated marine wounds - the risk of acquiring acute bacterial infection from marine recreational beaches. J.Appl.Bact.,73, nr.5, 412-420.

Langland, G., 1979. Biologisk-hygieniske forhold ved rensing av avløpsvann. Vann, 1979, 1B, 135-149.

Larsen, J.L. and P.Willeberg, 1984. The impact of terrestrial and estuarial factors on the density of environmental bacteria (Vibrionaceae) and fecal coliforms in coastal water. Zentralbl. Bacteriol.Microbiol.Hyg. (B), 179, 308-323.

Larsen, T, 1992. Debate on uncertainty in estimating bathing water quality. Wat.Sci.Tech. 25, 197-202.

Lassen, J. og T.Omland, 1979. Humane infeksjonssykdommer overført med vann. VANN, 1979, 1B, 81-94.

Leoni, E. and P.Legnani, 1991. Risks of infection connected with bathing. (In Italian). Inquinamento, 33, nr 3, 98-102.

Lund, V., 1984. Overlevelse i vann av mikroorganismer med relasjon til menneskelig helse - et litteraturstudium. St.inst.folkehelse, rapp.nr. SK10/83.

Miljøstyrelsen, 1991. Badevand i Danmark, Sådan kontrollerer vi det.. Miljøministeriet, København.

Midttun, I., 1993. Patogener i kommunalt avløpsvann. SFT-rapport 93:25.

Mitchell, R and C. Chamberlin, 1975. Factors influencing the survival of enteric microorganisms in the sea: An overview. In Gameson, A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press.

- Moore, B., 1975. The case against microbial standards for bathing beaches. In: Gameson, A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press, p. 103-109.
- Naturvårdsverket 1989. Strandbad, vattenkvalitet och kontroll. NNV, Allmänna råd 89,4.
- Norsk Standard 4714.T1. Vannundersøkelse. Koliformebakterier, termotolerante koliforme bakterier og presumptiv *E.coli*. MPN-rørmetode. 1.utg.mai 1990 med tillegg mars 1991.
- Norsk Standard 4788. Vannundersøkelse. Koliforme bakterier. Membranfiltermetode. 1.utg.mai 1990.
- Norsk Standard 4789. Vannundersøkelse. Prøvetaging for bakteriologisk undersøkelse av vann. 1.utg.mai 1990.
- Norsk Standard 4790. Vannundersøkelse. Teknikker for kvantitativ bestemmelse av mikroorganismer fra vann, sedimenter og kloakkslam. 1.utg.feb.1989.
- Del 1. Generelt utstyr, valg av analyseteknikk, lagring av data.
  - Del 2. Tillaging og lagring av kulturmedier, tillaging av generelle løsninger.
  - Del 3. Fortynning og spesialbehandling av laboratorieprøver.
  - Del 4. Membranfilterteknikk.
  - Del 5. Spreddeplatteteknikk.
  - Del 6. Innstøpningsteknikk.
  - Del 7. MPN-teknikk.
- Norsk Standard 4792. Vannundersøkelse. Termotolerante koliforme bakterier og presumptiv *E.coli*. Membranfiltermetode. 1.utg.mai 1990.
- Norsk Standard 4793, Vannundersøkelse. Fekale streptokokker. Kolonitellingsmetode. 1.utg.mai 1990.
- NOU:1984:28. Helserådstjenesten.
- Ormerod, K. og J.Molvær, 1983. Vurdering av rensekrav for utslipp av kommunalt avløpsvann til sjøresipienter. Rapport 6: Hygieniske effekter. NIVA-rapport, l.nr. 1568. 43 s.
- Paoletti, A., A.Parella, F.Aliberti and E. Gargiulo, 1978. The time taken for the count of enterobacteria and enteroviruses to fall by 90% in sea water. (in Italian). Ig.Mod. 71, 38-85.
- Pearson, E.A., 1975. Conceptual design og marin waste disposal systems. In: Gameson, A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls. Pergamon Press. p. 403-413.
- Rideout, G. 1986. Britain faces a long haul to clean-up the beaches. Surveyor, 167, no 492, 12-15.
- Roberts, P.J.W. and N.Williams, 1992. Modelling of ocean outfall discharges. Wat.Sci.Tech. 25, 155-164.
- Saliba, L.J. and R.Helmer, 1990. Health risks associated with pollution of coastal waters. World Health Stat. Q., 43, 177-187.

SFT. 1994. Klassifisering av miljøkvalitet i fjorder og kystfarvann. Virkninger av tarmbakterier. SFT-veiledning 94:09, TA 1003/1994.

Shuval, H.I. 1975. The case for microbial standards for bathing beaches. In: Gameson, A.L.H., Discharge of sewage from sea outfalls, Pergamon Press, p.95-102.

Statens institutt for folkehelse, 1976. Kvalitetskrav til vann. Drikkevann - vann for omsetning - badevann. I-2026. Ny rev.utgave.

U.S. EPA, 1976. Quality criteria for water. U.S. EPA, Washington D.C.42.(July 1976).

Yoshpe-Purer, Y. and S Golderman, 1987. Occurrence of *Staphylococcus aureus* and *Pseudomonas aeruginosa* in Israel coastal water. Appl.Environ.Microbiol. 53, no5, 1138-1141.

WHO, 1975. Guides and criteria for recreational quality of beaches and coastal waters. Report on a working group.

WHO, 1977. Health criteria and epidemiological studies related to coastal water pollution. Report of a group of experts.

Østensvik, Ø., 1979a. Samtidig bruk av fysikalske, kjemiske og bakteriologiske undersøkelser ved registrering av forurensninger i vassdrag. VANN, 14, nr.1B, 150-157.

Østensvik, Ø., 1979b. Desimering av miljøfremmede mikroorganismer i vann. VANN, 1979, 1B, 25-37.