



VKM Report 2020: 07

Giardia og *Cryptosporidium* i norsk drikkevann

Vitenskapelig uttalelse fra faggruppen for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mat og miljø

Rapport fra Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) 2020:07

Vitenskapelig uttalelse fra faggruppen for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mat og miljø
19.06.2020

ISBN: 978-82-8259-345-8

ISSN: 2535-4019

Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM)

Po 4404 Nydalen

N – 0403 Oslo

Norway

Tel.: +47 21 62 28 00

Email: vkm@vkm.no

vkm.no

Cover foto: Mostphotos.com

Forslag til sitering: VKM, Lucy Robertson, Solveig Jore, Danica Grahek-Ogden, Vidar Lund, Marina Aspholm, Georg Kapperud, Kjetil Melby, Trond Møretrø, Truls Nesbakken, Taran Skjerdal. 2020. *Giardia* og *Cryptosporidium* i norsk drikkevann. Vitenskapelig uttalelse fra faggruppe for hygiene og smittestoffer i Vitenskapskomiteen for mat og miljø. VKM rapport 2020:07, ISBN: 978-82-8259-345-8, ISSN: 2535-4019. Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM), Oslo, Norway.

Giardia og Cryptosporidium i norsk drikkevann

Forfattere

Vitenskapskomiteen for mat og miljø (VKM) utnevnte en prosjektgruppe for å svare på oppdrag fra Mattilsynet. Prosjektgruppen besto av to medlemmer fra faggruppen for hygiene og smittestoffer, en ekstern ekspert fra Folkehelseinstituttet (FHI) og en prosjektleder fra VKMs sekretariat. To eksterne fagfeller kommenterte og gjennomgikk utvalgte deler av manuskriptet. VKMs faggruppe for hygiene og smittestoffer evaluerte og godkjente den endelige vurderingen som prosjektgruppen hadde utarbeidet.

Medlemmer av prosjektgruppen som har bidratt til å utarbeide vurderingen:

Lucy Robertson – leder av prosjektgruppen og medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Norges miljø- og biovitenskapelige universitet;

Solveig Jore – medlem av prosjektgruppen og medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Folkehelseinstituttet;

Danica Grahek-Ogden – medlem av prosjektgruppen og prosjektleder i sekretariatet i VKM. Tilknytning: VKM.

Vidar Lund – medlem av prosjektgruppen. Tilknytning: 2) Folkehelseinstituttet;

Medlemmer av faggruppen for hygiene og smittestoffer som har bidratt til godkjenning av vurdering (alfabetisk foran leder av faggruppen):

I tillegg til Lucy Robertson og Solveig Jore:

Marina Aspholm – Medlem av prosjektgruppen og medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Georg Kapperud – medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Folkehelseinstituttet; 3) Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Kjetil K. Melby – medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Universitet i Oslo; 3) Oslo universitetssykehus

Trond Møretrø – medlem av prosjektgruppen og medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) NOFIMA

Truls Nesbakken – medlem av faggruppen for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Taran Skjerdal – leder av faggruppe for hygiene og smittestoffer i VKM. Tilknytning: 1) VKM; 2) Veterinærinstituttet

Kunngjøring

VKM vil takke Heidi Huus Petersen (DTU) og Pikka Jokelainen (SSI) for kommentarer og synspunkter på vurderingen. VKM understreker at de to som fagfeller ikke er ansvarlige for innholdet i vurderingen. I henhold til VKMs rutiner for godkjenning av risikovurderinger, mottok VKM deres kommentarer før faggruppen ferdigbehandlet og godkjente vurderingen og påfølgende ferdigstilling for publisering.

Kompetanse hos VKM eksperter

Personer som arbeider for VKM, enten som utnevnte medlemmer av komiteen eller som eksterne eksperter, gjør dette i kraft av sin vitenskapelige kompetanse, ikke som representanter for sine arbeidsgivere eller tredjepartsinteresser. Retningslinjer for offentlige tjenester gjelder for alt arbeid utført av VKM.

Innholdsfortegnelse

| | |
|--|-----------|
| Sammendrag på norsk | 7 |
| Summary | 8 |
| Definisjoner..... | 10 |
| Bakgrunn fra Mattilsynet..... | 12 |
| Mandat fra Mattilsynet | 12 |
| 1 Litteratur..... | 13 |
| 1.1 Vurdering av relevans..... | 13 |
| 2 Innledning..... | 13 |
| 2.1 Norsk regelverk for drikkevann..... | 13 |
| 2.2 Hygieniske barrierer ved vannbehandling | 14 |
| 2.2.1 UV-desinfeksjon | 15 |
| 2.2.2 Ozonering..... | 16 |
| 2.2.3 Membranfiltrering..... | 16 |
| 2.3 Reduksjon til akseptabelt nivå..... | 16 |
| 2.4 Flaskevann | 16 |
| 2.5 Status i ledningsnettet siden 2009 | 17 |
| 2.6 Påvirkning av klimaendringer (fra råvann til ledningsnett)..... | 17 |
| 2.7 Metoder for påvisning av <i>Giardia</i> og <i>Cryptosporidium</i> i vann | 18 |
| 2.8 Overvåking av parasitter i vann..... | 18 |
| 3 Fareidentifisering og –karakterisering..... | 19 |
| 3.1 <i>Cryptosporidium</i> spp. | 19 |
| 3.1.1 Cryptosporidiosis i Norge | 19 |
| 3.1.2 Utbrudd i Norge | 20 |
| 3.1.3 Vannbårne utbrudd i Sverige | 21 |
| 3.2 <i>Giardia duodenalis</i> | 21 |
| 3.2.1 Giardiasis i Norge | 22 |
| 3.2.2 Utbrudd i Norge | 22 |
| 4 Eksponering | 22 |
| 4.1 Forekomst av <i>Giardia</i> og <i>Cryptosporidium</i> hos norske dyr..... | 22 |
| 4.2 Forekomst og overlevelse av <i>Giardia</i> og <i>Cryptosporidium</i> i norske drikkevannskilder .. | 23 |
| 4.3 Parasittreducerende vannbehandlingsmetoder i Norge | 24 |
| 4.4 Beskyttelsesnivå av norsk drikkevann | 25 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 4.5 | Risikogrupper | 25 |
| 4.5.1 | Giardiasis..... | 25 |
| 4.5.2 | Cryptosporidiosis..... | 25 |
| 5 | Risikokarakterisering | 26 |
| 6 | Usikkerhet/datamangler | 27 |
| 7 | Konklusjoner (med svar på spørsmål) | 28 |
| 8 | Referanser..... | 30 |
| 9 | Vedlegg I | 34 |
| 9.1 | Livssyklus til <i>Cryptosporidium</i> spp. og <i>Giardia duodenalis</i> | 34 |
| 10 | Vedlegg II | 36 |
| 10.1 | Forekomst av sykdom og utbrudd forårsaket av <i>Giardia</i> | 36 |
| 10.2 | Forekomst av sykdom og utbrudd forårsaket av <i>Cryptosporidium</i> | 37 |

Sammendrag på norsk

Innledning

I 2009 utarbeidet VKM rapporten «Risikovurdering av parasitter i norsk drikkevann» som omhandlet *Giardia* og *Cryptosporidium*. De siste årene har brakt endringer i klima som kan påvirke tilstedeværelse av parasitter i norsk drikkevann, aktualisert i desember 2018, da *Giardia* ble påvist i produkter fra en produsent av flaskevann og leskedrikker, og var først tenkt å være knyttet til en nedbørsperiode.

Mattilsynet har behov for oppdatert kunnskap om *Giardia* og *Cryptosporidium* i drikkevann, og har bedt Vitenskapskomiteen for mat og miljø om å oppdatere risikovurderingen fra 2009.

Metode

Primærsøk for litteratur ble utført ved bruk av Advanced Search Builder i PubMed-databasen (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) i januar 2020. Alle søkeord var søkt om i Title/Abstract - feltet.

I og med at denne vurderingen er en oppdatering, ble det brukt en kvalitativ metode for å beskrive eventuelle endringer i forutsetninger for konklusjoner i forrige VKM vurdering.

Heidi Huus Petersen (DTU) og Pikka Jokelainen (SSI) kommentert vurderingen før godkjenning.

Usikkerhet

Usikkerhet i vurderingen knytter seg særlig til:

- mangelfull informasjon om den reelle forekomsten av parasitter og hvilke arter/genotyper som forekommer hos mennesker og dyr i Norge.
- mangelfulle data om hvor mye konsentrasjonen av parasitter øker i vannet ved mye nedbør/snøsmelting eller ved klimaendringer.
- mangelfull informasjon om hvor stor effekt lokale forurensninger med parasitter vil ha på ulike typer drikkevannskilder.

Konklusjoner

Prøvetakingsplaner er ofte ikke baserte på vurdering av økt sannsynlighet for kontaminering, og prøver kan være tatt tilfeldig og for sjelden. Mange analyser er gjort av laboratorier som mangler akkreditering for den aktuelle analysen. Akkreditering sikrer kvalitet av analysen. Bildet av forekomsten av parasitter er derfor ikke blitt klarere siden siste vurdering utarbeidet av VKM.

Effekter av klimaendringer gjør seg allerede gjeldende og kan føre til mer avrenning fra miljøet av vann, som er kontaminert med parasitter og andre patogener, til overflatekilder, som utgjør majoriteten av drikkevannskildene i Norge. Samtidig kan også klimaendringene påvirke selve vannkvaliteten (mer brunt vann/humus) og vil dermed redusere virkningsgraden av UV- desinfeksjonen av drikkevannet.

Til sammen vil dette antagelig medføre økt eksponering av befolkningen for disse to parasittene.

Når det gjelder analysemetode, er hovedproblemet at parasitter mest sannsynlig ikke er distribuert jevnt gjennom vannmassene, og at volumet av vannkilden er mye større enn volumet som kan analyseres. Selv om man bruker 1000L for analysen istedenfor 10L, er andelen som analyseres, fortsatt svært liten. Det er derfor viktig at prøvetaking er basert på vurdering av sannsynlighet for kontaminering, og at prøvene er tatt på best egnet punkt, for eksempel med hensyn til sted hvor kontaminering er mest sannsynlig.

Summary

Key words: VKM, risk assessment, Norwegian Scientific Committee for Food and Environment, Norwegian Environment Agency, parasites, tap water, drinking water

Introduction

In 2009, VKM prepared the report «Risk assessment of parasites in Norwegian drinking water». Recent years have brought changes in climate that may affect the occurrence of parasites in Norwegian drinking water. This was brought into focus in December 2018, when *Giardia* was detected in products from a bottled water and soft drink manufacturer, and was initially thought to be associated with a rainfall period.

The Norwegian Food Safety Authority needs updated knowledge about *Giardia* and *Cryptosporidium* in drinking water, and has asked the Scientific Committee for Food and Environment to update the 2009 risk assessment.

Method

A primary literature search was conducted using the Advanced Search Builder in the PubMed database (www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed) in January 2020. All keywords were searched in the Title / Abstract field.

As this assessment is an update, a qualitative method was used to describe any changes in the assumptions on which the conclusions in the previous assessment were based.

Heidi Huus Petersen (DTU) and Pikka Jokelainen (SSI) commented on the assessment before approval.

Uncertainties

Uncertainty in the assessment is particularly related to:

- insufficient information on the actual occurrence of parasites and the species / genotypes that occur in humans and animals in Norway.
- inadequate data on the extent to which the concentration of parasites in the water increases during or after heavy rainfall / snowmelt or climate change.
- insufficient information on the effect of local environmental contamination with parasites on different types of drinking water sources.

Conclusions

Sampling plans today tend not to be based on assessing the increased likelihood of contamination, and samples may be taken non-systematically and too seldom. Many of the analyses conducted to date have been performed by laboratories lacking accreditation for that particular analysis. Accreditation ensures the quality of the analyses performed. Our overall understanding of the occurrence of parasites in drinking water has therefore not improved since the last VKM assessment.

The effects of climate change are already in force and can result in more runoff from the environment to surface water (which are the majority of drinking water sources in Norway). At the same time, climate change can also affect some characteristics of the water itself (e.g., more humus or particles in the water) and this may reduce the efficiency of disinfection (including with UV) of the drinking water.

All these factors will probably result in greater exposure of the population to these two parasites.

Regarding the method for analysis, one main problem is that parasites are most likely not evenly distributed throughout the water masses and that the volume of the water source is much larger than the volume that can be analysed. Thus, even if 1000 L is used for the analysis rather than 10 L, the representative proportion analysed is still very small.

It is therefore important that sampling is based on a systematic plan, based on assessment of the probability of contamination (taking into account, for example, weather conditions) and that the sampling point is appropriate, for example, regarding where contamination is most likely to occur, and taking into account the specific characteristics of each water source and watershed.

Definisjoner

Avløpsvann: Vann som ledes bort fra en eiendom, og som er forringet i kvalitet ved påvirkning av menneskeskapte prosesser. Det består av flytende avfall, inkludert kloakk, fra husholdninger, næringsvirksomhet, industri og/eller landbruk.

CT-verdi: Produktet av konsentrasjon (C) av et aktivt stoff og tiden (t) stoffet får virke. Der hvor det aktive stoffet forbrukes under reaksjonen hvor det virker, for eksempel ved klordesinfeksjon, måles konsentrasjonen noen ganger som sluttkonsentrasjon, andre ganger som middelkonsentrasjon i virkeperioden.

Cyste: Robust transmisjonsstadium av *Giardia*; skilles ut i avføring og forekommer i miljøet, inkludert i vann.

Cryptosporidiose: Sykdom forårsaket av *Cryptosporidium parvum*, *C. hominis* eller andre *Cryptosporidium*-arter og genotyper. Parasitten angriper slimhinner i tarmen og kan gi vanntynn diaré, magesmerter, vekttap og brekninger. Cryptosporidiose er også knyttet til noen langsiktige helseeffekter, inkludert leddsmerter og IBS-lignende symptomer.

Drikkevann: Alle former for vann som ubehandlet eller etter behandling er bestemt for drikke, matlaging eller andre husholdningsformål, samt alle former for vann som er bestemt for bruk i næringsmiddelvirksomheter til produksjon, behandling, konservering eller markedsføring av produkter bestemt for konsum.

Giardiasis: Sykdom forårsaket av *Giardia duodenalis*. Karakteriseres ved akutt sykdom som diaré, øvre mage- og tarmlager med magesmerter og luftoppstøt med rått lukt. Den går ofte over til en kronisk fase med tilbakevendende, periodisk diaré. Infeksjonen er ofte asymptomatisk og gir ofte langvarig bærerskap.

Hygienisk barriere: Naturlig eller tillaget fysisk eller kjemisk hindring, herunder tiltak for å fjerne, uskadeliggjøre eller drepe bakterier, virus, parasitter mv., og/eller fortynne, nedbryte eller fjerne kjemiske eller fysiske stoffer til et nivå hvor stoffene ikke lenger representerer noen helsemessig risiko.

ID₅₀: Infeksiøs dose (50%), den dose av et smittestoff som er nødvendig for at 50% av dem som utsettes for smittestoffet, blir infisert, men ikke nødvendigvis syke.

IgA: Immunglobulin A er det viktigste immunglobulinet (antistoffet mot smittestoffer) i tarmkanalen.

IgG: Immunglobulin G er det dominerende immunglobulinet (antistoffet) mot smittestoffer. Et smittestoff (antigen) angripes vanligvis først av et immunglobulin kalt IgM fulgt av IgG, som en mer varig og spesifikk respons mot smittestoffet.

Oocyste: Veldig robust transmisjonsstadium av *Cryptosporidium*; skilles ut i avføring og forekommer i miljøet, inkludert i vann.

Råvann: Vann i vannkilder hvor vannet kan brukes til drikkevann, enten uten behandling eller etter nødvendig behandling.

Sporozoit: Invasiv form av *Cryptosporidium*. Hver oocyste inneholder fire sporozoitte

Trofozoit: Aktivt levende stadium (vegetativ form) i livssyklusen til *Giardia*.

Bakgrunn fra Mattilsynet

I 2009 utarbeidet VKM rapporten «Risikovurdering av parasitter i norsk drikkevann» (ISBN 978-828082-342-7). Rapporten omhandlet *Giardia* og *Cryptosporidium*. De siste årene har brakt endringer i klima som kan påvirke tilstedeværelse av parasitter i norsk drikkevann. Økte nedbørmengder er en mulig årsak til tilførsel av parasitter til råvann gjennom tilsig fra miljøet og overløp fra avløpsvann, mens temperaturendringer kan tenkes å påvirke overlevelse. Dette ble senest aktualisert i desember 2018, da *Giardia* ble påvist i råvann og produkter fra en produsent av flaskevann og leskedrikker etter en nedbørsperiode.

Vann er vårt viktigste næringsmiddel. Patogene agens transportert med drikkevannet vil potensielt ha alvorlige og vidtrekkende konsekvenser. Det er i all hovedsak drikkevannsforskriften som regulerer drikkevannsområdet. Per i dag er ikke parasitter omtalt spesielt i drikkevannsforskriften eller veilederen til denne. Gjeldende forskrift ble innført i 2017, altså etter at forrige risikovurdering forelå.

Mandat fra Mattilsynet

Mattilsynet har behov for oppdatert kunnskap om *Giardia* og *Cryptosporidium* i drikkevann. Målet er at 1) vannverkseiere skal kunne legge best mulige planer for prøvetaking, og 2) drikkevannsinpektørene skal kunne vurdere vannverkseiernes prøvetakingsplaner, herunder hvorvidt disse inkluderer de prøvene og analysene som er nødvendige.

Mattilsynet ber Vitenskapskomiteen for mat og miljø om å oppdatere risikovurderingen fra 2009 med følgende punkter:

- 1) Oppdatering av informasjon om forekomst av:
 - a) *Giardia* i råvannskilder og drikkevann i Norge
 - b) *Cryptosporidium* i råvannskilder og drikkevann i Norge
- 2) Faktorer som gjør det mer sannsynlig at parasitter kan være en utfordring for produksjon av nok, trygt drikkevann (for eksempel type råvannskilde eller type aktivitet i nærheten av vannforsyningssystemet).
- 3) Hvilke kriterier analysemetode(n)e må oppfylle for å være gode nok.
 - a) Oppdatert informasjon om tilgjengelig analysemetodikk for *Giardia* og *Cryptosporidium* i drikkevann.

1 Litteratur

Primærsøk ble utført ved bruk av Advanced Search Builder i PubMed og Web of Science databaser i januar 2020. Alle søkeord var søkt om i Title/Abstract -feltet.

Søkestrenger ble konstruert ved kombinerings av søkeord med de bolske variablene AND og OR.

Søkestrengene som ble brukt i PubMed, er vist nedenfor. Ingen avgrensninger på språk eller publiseringsdato var brukt. Noen av søkene var begrenset til oversiktsartikler.

```
(((giard*[Title/Abstract]) OR cryptosporid*[Title/Abstract]) OR  
kryptosporid**[Title/Abstract]) AND water[Title/Abstract]) AND ( "2009/01/01"[PDat] :  
"3000/12/31"[PDat] )) Filters: From 2009/01/01 – søket ga 1210 treff.
```

1.1 Vurdering av relevans

Titlene i alle treff ble undersøkt, og for titlene som var av potensiell relevans til mandatet, ble også abstraktene inspisert. Vurdering av relevans ble utført av medlemmer av prosjektgruppen parallelt, uavhengig av hverandre, og resultater av vurderingene ble deretter sammenlignet. Publikasjoner ble utelukket dersom de ikke hadde relevans for oppdraget.

Referanselistene i utvalgte publikasjoner ble undersøkt for å identifisere flere artikler eller rapporter, som var oversatt av PubMed-søkene.

2 Innledning

2.1 Norsk regelverk for drikkevann

Drikkevannsforskriften (HOD, 2016) angir ingen konkrete grenseverdier for parasitter i drikkevann, men det er angitt allerede i §1. at «Formålet med forskriften er å beskytte menneskers helse ved å stille krav om sikker levering av tilstrekkelige mengder helsemessig trygt drikkevann som er klart og uten fremtredende lukt, smak og farge». Videre under §13. Vannbehandling, står det at «Vannverkseieren skal sikre at råvannet behandles slik at drikkevannet tilfredsstiller kravene i §5 (Grenseverdiene). Vannbehandlingen og kildebeskyttelsen etter §12 (Beskyttelsestiltak) skal til sammen gi tilstrekkelige hygieniske barrierer. Dette innebærer at vannbehandlingen skal være tilpasset råvannskvaliteten, farene identifisert i samsvar med §6 og mengden produsert vann per døgn. En vannbehandlingsmetode som fjerner eller inaktiverer sykdomsfremkallende virus, bakterier, parasitter eller andre mikroorganismer, skal alltid inngå, med mindre vannforsyningsanlegget baserer seg på grunnvann og farekartleggingen etter §6 tilsier at det ikke er nødvendig».

Clostridium perfringens (inkludert sporer) blir fortsatt betraktet som en indikator for mulig forekomst av humanpatogene fekale mikroorganismer som overlever lengre tid enn *E. coli* og intestinale enterokokker i vann. Drikkevannsforskriften krever derfor at dersom *C. perfringens* påvises, så skal vannverkseieren undersøke om patogene mikroorganismer eller parasitter, som for eksempel *Cryptosporidium*, er til stede. Det diskuteres imidlertid fortsatt om *C. perfringens* er egnet som hygieneindikator, da det har vist seg at de også kan vokse på nedbrutte planterester i naturen, og derfor ikke behøver å indikere noen form for fekal forurensning. Erfaringer, blant annet fra *Giardia*-utbruddet i Bergen i 2004, viste at det selv ved denne forurensningssituasjonen kun ble påvist lave antall av *C. perfringens* i vannprøvene. Flere vitenskapelige publikasjoner viser ingen sammenheng mellom *C. perfringens*, andre indikatorer, og parasitter i vann eller avløpsvann (Chauret et al., 1995; Levantesi et al., 2010; Santos & Daniel, 2017). Den europeiske myndighet for næringsmiddeltrygghet, EFSA, noterer at "in analysis of drinking water for protozoan parasites, *C. perfringens* is not considered as an adequate indicator" (EFSA et al., 2018). Siden *Giardia*-utbruddet i Bergen har flere av de største vannverkene gjennomført prøvetaking med hensyn på parasitter i råvannet, noe som har dokumentert at *Giardia* og *Cryptosporidium* forekommer i lave antall i våre vannkilder, og at det derfor er nødvendig med økt fokus på kildebeskyttelse og vannbehandling som fjerner/inaktiverer parasitter.

2.2 Hygieniske barrierer ved vannbehandling

I følge Veileder til drikkevannsforskriftens §13 Vannbehandling, skal «Vannverkseier sørge for at drikkevannet som leveres til abonnentene har passert et tilstrekkelig antall hygieniske barrierer, slik at vannet er fritt for virus, bakterier, parasitter, andre mikroorganismer eller stoffer som i antall eller konsentrasjon utgjør en mulig helsefare». Her tenkes det spesielt på forurensning fra avløpsvann og/eller fra beitende og ville dyr. Tabell 2-1 gir en oversikt over de behandlingsmetodene som benyttes ved norske vannverk. Vannverk med koagulering + UV bestråling, Ozon/biofiltrering + UV bestråling, membranfiltrering (m/nominell poreåpning ≤ 1000 nanometer (nm)) og behandlingsanlegg med god råvannskvalitet (lite farge og partikler) men med UV desinfeksjon, kan ansees som tilfredsstillende hygieniske barrierer mot parasitter.

Tabell 2-1. Totalt antall vannbehandlingsanlegg og personer tilknyttet, ved norske vannverk, basert på data fra 2018 (Kilde: MATS/VREG)

| Vannbehandling | Antall behandlingsanlegg ¹ | Antall personer forsynt |
|---------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| Membran-filtrering | 109 | 130 000 |
| UV-bestråling | 979 | 4 500 000 |
| Koagulering | 166 | 2 170 000 |
| Ozonering-biofilter | 24 | 109 000 |
| Ozon-desinfeksjon | 1 | 400 |

¹ Behandlingsanlegg tilknyttet kreskilder og reserveskilder inngår ikke. De oppgitte tallene kan være noe usikre fordi de er basert på vannverkernes egne rapporteringer. Fordi de fleste vannverk med koagulering har UV-bestråling som sluttdesinfeksjon, kan tallene i tabellen ikke summeres

Usikkerheten med hensyn til parasitter i vann dreier seg derfor om vannforsyningen til de resterende drøyt 10 % av befolkningen, tilknyttet vannverk som forsyner <50 personer eller er forsynt fra egen brønn, hvor faren for smitte er avhengig av eventuell tilførsel av parasitter til inntaksområdet (for eksempel dypet). Sikkerheten mot overføring av parasitter til befolkningen vurderes ut fra kombinasjonen av sikkerhet i kilde og sikkerhet i vannbehandlingen. En eventuell manglende sikkerhet i vannkilden må kompenseres med økt sikkerhet i vannbehandlingen. Ved denne tilnærmingen til sikkerhetsproblemet spiller nivået av parasitter i vannkilden mindre rolle, fordi sikkerheten i vannkilden må vurderes ut fra et mulig forurensningspotensial i akuttsituasjoner og ikke bare fra eventuelle jevnlige tilsig.

Klimaendringer og påfølgende økning i farge, partikkelinnhold og mikrober i våre råvannskilder har skapt et økt behov for innføring av fargefjerning, noe som har ført til en økning i antall behandlingsanlegg med koagulering (flokkulering) og filtrering. Optimalt drevet klarer disse anleggene å redusere innholdet av parasittcyster med 2,7 - 3,6 log-enheter (se tabell 1 i risikovurdering av parasitter fra 2009), men det forutsetter god driftsovervåkning ved hjelp av on-line turbiditets- eller partikkelmålinger. I veilederen til drikkevannsforskriften angis det at restinnholdet av aluminium eller jern som benyttes som koagulanter («tilsetningsstoffer») ved koagulering, erfaringsmessig vil være mindre enn 0,15 mg/L, samtidig som fargeverdien er mindre enn 5 mg Pt/L og mengden organisk stoff <3 mg C/L. Dette vil sikre at turbiditeten erfaringsmessig er <0,2 FNU, noe som er vist å sikre optimal fjerning av cyster/oocyster. Kombinert med UV bestråling som sluttdesinfeksjon, som er vanlig å benytte ved slike anlegg, vil dette være en god barriere mot parasitter.

2.2.1 UV-desinfeksjon

Etter *Giardia*-utbruddet i Bergen i 2004 innførte de fleste vannverk i Norge UV-desinfeksjon, da parasittene er vist å være svært resistente mot klor og ozon, mens både *Giardia* og *Cryptosporidium* er vist å være følsomme overfor UV-bestråling, som det fremgår av Tabell 2-2. Siden 2009 er alle nye UV-aggregater med norsk typegodkjenning testet etter en biodosimetrisk metode (tester utført med *Bacillus subtilis* sporer (Europeiske tester) eller MS2 bakteriofag (i USA) som testorganismer) med en Reduction Equivalent Fluence (Dose) på 40 mJ/cm², noe som er en tilstrekkelig UV-dose til å inaktivere alle relevante parasitter i vann, med minst 3-logenheter (99,9 %) (Tabell 2-2). Som det fremgår av dosekravene i Tabell 2-2, vil også normalt eldre UV-anlegg, godkjent etter en teoretisk beregnet gjennomsnittsdose på 30 mJ/cm², gi tilstrekkelig inaktivering for *Giardia* og *Cryptosporidium*.

Tabell 2-2. Minste UV-dose (mJ/cm²) for ulik log-inaktivering av *Cryptosporidium* og *Giardia* i henhold til amerikanske krav (USEPA, 2006).

| Log-inaktivering | Minste UV-dose | | | | | | |
|------------------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1,0 log | 1,5 log | 2,0 log | 2,5 log | 3,0 log | 3,5 log | 4,0 log |
| Cryptosporidium | 2,5 | 3,9 | 5,8 | 8,5 | 12 | 15 | 22 |
| Giardia | 2,1 | 3,0 | 5,2 | 7,7 | 11 | 15 | 22 |

2.2.2 Ozonering

Velger man å benytte ozonering som desinfeksjonsmetode, angis det i §13 i Veilederen til drikkevannsforskriften følgende krav: «Hvis *Cryptosporidium*, *Giardia* og bakteriesporer også skal inaktiveres, bør rest-ozon i vannet være over 5 mg O₃/l etter minst 10 minutter kontakttid». Dosen oppnås normalt ikke ved bruk av ozon-biofiltreringsanlegg alene, men kombinert med UV-bestråling som sluttdesinfeksjon, vil rest-ozon i vannet på over 5 mg O₃/l etter minst 10 minutter kontakttid, fungere som en god barriere også mot parasitter.

2.2.3 Membranfiltrering

Dersom man velger å installere membranfiltrering, angir Veilederen til drikkevannsforskriften vedrørende §13 at den nominelle poreåpningen bør være maksimalt 10 nanometer (nm) for å hindre bakterier, virus, parasitter og bakteriesporer å passere. En nominell poreåpning på maksimalt 1000 nm vil kunne være en hygienisk barriere overfor parasitter, men ikke for bakterier, virus og bakteriesporer.

2.3 Reduksjon til akseptabelt nivå

For drikkevann er kravet at fekale indikatorbakterier ikke skal påvises i 100 mL av ferdigprodusert drikkevann, uansett når og hvor prøvene tas, og hvor mange prøver som analyseres. For å komme ned til et slikt akseptabelt nivå for alle uønskede komponenter i drikkevann, må drikkevannsforsyningen være sikret med minst to uavhengige hygieniske barrierer. En av disse er desinfeksjon. Den andre kan være beskyttet nedbørfelt eller en vannbehandlingsprosess, eller en kombinasjon av flere prosesser. Vannet må ikke inneholde noe som kan svekke desinfiseringen.

Veilederen til drikkevannsforskriften angir under §13 Vannbehandling at «Vannverkseier skal sørge for at drikkevannet som leveres ut til abonnentene har passert et tilstrekkelig antall hygieniske barrierer, slik at vannet er fritt for virus, bakterier, parasitter, andre mikroorganismer eller stoffer som i antall eller konsentrasjon utgjør en mulig helsefare.» Videre står det at «I mange tilfeller kan kravet være oppfylt om 99,9% (3-log) av virus og bakterier er fjernet. Tilsvarende hvis 99% (2 log) av parasitter er fjernet». Men det pågår fortsatt en diskusjon om kravet til å fjerne/drepe parasitter også bør settes til 99,9 % (3-log), spesielt med tanke på at det har vist seg at både *Giardia* og *Cryptosporidium* lar seg inaktivere selv ved lave UV-doser (Tabell 2-2).

2.4 Flaskevann

Da det i henhold til forskriftene ikke er tillat å behandle naturlig mineralvann som skal distribueres som flaskevann, benyttes i de fleste tilfeller vann fra godt beskyttede grunnvannskilder, og vannet tappes da på flasker uten forutgående desinfisering. For å sikre kvaliteten stilles det strenge krav til kontroll av grunnvannskilden. Den skal være godt

beskyttet mot forurensning og det skal foretas hyppig prøvetaking av både råvann og ferdig produsert vann på flaske. I 2018 avdekket en rutineprøve hos en norsk produsent av kildevann, lavt innhold av *Giardia* i råvann og i produsert vann på flaske. Det førte til at et parti flaskevann ble trukket tilbake fra markedet, men det ble ikke rapportert om noen syke knyttet til hendelsen. Funnet ble i etterkant knyttet til arbeid på produksjonsanlegg, og ikke til kontaminering av vannkilden. Det understrekes at intensivert prøvetaking for analyser av både flaskevann og drikkevann i forbindelse med endringer i rutiner (for eksempel tiltak i forbindelse med snøsmelting i nedbørsfelt, arbeid i ledningsnett eller infrastruktur for behandlet vann osv.) er egnet til å avdekke slike hendelser.

2.5 Status i ledningsnettet siden 2009

Data fra Vannverksregisteret/MATS viser at utskiftingstakten på drikkevannsrørene kun er økt fra 0,6 % i 2009 til 0,8 % i 2018, og lekkasjeprosenten redusert fra gjennomsnittlig 29,9 % i 2009 til ca. 28 % i 2018. Det kan konkluderes med at det fortsatt er store utfordringer med et aldrende ledningsnett, og at det går for sakte med fornyelse av dette.

2.6 Påvirkning av klimaendringer (fra råvann til ledningsnett)

Temperatur og andre klimatiske variabler har både direkte og indirekte effekter på parasittsyklusen til *Giardia* og *Cryptosporidium*. Det er imidlertid vanskelig å forutse hvordan klimaendringer vil påvirke parasittene og vertene, men det blir hevdet å være årsakssammenheng mellom klimaendringer og forekomst av fremvoksende (emerging) parasittære sykdommer (Poulin & Mouritsen, 2006). Studier fra USA og Europa har vist at flom og endringer i nedbørsmønsteret, som er et resultat av de pågående klimaendringene, har påvirkning på insidensen av cryptosporidiose og giardiasis (Curriero, Patz, Rose, & Lele, 2001; Nichols, Lane, Asgari, Verlander, & Charlett, 2009).

Klimaendringene i Norge forventes å gi kraftigere og hyppigere nedbørsepisoder, samt økt middeltemperatur, noe som gir lengre sirkulasjonsperioder i våre innsjøer, spesielt om høsten, samt kortere perioder med isdekke. Samlet fører dette til en kraftigere utvasking av organisk materiale og forurensninger fra nedbørfeltene som omgir våre drikkevannskilder (innsjøer og vassdrag). Undersøkelser har vist at dette fører til økt innhold av indikatorbakterier (fra tarminnhold), farge og turbiditet (partikkelinnhold), noe som stiller strengere krav til behandlingsprosessene ved vannverkene og beskyttelsestiltak i nedbørfeltene rundt vannkildene. I første omgang betyr dette at det under et fremtidig klima blir viktig å optimalisere styringen/kontrollen med vannbehandlingen for å begrense virkingen av den dårligere råvannskvaliteten i vannkildene våre. Det blir også viktigere at vannverk installerer ytterligere vannbehandlingstrinn for å sikre produksjon av en hygienisk tilfredsstillende vannkvalitet, inkludert inaktivering/fjerning av patogene bakterier, virus og parasitter.

2.7 Metoder for påvisning av *Giardia* og *Cryptosporidium* i vann

Standard metoder for påvisning av *Cryptosporidium* og *Giardia* (oo)cyster i vann inkluderer først et trinn med filtrering av store mengder vann (vanligvis mellom 10-1000 L), deretter eluering av materialet man får filtrert ut, oppkonsentrering av eluatet (sentrifugering), isolering av potensielle (oo)cyster fra bunnfallet (immunomagnetisk separasjon; IMS), og påvisning og identifisering av eventuelle parasitter. I Europa og Norge bruker vi en ISO standardisert metode (ISO, 2015). Selv om den beskriver forskjellige oppkonsentreringsmetoder (første trinn - flatbed membrane filtration, sealed unit capsule filtration, compressed foam osv.), er kun IMS brukt til isolering av (oo)cyster og kun immunofluorescent antibody (IFAT) er brukt til påvisning. Med IFAT, skjer påvisning ved bruk av antistoffer som er merkede med en fluorokrom (ofte fluoresceinisotiocyanat (FITC)). I tillegg er 4'6 diamidino-2-fenylindol (DAPI) brukt til å vise kjernene inni cyster/oocyster. Både FITC og DAPI vises med epifluorescens mikroskop, som burde, i tillegg ha mulighet for differential interference contrast (DIC/Nomarski) mikroskopering slik at strukturene som er kjennetegn for parasittene kan bli sett. Per i dag er molekylær påvisning ikke en del av de standardiserte metodene, men ofte brukt for karakterisering av parasitter når de er påvist (artsbestemmelser, evt. genotype) slik at det kan bestemmes om parasitter er smittsomme for mennesker. Disse metodene kan ikke gi informasjon om parasittene som påvises er levende og infeksjose (viabilitet og infektivitets bestemmelse).

Ettersom metodene er ganske krevende med hensyn til kunnskap og erfaring, er det viktig at laboratorier som utfører disse analysene har analysene akkreditert og deltar i ekstern kvalitetskontroll (ringtester) som en del av akkrediteringen. I Norge er det flere laboratorier som tilbyr slike analyser, men kun ett som er akkreditert <https://www.akkreditert.no/akkrediterte-organisasjoner/akkrediteringsomfang/?AkkId=225>.

2.8 Overvåking av parasitter i vann

Det foreligger ingen krav i Drikkevannsforskriften (fra 01.01.2017) om prøvetaking av parasitter, verken i råvann eller i behandlet drikkevann, kun for indikatorbakteriene *E. coli*, intestinale enterokokker, koliforme bakterier, kimtall og *C. perfringens*. Ved påvisning av *C. perfringens* skal vannverkseier undersøke om patogene mikroorganismer eller parasitter, som for eksempel *Cryptosporidium*, er tilstede. I §19 i Drikkevannsforskriften (HOD, 2016) understrekes det at vannverkseier skal utarbeide en prøvetakingsplan for vannforsyningssystemet (fra vannkilde til tappekran). «Prøvetakingsplanen skal være basert på farekartleggingen i §6 Farekartlegging og farehåndtering, og inneholde en oversikt over prøvene som er nødvendige for å sikre og vise at vannforsyningssystemet oppfyller kravene i §15 Distribusjonssystem og internt fordelingsnett...»

3 Fareidentifisering og –karakterisering

Livssyklusen til *Cryptosporidium* og *Giardia* er godt beskrevet i litteraturen. Skjematisk oversikt finnes i [Appendiks I](#).

3.1 *Cryptosporidium* spp.

Det finnes forskjellige (ca. 40) arter av *Cryptosporidium*. Artene *C. parvum* (av og til omtalt som *C. pestis*) og *C. hominis*, betraktes som humanpatogene, men det er også rapportert at en del andre arter av *Cryptosporidium* (e.g. *C. cuniculus*, *C. meleagridis*, *C. muris*, *C. felis*, *C. canis*) kan gi sykdom hos mennesker. I tillegg er en del stammer som ikke er blitt beskrevet som art ennå, rapportert å være humanpatogene. Mens *C. hominis* infeksjoner for det meste er begrenset til mennesker, er *C. parvum* en zoonose. *C. parvum* infeksjoner er observert hos en lang rekke dyrearter, særlig unge drøvtyggere, spesielt kalver og lam. I Norge er *C. parvum*, som potensielt kan smitte til mennesker, vanlig hos storfe og sau. Andre arter (for eksempel, *C. ubiquituum*, *C. canis*, og *C. felis*), har også blitt påvist hos dyr i Norge, og det er stor sannsynlighet for at det også finnes andre arter i Norge. De fleste *Cryptosporidium*-arter er nærmest umulige å differensiere ved mikroskopi, fordi oocystene er like både når det gjelder størrelse og form. Artsbestemmelse gjøres derfor ved molekylære metoder, og PCR-baserte metoder er godt beskrevet i litteraturen.

Cryptosporidium har svært robuste oocyster, som skilles ut i avføring hos verten i stort antall (daglig ekskresjonsrate opp til 10^{10}). Dette gjør at parasittene har et stort potensiale for forurensing av miljøet, inklusive vann. Parasittene er små (*Cryptosporidium*-oocystenenes diameter er 3-5 μm), og motstandsdyktige mot en lang rekke miljøfaktorer, inklusive vanlige vannbehandlingsmetoder som klorering.

3.1.1 Cryptosporidiosis i Norge

Cryptosporidiose ble nominativt meldepliktig i Meldingssystem for smittsomme sykdommer, MSIS, fra andre halvår 2012. Sykdommen opptrer ofte asymptomatisk, hvor man kvitter seg med parasitten gjennom avføring i løpet av 3 - 4 uker. For cryptosporidiose varierer dosen som gir symptomer, fra så lite som 10 og opp til mer enn 1000 oocyster. Dette avhenger både av parasittstamme og vertsfaktorer (Plutzer et al., 2018).

Det har vært registrert fra 4 til 378 tilfeller av cryptosporidiose per år fra 2012 - 2019 (Tabell 103). Det har vært en økning i antall tilfeller fra 2016, også for *Giardia* infeksjoner. Det skyldes trolig økt testing for parasitter parallelt med at man også forandret metodikk fra mikroskopi til PCR og dermed har økt testsensitiviteten. I likhet med at man antar at *Giardia* infeksjon er underdiagnostisert, må man også anta det samme for cryptosporidiose. Blant registrerte tilfeller i MSIS (FHI, 2020) er det 49 % som smittes innenlands, 32 % utenlands og 19 % har ukjent smittested. Da det er forskjellig epidemiologi knyttet til de forskjellige arter av *Cryptosporidium*, er det viktig at humane tilfeller artsbestemmes. Ifølge informasjon

gitt til EFSA (2018), er alle humane tilfeller av cryptosporidiose i Norge artsbestemt, men det ser ut til å være feil. Informasjon i MSIS (FHI, 2020) indikerer at kun 1 % av tilfellene er artsbestemt.

Under *Giardia*-utbruddet i 2004 ble *Cryptosporidium* påvist sammen med *Giardia* eller som eneste patogen i til sammen 115 prøver, hvilket indikerer at den antakelig også underdiagnostiseres under normale forhold (L. Robertson, T. Forberg, et al., 2006). Kartleggingsundersøkelsen av avløpsvann viste at *Cryptosporidium* er relativt vanlig i Norge. 80 % av prøvene fra avløpsrensaneanlegg var positive, og konsentrasjonene varierte mellom 100-24 000 oocyster per liter (L. Robertson, T. Forberg, et al., 2006).

I en sammenlikning av tre stammer hos friske frivillige uten spesifikk immunitet mot *Cryptosporidium*, ble det estimert at 9 oocyster ga infeksjon hos 50 % av pasientene for den mest patogene stammen (ID50=9), sammenliknet med 87 oocyster og 1042 oocyster for de to andre stammene (Teunis, Chappell, & Okhuysen, 2002a, 2002b). Mennesker som har vært eksponert for *Cryptosporidium* utvikler immunitet, og blir derfor mer motstandsdyktige mot parasitten. Derfor vil barn kunne være mer disponert for utvikling av sykdom enn voksne ved eksponering til samme mengde oocyster. I smitteforsøk er mennesker med antistoff mot *Cryptosporidium* funnet å være ca. 20 ganger mer motstandsdyktige mot infeksjon enn mennesker uten antistoff (Chappell et al., 1999), og motstanden økte tydelig ved spesifikke IgG nivåer høyere enn 1,4 enheter (Teunis et al., 2002a, 2002b). Det er usikkert hvor spesifikk denne immuniteten er.

Den viktigste smitekilden for mennesker ser ut til å være drikkevann, og det er beskrevet over 50 til dels omfattende vannbårne utbrudd i høyinntektsland. Vinteren 2010 var det et større, vannbårent utbrudd i Østersund i Sverige med anslagsvis 27 000 syke. I 2017 ble det i EU/EØS-området rapportert nærmere 12 000 tilfeller av cryptosporidiose. Flest tilfeller per 100 000 innbyggere ble rapportert fra Irland, Sverige, Norge, Storbritannia og Belgia (ECDC, 2017). Vanligvis skjer vehikkelsmitte gjennom kontaminert vann og matvarer, særlig grønnsaker og bær, som er forurenset med avføring fra smittebærende personer eller dyr. Kontaktsmitte gjennom kontakt med avføring fra mennesker eller dyr eller ved seksuell kontakt (fekal-oral smitte) kan også forekomme. Smittedosen for vanlige, friske personer er angitt til under 100 oocyster.

3.1.2 Utbrudd i Norge

Siden 2009 er det registrert flere utbrudd i Norge (Johansen et al., 2015; Lange et al., 2014; Rimšalienė et al., 2011; Robertson, Temesgen, Tysnes, & Eikås, 2019). Det største var i 2013 med i alt 59 barn fra ulike skoleklasser og skoler i samme kommune. Barna ble i april 2013 syke etter at de hadde vært på en besøksgård. I tillegg ble det rapportert sykdom blant 32 husstands-medlemmer i familier med syke skolebarn, sannsynligvis som følge av sekundær smitte. Utbruddet omfattet dermed i alt 91 personer. *C. parvum* ble påvist i flere pasientprøver og i prøver fra dyr (lam og kje) på besøksgården (Lange et al., 2014). Parasitter fra pasienter og dyr hadde identisk genotype. I tillegg er det blitt registrert flere

mindre utbrudd - 2016: 2 utbrudd med 5 syke personer; 2017: 1 utbrudd med 14 syke personer; 2018: 1 utbrudd med 6 syke personer.

3.1.3 Vannbårne utbrudd i Sverige

I Sverige, som har liknende drikkevannskilder som Norge, har det blitt dokumentert flere utbrudd av cryptosporidiose knyttet til mat, dyr, og vann. Blant disse har det vært noen kommunale utbrudd hvor mange innbyggere har blitt smittet. I 2010 var det estimert at 27 000 innbyggere i Østersund var smittet med *C. hominis* fra kontaminert drikkevann (Widerstrom et al., 2014). Barrierene ved anlegget ble vurdert som for svake, og det ble foreslått å kontrollere råvann, samt implementere flere barrierer som kan enten drepe eller fjerne forskjellige patogener (Adler, Widerstrom, Lindh, & Lilja, 2017). Noen av de direkte kostnadene knyttet til utbrudd skyldtes fravær fra jobb, og var estimert til å være ca. 7 millioner euro (Ridderstedt, Widerstrom, Lindh, & Lilja, 2018). I 2011 var det et annet vannbårent utbrudd av cryptosporidiose i Sverige, i Skellefteå, hvor ca. 20 000 var antatt smittet fra drikkevann (Moreira & Bondelind, 2016). I tilknytning til disse utbruddene, er det spesielt interessant at det ble oppdaget langvarige gastrointestinale plager og leddsymptomer etter infeksjonen (Lilja, Widerstrom, & Lindh, 2018; Rehn et al., 2015).

3.2 . *Giardia duodenalis*

Det finnes forskjellige arter av *Giardia* hvorav noen genotyper (også beskrevet som "assemblages") av *G. duodenalis* (også kalt *G. lamblia*, eller *G. intestinalis*), betraktes som humanpatogene. Enkelte genotyper av *G. duodenalis* regnes som apatogene for mennesker. Andre genotyper (A og B) er påvist i forbindelse med sykdom hos mennesker, og er også påvist hos en rekke pattedyr. I Norge har *G. duodenalis* genotype A og B blitt påvist i elg, reinsdyr, rev, storfe, sau, hester, hunder og chinchilla (Hamnes, Gjerde, Forberg, & Robertson, 2007; Hamnes, Gjerde, & Robertson, 2007; Robertson, Forberg, Hermansen, Hamnes, & Gjerde, 2007). Det zoonotiske potensialet til *G. duodenalis* er fortsatt kontroversielt, og det er ytterligere komplisert ved at Assemblage A er delt i forskjellige undertyper (AI, AII, og AIII) som har varierende vertspreferanser (Sprong, Cacciò, & van der Giessen, 2009). Selv om *Giardia* under enkelte forhold kan smitte fra dyr til mennesker, er det sterke indikasjoner på at slik smitte er relativt uvanlig, og at de fleste humane tilfeller av *Giardia*-infeksjon skyldes smitte fra en annen person og ikke fra et dyr.

De forskjellige genotypene av *G. duodenalis* identifiseres med molekylære metoder. PCR-baserte metoder er godt beskrevet i litteraturen.

Giardia danner robuste cyster som skiller ut i avføring hos verten i stort antall (daglig ekskresjonsrate opp til 10^{10}). Dette gjør at parasittene har stort potensial til å forurense miljøet, f.eks. vann. Parasittene er små (*Giardia*-cyster er 8-12 µm lange og 7-10 µm brede) og motstandsdyktige mot en lang rekke miljøfaktorer, blant annet enkelte vannbehandlingsmetoder som klorering. Det antas at *Giardia*-cyster er mindre hardføre enn *Cryptosporidium*-oocyster.

3.2.1 Giardiasis i Norge

Infeksjonen er vanligvis asymptomatisk og gir ofte langvarig bærerskap. Mennesker og muligens enkelte dyrearter er reservoarer for protozoen, men det er vanskelig å tolke den zoonotiske betydningen av dyreresevoaret (se over). Dyr som mest sannsynlig smitter mennesker, er enten husdyr (storfe, sau, gris), enkelte hjortedyr, eller chinchilla. Selv om *Giardia* hos hund under gitte betingelser har vært knyttet til *Giardia*-infeksjon hos mennesker, er sannsynligheten for smitte fra hund ganske lav i Norge (Robertson et al., 2015). Giardiasis har vært en meldingspliktig sykdom i Norge siden 1975, og antall meldte tilfeller i MSIS av giardiasis varierte fra 179 til 577 tilfeller årlig i perioden 2009 - 2019. Samlet for denne perioden var 61 % smittet utenlands, 21 % innenlands og 18 % hadde ukjent smittested (Tabell 10-1). Det reelle antallet syke er trolig langt høyere, fordi denne sykdommen antageligvis, i likhet med andre gastroenteritter, er betydelig underdiagnostisert.

Inntak av svært små mengder *Giardia*-cyster kan forårsake sykdom hos mennesker. Man regner at så lite som 10 til 25 cyster kan gi sykdom (Hunter et al., 2011). I modeller er det beregnet en ID50 på 35 cyster for *G. duodenalis*. Økt smittedose antas å gi økt risiko for sykdom (Teunis & Havelaar 2002a). Det er blitt estimert at *Giardia*-prevalensen i Danmark, Finland, Norge og Sverige ligger rundt 3 % i den asymptomatiske delen av befolkningen, og at nivået er 5,8 % i den symptomatiske delen av befolkningen.

3.2.2 Utbrudd i Norge

I Norge er det registrert to *Giardia*-utbrudd etter VKM-rapporten om parasitter i norsk drikkevann fra 2009 (Tabell 10-2). Ett utbrudd i 2013 med 11 tilfeller og ett i 2017 med 7 tilfeller. I begge utbruddene er smitekilden ukjent. Det kan også ha forekommet mindre utbrudd uten at de har blitt oppdaget og undersøkt nærmere.

4 Eksponering

4.1 Forekomst av *Giardia* og *Cryptosporidium* hos norske dyr

I Norge har det vært gjort studier av forekomst av begge parasittene blant forskjellige dyrearter, og resultatene viser at de er relativt vanlig forekommende.

Foreløpige genotypingsresultater viser at en del av *Giardia*-isolatene fra dyr er humanpatogene varianter, mens isolater fra noen dyr, som for eksempel hund og katt, sjelden gir infeksjon hos mennesker (Assemblage C, D, E og F). Det er én av årsakene til at påstander om at utbrudd av giardiasis i Bergen i 2004 skyldtes *Giardia* fra hund, sannsynligvis er feil (Robertson et al., 2015). Som nevnt over, kan ikke zoonotisk overføring til mennesker, enten direkte eller via kontaminering av vann og miljø, utelukkes. Selv om det fortsatt er en del uenighet om både *Giardia*-taksonomi og om giardiasis kan betraktes som

en zoonose, er det viktig å presisere at zoonotisk overføring kan forekomme under gitte omstendigheter.

Cryptosporidium fra unge drøvtyggere er ofte *C. parvum* (som er zoonotiske). Det har vært flere utbrudd knyttet til kontakt med unge drøvtyggere, både i Norge og andre land, og disse dyrene kan utgjøre et problem i forbindelse med kontaminering av drikkevannskilder, med muligheter for utbrudd.

4.2 Forekomst og overlevelse av *Giardia* og *Cryptosporidium* i norske drikkevannskilder

Undersøkelser av forekomst av parasittene i drikkevannskilder internasjonalt, både grunnvann og overflatevann, har generelt vist at forekomsten er vanlig, men at antallet er lavt. Det gjelder også i Norge.

Interesse for vannanalyser har økt etter vannrelaterte sykdomstilfeller eller utbrudd, for eksempel etter et utbrudd av vannbåren giardiasis i Bergen (Robertson, L. Hermansen, & B. K. Gjerde, 2006), kontaminering som førte til kokevarsel-episoden i Oslo i 2007 (Robertson, Gjerde, Hansen, & Stachurska-Hagen, 2009), et vannbårent campylobacteriose utbrudd på Askøy i 2019 (Paruch, Paruch, & Sørheim, 2020) og et vannbårent cryptosporidiose utbrudd i Sverige (Rehn et al., 2015). Det er ikke kjent om prøvene som har mange *Cryptosporidium* oocyster, er knyttet til spesifikke hendelser i nedbørsfeltene.

Data fra Mattilsynet viser at det i årene fra 2009 til 2018 ble gjennomført parasittanalyser av råvann (ubehandlet vann fra drikkevannskilder). Det ble undersøkt 869 prøver for *Cryptosporidium* (fra 28 prøver i 2009 til 136 prøver i 2015) og 872 prøver for *Giardia* (41 prøver i 2009 til 137 prøver i 2015). Hovedtyngden av prøvene (ca. 85 %) ble tatt fra innsjøer. De fleste prøvene (minst 67 %) var negative for *Cryptosporidium* og minst 89 % var negative for *Giardia*. I de prøvene hvor parasitter ble påvist, var antallet vanligvis lavt. For *Giardia* varierte antallet mellom 1 til 3 cyster per 10 L. Det var tilsvarende lavt antall for *Cryptosporidium* med unntak av to prøver: en hvor 14 oocyster ble påvist per 10 L vann og en hvor 41 oocyster ble funnet. Det er ikke kjent hvilke tiltak disse forholdsvis høye antallene førte til.

Når det gjelder analyse av behandlet drikkevann, viser dataene fra Mattilsynet at det i analyser av parasitter i råvann fra 2009 til og med 2018, ble analysert 235 prøver for *Cryptosporidium* (mellom 0 prøver i 2015 og 84 prøver i 2018) og 229 prøver for *Giardia* (mellom 0 prøver i 2018 og 60 prøver i 2009). I langt de fleste prøvene ble parasittene ikke påvist - *Cryptosporidium* oocyster ble kun påvist i én prøve (med 4 oocyster i 10 L). Heller ikke her er oppfølgingen av den positive prøven kjent.

Det er viktig å presisere at disse undersøkelsene er utført ved vannverkene, og at det er ukjent hvor pålitelige resultatene er. Ikke alle dataene er registrert, og det er også viktig å merke seg at flere av prøvene mest sannsynlig ikke har blitt analysert av et akkreditert

laboratorium; det er kun ett laboratorium som er akkreditert for slike analyser i Norge, og det har analysert færre prøver enn omtalt her.

Det er også viktig å være klar over at selv om prøvesvaret viser at parasitter ikke er påvist, kan det likevel forekomme parasitter i små mengder som er under metodens deteksjonsgrense. Det er i vitenskapelige studier vist at fordelingen av parasitter i vann er svært ujevn (har en Poisson fordeling) og at dette kan gjøre deteksjon vanskelig og dermed får falske negative prøver.

I en kartleggingsundersøkelse ble det tatt ut prøver fra 40 avløpsrensaneanlegg (minst to i hvert av landets fylker), og 93 % av prøvene var positive for *Giardia*. Konsentrasjonene i avløpsvannet varierte mellom 100 og 28 000 cyster per L (L. Robertson, L. Hermansen, & B. K. Gjerde, 2006).

Giardia-cyster og spesielt *Cryptosporidium*-oocyster regnes for å være robuste, og kan overleve miljøpåkjenninger. De tåler imidlertid frysing dårlig (Fayer, 2004), og det er derfor gjort en del studier for å undersøke overlevelse gjennom vinteren under norske forhold. I ikke-vandige miljøer (jord) ble både *Cryptosporidium*-oocyster og *Giardia*-cyster inaktivert i løpet av vinteren, antakelig fordi parasittens struktur blir ødelagt under frysing og opptining (L. J. Robertson & Gjerde, 2004). Studier i vann tyder på at parasittene ikke overlever en lang vinter under naturlige forhold, selv om de ikke utsettes for frysing. Tusenvis av parasitter ble lagt ut i en norsk elv i beholdere med semipermeabel membran (L. Robertson & Gjerde, 2006). Ingen levedyktige *Cryptosporidium*-oocyster ble påvist etter 20 uker, og ingen levedyktige *Giardia*-cyster ble påvist etter en vintermåned. I løpet av studieperioden varierte vanntemperaturen i elva på målestedet mellom 1,1 °C og 7,3 °C, og laveste lufttemperatur målt var -16,9 °C. Selv om det ble observert is på overflaten i studieperioden, og dette ved én anledning forhindret prøveuttak, så var aldri de undersøkte parasittene nedfrosset eller omgitt av is.

4.3 Parasitreduserende vannbehandlingsmetoder i Norge

Mange norske vannverk har i utgangspunktet ikke vært bygget for å inaktivere eller fjerne parasitter i vannbehandlingsanlegget, fordi parasitter ikke har vært oppfattet som et reelt problem for drikkevannskvaliteten. Etter *Giardia*-utbruddet i Bergen i 2004, har imidlertid de fleste større vannverk utvidet vannbehandlingen for å kunne håndtere parasittforurensning, men fortsatt er det noen mindre vannverk som har klorering som eneste desinfeksjonstrinn. I og med at smittedosen for parasitter er lav, kan en forholdsvis beskjeden forurensning av en vannkilde medføre risiko for utbrudd av sykdom, dersom ikke vannbehandlingsanlegget er bygget slik at det fjerner eller dreper parasitter på en effektiv måte. Drikkevannet kan også forurennes gjennom innsug av avløpsvann på ledningsnett, etter vannbehandlingsanlegget, under såkalte trykkløsepisoder (hvor vanntrykket inne i drikkevannsledningen er borte).

4.4 Beskyttelsesnivå av norsk drikkevann

Ifølge Folkehelseinstituttets vannverksregister og Mattilsynets skjematjenester (MATS) er det per 01.01.2020 ca. 4,7 millioner mennesker som får vann fra vannverk med en vannbehandling som er en effektiv barriere mot parasitter, noe som utgjør ca. 89 % av befolkningen som forsynes fra registrerte vannverk (Tabell 2-1).

4.5 Risikogrupper

4.5.1 Giardiasis

Majoriteten av sykdomstilfeller blir ikke avdekket av overvåkingssystemer, en studie fra Storbritannia viser at for hvert tilfelle som er registrert er det anslått å være 14 udetekterte tilfeller i samfunnet (Tam et al., 2012). I tillegg er også en stor andel av tilfellene asymptomatiske. Her varierer anslagene fra 5 - 76% (Hill, 2002; Lopez et al., 1980).

Mennesker blir smittet direkte eller indirekte fra andre smittede personer eller gjennom forurenset drikkevann og matvarer. Personer som er underernært, har nedsatt immunforsvar eller cystisk fibrose, er antatt å ha en høyere risiko for utvikling av sykdom (Cacciò & H., 2011). Protozoen kan også overføres seksuelt og kan forekomme spesielt hyppig hos menn som har sex med menn (fekal-oral smitte). Turister som besøker endemiske områder, er særlig utsatt for infeksjon når hygieneregler ikke overholdes. Parasitten kan også overføres gjennom svelging av vann i forurensete svømmebasseng eller ved ferskvannsbading. En kasus-kontroll-studie fra USA, fant følgende risikofaktorer for sporadisk infeksjon med giardiasis: utenlandsferie/reise, drikke vann fra elv, innsjø og lignende, svømming ute, homoseksuell aktivitet, kontakt med bleiebarn, bruk av antibiotika, kronisk gastrointestinal sykdom samt inntak av "raw food" (Reses et al., 2018).

4.5.2 Cryptosporidiosis

For immunkompetente individer er vanligvis infeksjonen ukomplisert, og man kvitter seg med parasitten i løpet av 1 - 2 uker gjennom avføring (Abubakar, Aliyu, Arumugam, Hunter, & Usman, 2007). Den minste smittedosen for friske personer er angitt til under 100 oocyster. Det er først og fremst hos personer som av ulike årsaker har nedsatt immunforsvar infeksjonen kan bli alvorlig (McKerr et al., 2019). Andelen som er asymptomatiske, er usikker og lite dokumentert, men en studie fra UK anslår at rundt 1,3 % av barn i barnehage er infisert (Davies et al., 2009). For personer med sterkt nedsatt immunforsvar, og spesielt HIV-positive, vil smittedosen kunne være lavere, kanskje helt ned til én oocyst. Aids-syke med meget dårlig immunforsvar kan få alvorlig diaré med stort væsketap dersom de utsettes for smitte (Janssen & Snowden, 2019). Fra tidligere utbrudd har man funnet at risikofaktorer for smitte er inntak av ubehandlet drikkevann, kontaminerte matvarer, person-til person smitte i institusjoner samt kontakt med reservoardyr (Lange et al., 2014; McKerr et al., 2019; Robertson et al., 2019).

5 Risikokarakterisering

Det er tidligere i teksten vist til at både *Cryptosporidium* og *Giardia* er relativt vanlig forekommende hos dyr i Norge. Ikke alle *Cryptosporidium* arter er zoonotiske, men en relativt høy andel av parasittene har et zoonotisk potensiale. Det gjelder spesielt cryptosporidier isolert fra kalv og lam. De registrerte tilfellene hos mennesker gir bare et grovt underestimat av det reelle antall, fordi ikke alle som er smittet har symptomer, ikke alle med symptomer går til lege, legene tar ikke alltid prøve for undersøkelse av parasitter, og ikke alle laboratorier har tatt i bruk diagnostiske metoder for rutinemessig analyse av parasitter. Analyser av kloakk indikerer at begge parasittene er relativt vanlig forekommende.

Alvorlig forurensning med disse parasittene skjer antakelig bare når en rekke uheldige omstendigheter inntreffer samtidig. Slike omstendigheter kan være store mengder regn eller flom som forårsaker avrenning fra jordbruksområder, snøsmelting, lekkasje fra kloakkrør eller andre hendelser som kan øke forurensningsrisikoen.

Med de pågående klimaendringer i Norge har man i løpet av de siste 30 årene sett økt middeltemperatur og endring i nedbørsmønster med mer uberegnelig nedbør, mer flom og økt nedbørsmengde, spesielt på våren. Dette vil trolig påvirke forekomsten av *Giardia* og *Cryptosporidium* i både råvannskilder og vann i ledningsnett. Andre klimapåførte endringer av råvannskvaliteten, som økt innhold av humus, vil medføre at UV-bestråling har mindre effekt på eventuelle parasitter i drikkevannet. Det kan i neste omgang kunne medføre en økt eksponering og insidens i befolkningen, og da særlig i risikogruppene. Testingen for begge parasittene bør dessuten være mer basert på vurdering av sannsynlighet for kontaminering, slik at man tester ved spesifikke hendelser som økt nedbørsmengde over kort tid, flom osv., siden forekomsten ventelig er større i slike situasjoner, og sjansen for påvisning dermed er høyere.

Norsk vannforsyningspolitikk har tradisjonelt ikke vært rettet inn mot å forhindre en eventuell smitte med parasitter gjennom vannforsyningen. Det var tidligere ansett å være altfor kostbart å innføre beskyttelsestiltak og vannbehandling som skulle kunne redusere eller fjerne faren for smitte med slike organismer gjennom vannforsyning. Senere kunnskap om forekomsten av lave nivåer av begge de aktuelle parasittene i en betydelig andel av vannkildene, sammen med kunnskapen om at ultrafiolett bestråling inaktiverer parasittene, har medført at de fleste vannverk nå har installert utstyr for å fjerne eller inaktivere parasittene. I dag parasittbehandles drikkevannet som forsyner ca. 89 % av norsk befolkning. Eksponeringen for parasitter kan imidlertid øke betydelig ved ekstraordinære hendelser, som for eksempel ved innsug av avløpsvann på drikkevannsledningene ved en undertrykkssituasjon. I slike tilfeller kan epidemier oppstå, slik som giardiasis-epidemien i Bergen i 2003/2004.

Eksposering for et lavt nivå med parasitter i norsk drikkevann kan være relativt vanlig, iallfall i enkelte områder. Det er mulig at dette kan føre til en viss immunitet i befolkningen, noe som kan forklare det relativt lave antallet registrerte tilfeller av giardiasis sammenliknet med forekomst i råvann og avløpsvann. I hvilken grad en tidligere smittet person er immun mot påfølgende *Cryptosporidium*-infeksjon, er uklart. Det kan være en viss beskyttelse mot reinfeksjon, men denne beskyttelsen kan sannsynligvis bli overstyrt av en tilstrekkelig stor dose av parasitten, noe som kan føre til ny innsykning. Majoriteten av befolkningen er imidlertid ikke eksponert daglig for parasitter, og har følgelig heller ikke utviklet immunitet, og de vil derfor være utsatt for infeksjon hvis de drikker kontaminert vann. Norske retningslinjer for behandling av drikkevann krever at parasittallet reduseres med 99 %, og dette fører til en effektiv reduksjon av eksponeringen. I dag parasittbehandles drikkevannet som forsyner ca. 89 % av norsk befolkning. Eksposeringen for parasitter kan imidlertid øke betydelig ved ekstraordinære hendelser, som for eksempel kontaminering av drikkevann med avløpsvann. I slike tilfeller kan epidemier oppstå, slik som giardiasis-epidemien i Bergen i 2003/2004.

På bakgrunn av at eksponering for et lavt antall parasitter gjennom norsk drikkevann kan være relativt vanlig i enkelte områder, og at ekstraordinære hendelser kan føre til betydelig økning av eksponeringen, bør man vurdere å anbefale personer som er særlig utsatt for kronisk sykdom, å koke drikkevannet sitt eller bruke flaskevann, dersom de er tilknyttet et vannverk som ikke har behandlingsbarriere mot parasitter, eller som forsynes fra privat brønn uten hygieniske barrierer og hvor vannet ikke er testet.

6 Usikkerhet/datamangler

- 1) Forekomsten av cryptosporidiose og giardiasis er høyst sannsynlig betydelig undervurdert på grunn av begrensninger vedrørende prøvetaking og diagnostikk. Etter at PCR ble tatt i bruk ved flere medisinske mikrobiologiske laboratorier i Norge, er undersøkelser med henblikk på disse parasittene blitt mer vanlig å etterspørre, og mange laboratorier vil kunne innføre dem som rutine. I tillegg gjør økt diagnostisk sensitivitet at vi påviser flere tilfeller. Dette har gjort at vi de senere år har sett en økning i antall registrerte tilfeller for både giardiasis og cryptosporidiose. Cryptosporidiose har vært meldingspliktig siden 2012 i Norge. Vi mangler data for hvor stor andel av norsk befolkning som har antistoffer mot *Giardia* og/eller *Cryptosporidium* spp., noe som kan gi en indikasjon på hvor utbredt sykdommene er.
- 2) Metodeusikkerhet: selv om metoden for påvisning har opptil 80 % gjenfinning (sensitivitet), kan denne gjenfinningen være lavere om det er mye partikler i vannprøven. I tillegg kommer begrensninger på grunn av prøvevolumet: selv om man analyserer 10 L eller 1000 L vann, er uansett prøvevolumet veldig lavt sammenliknet med det totale volum av vann i kilden. Flere vannprøver tatt etter en vurdering basert på økt sannsynlighet for forurensning, vil kunne gi bedre forståelse av forekomst av kontaminering og risiko for infeksjon, enn rutinemessig uttatte prøver.

- 3) Det er sparsomme data om hvilke arter/genotyper av *Cryptosporidium* og *Giardia* som forekommer hos mennesker og dyr i Norge, spesielt de som befinner seg i nedbørsfelt til drikkevannskilder.
- 4) Det mangler data om hvor mye konsentrasjonen av parasitter øker i vannet ved mye nedbør/snøsmelting.
 - a) Det er ikke gjort noen kjente, norske estimater av hvor mye mer parasitter som vaskes ut fra nedbørsfeltene i perioder med kraftig nedbør, sett i forhold til i tørrværsperioder.
 - b) Det er heller ikke gjort noen estimater over hvor mye mer urensset kloakk eller dårlig rensset kloakk som tilføres vannkildene på grunn av flom i avløpsledningsnett i perioder med sterk nedbør. Det sistnevnte vil variere mye mellom forskjellige avløpsledningsnett, avhengig av hvor følsomt ledningsnett er for påvirkning fra sterk nedbør og andre flomepisoder.
 - c) Generelt vet man at utvaskingen fra nedbørsfeltet øker i perioder med sterk nedbør, og at tilførselen av urensset og/eller dårlig rensset kloakk også øker til drikkevannskilder når ledningsnett utsettes for flom. Mange drikkevannskilder ligger imidlertid slik til at de ikke utsettes for påvirkning fra avløpsledninger.
- 5) Det mangler data for hvor stor effekt lokale forurensninger med parasitter vil ha på ulike typer drikkevannskilder. Forurensning forårsaket av ville dyr eller beitende dyr i nedbørsfeltene, vil komme som diffuse avrenninger, og de vil derfor være forholdsvis jevnt fordelt over hele den påvirkete vannkilden. Utlekkinger fra avløpsrør, avløpspumpestasjoner og avløpsrenseanlegg vil derimot komme som punktutslipp og påvirke sterkest rundt utslippsstedet.
- 6) Klimaendringer, med hyppigere og kraftigere nedbørsepisoder, kombinert med kortere periode med isdekke og lengre sirkulasjonsperioder, vil gi økt utvasking av forurensninger fra beitemark m.v. i nedbørsfeltet, som tilføres våre vannkilder.

7 Konklusjoner (med svar på spørsmål)

1. Oppdatering av informasjon om forekomst av *Giardia* og *Cryptosporidium* i råvannskilder og drikkevann i Norge

Prøvetakingsplaner er ikke baserte på vurdering av økt sannsynlighet for kontaminering, og prøver kan være tatt tilfeldig og for sjelden. Mange analyser er gjort av laboratorier som mangler akkreditering som sikrer gjenfinning og spesifisitet av analysen. Bildet av forekomsten av parasitter er derfor ikke blitt klarere siden siste vurdering.

2. Faktorer som gjør det mer sannsynlig at parasitter kan utgjøre en utfordring for produksjonen av nok, trygt drikkevann (for eksempel type råvannskilde eller type aktivitet i nærheten av vannforsyningssystemet)

Effekter av klimaendringer gjør seg allerede gjeldende ved at sesongvariasjoner i temperatur, nedbørsmønster og nedbørsmengde er forandret. Dette vil kunne påvirke

forekomsten av *Giardia* og *Cryptosporidium* i vannkilder, og i hvilken grad befolkningen blir eksponert for parasittene, både direkte og indirekte.

Klimaendringene kan føre til mer avrenning fra miljøet av vann, som er kontaminert med parasitter og andre patogener, til overflatekilder, som utgjør majoriteten av drikkevannskildene i Norge. Samtidig kan også klimaendringene påvirke selve vannkvaliteten (mer brunt vann/humus) og vil dermed redusere virkningsgraden av UV-desinfeksjonen av drikkevannet, dersom vannverket ikke har installert behandlingsmetode for fargefjerning. Til sammen vil dette kunne medføre økt eksponering av befolkningen for disse to parasittene.

3. Hvilke kriterier må analysemetoden(e) oppfylle for å være god nok

Per i dag er ISO-metoden eller variasjoner av denne (for eksempel US EPA 1623) brukt for rutinemessig analyse av vannprøver for *Cryptosporidium* og *Giardia* verden rundt, også i Norge. Gjenfinning ved metoden varierer med vannkvalitet og andre faktorer, men gjenfinning er i praksis ofte oppimot 60 %. For å sikre at laboratorier som utfører analyser holder høy nok standard, er det viktig at de er akkreditert for gjeldende analyse og kvalitetssikret gjennom deltakelse i et ekstern kvalitetskontroll program (ringtester).

a. Oppdatert informasjon om tilgjengelig analysemetodikk for *Giardia* og *Cryptosporidium* i drikkevann.

Hovedproblemet med metodikken er at parasitter mest sannsynlig ikke er distribuert jevnt gjennom vannmassen, og at volumet i vannkilden er mye større enn volumet som kan analyseres. Selv om man bruker 1000 L for analysen istedenfor 10 L, er andelen av volumet i vannkilden som analyseres, fortsatt svært liten. Det er derfor viktig at prøvetaking er basert på vurdering av sannsynlighet for kontaminering, og at prøvene er tatt på best egnet punkt, for eksempel med hensyn til sted hvor kontaminering er mest sannsynlig (for eksempel hvor en bekk kommer inn i en innsjø), eller at det kan være mer hensiktsmessig å ta prøver i nærheten av uttak. I tillegg kan resultatene fra denne typen målrettet prøvetaking lettere nyttiggjøres med hensyn til når og hvor tiltak bør settes inn. Det betyr at det for hver vannkilde bør utvikles en egen prøvetakingsplan som bygger på en risikoanalyse med identifikasjon av frekvens og lokalisasjon av prøvetakingen.

Dessverre er vannanalysene veldig dyre. Dette skyldes at metodikken inneholder et trinn hvor det brukes kostbare reagenser. Analysene er også tidskrevende. I tillegg trenger metodikken erfarent personell som er opplært i og godkjent for metoden etter krav fra Norsk Akkreditering eller tilsvarende. Det har ført til at noen kommuner har valgt å bruke analysetilbud i utlandet.

8 Referanser

- Abubakar, II, Aliyu, S. H., Arumugam, C., Hunter, P. R., & Usman, N. (2007). Prevention and treatment of cryptosporidiosis in immunocompromised patients. *Cochrane Database of Systematic Reviews*(1). doi:10.1002/14651858.CD004932.pub2
- Adler, S., Widerstrom, M., Lindh, J., & Lilja, M. (2017). Symptoms and risk factors of *Cryptosporidium hominis* infection in children: data from a large waterborne outbreak in Sweden. *Parasitol Res*, *116*(10), 2613-2618. doi:10.1007/s00436-017-5558-z
- Cacciò, S. M., & H., S. (2011). Epidemiology of Giardiasis in Humans. In H. D. Luján & S. Svärd (Eds.), *Giardia*. Vienna: Springer.
- Chappell, C. L., Okhuysen, P. C., Sterling, C. R., Wang, C., Jakubowski, W., & Dupont, H. L. (1999). Infectivity of *Cryptosporidium parvum* in healthy adults with pre-existing anti-*C. parvum* serum immunoglobulin G. *Am J Trop Med Hyg*, *60*(1), 157-164. doi:10.4269/ajtmh.1999.60.157
- Chauret, C., Armstrong, N., Fisher, J., Sharma, R., Springthorpe, S., & Sattar, S. (1995). Correlating *Cryptosporidium* and *Giardia* with microbial indicators. *Journal - AWWA*, *87*(11), 76-84. doi:10.1002/j.1551-8833.1995.tb06453.x
- Curriero, F. C., Patz, J. A., Rose, J. B., & Lele, S. (2001). The association between extreme precipitation and waterborne disease outbreaks in the United States, 1948-1994. *Am J Public Health*, *91*(8), 1194-1199. doi:10.2105/ajph.91.8.1194
- Davies, A. P., Campbell, B., Evans, M. R., Bone, A., Roche, A., & Chalmers, R. M. (2009). Asymptomatic carriage of protozoan parasites in children in day care centers in the United Kingdom. *Pediatr Infect Dis J*, *28*(9), 838-840. doi:10.1097/INF.0b013e31819d646d
- ECDC. (2017). *Cryptosporidiosis - Annual Epidemiological Report for 2014*. Retrieved from <https://www.ecdc.europa.eu/en/publications-data/cryptosporidiosis-annual-epidemiological-report-2014>
- EFSA, Koutsoumanis, K., Allende, A., Alvarez-Ordóñez, A., Bolton, D., Bover-Cid, S., . . . Robertson, L. (2018). Public health risks associated with food-borne parasites. *EFSA Journal*, *16*(12), e05495. doi:10.2903/j.efsa.2018.5495
- Fayer, R. (2004). *Cryptosporidium*: a water-borne zoonotic parasite. *Vet Parasitol*, *126*(1-2), 37-56. doi:10.1016/j.vetpar.2004.09.004
- FHI. (2020). MSIS Statistikk. Retrieved from <http://www.msis.no/>
- Hamnes, I. S., Gjerde, B. K., Forberg, T., & Robertson, L. J. (2007). Occurrence of *Giardia* and *Cryptosporidium* in Norwegian red foxes (*Vulpes vulpes*). *Vet Parasitol*, *143*(3-4), 347-353. doi:10.1016/j.vetpar.2006.08.032
- Hamnes, I. S., Gjerde, B. K., & Robertson, L. J. (2007). A longitudinal study on the occurrence of *Cryptosporidium* and *Giardia* in dogs during their first year of life. *Acta Vet Scand*, *49*, 22. doi:10.1186/1751-0147-49-22
- Hill, D. R. (2002). *Giardia lamblia*. In G. S.H. & R. D. Pearson (Eds.), *Principles and Practise of Clinical Parasitology* (pp. 219-241).

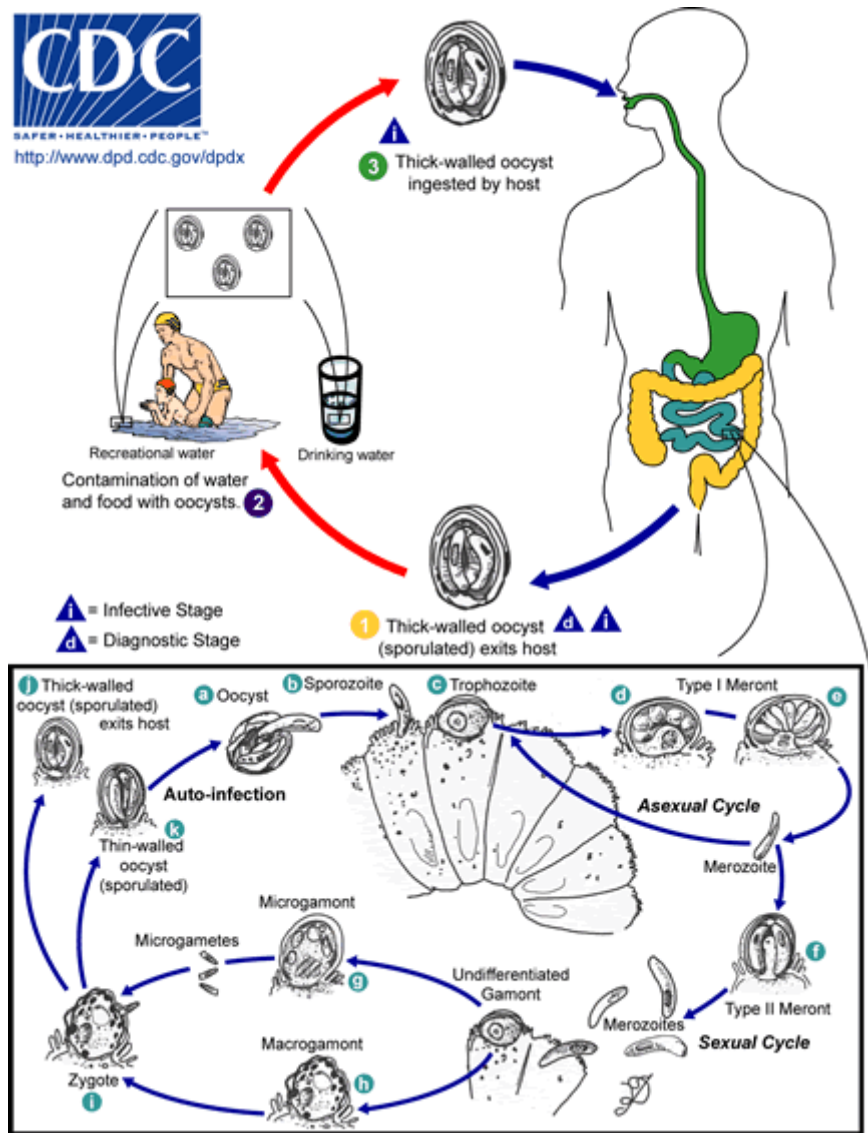
- Forskrift om vannforsyning og drikkevann., (2016).
- Hunter, P. R., de Saylor, M. A., Risebro, H. L., Nichols, G. L., Kay, D., & Hartemann, P. (2011). Quantitative microbial risk assessment of cryptosporidiosis and giardiasis from very small private water supplies. *Risk Anal*, *31*(2), 228-236. doi:10.1111/j.1539-6924.2010.01499.x
- ISO. (2015). ISO 15553: Water quality — Isolation and identification of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water.: ISO.
- Janssen, B., & Snowden, J. (2019). Cryptosporidiosis. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2020 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448085/>.
- Johansen, Ø. H., Hanevik, K., Thrana, F., Carlson, A., Stachurska-Hagen, T., Skaare, D., & Robertson, L. J. (2015). Symptomatic and asymptomatic secondary transmission of *Cryptosporidium parvum* following two related outbreaks in schoolchildren. *Epidemiol Infect*, *143*(8), 1702-1709. doi:10.1017/s095026881400243x
- Lange, H., Johansen, O. H., Vold, L., Robertson, L. J., Anthonisen, I. L., & Nygard, K. (2014). Second outbreak of infection with a rare *Cryptosporidium parvum* genotype in schoolchildren associated with contact with lambs/goat kids at a holiday farm in Norway. *Epidemiol Infect*, *142*(10), 2105-2113. doi:10.1017/s0950268813003002
- Levantesi, C., La Mantia, R., Masciopinto, C., Böckelmann, U., Ayuso-Gabella, M. N., Salgot, M., . . . Grohmann, E. (2010). Quantification of pathogenic microorganisms and microbial indicators in three wastewater reclamation and managed aquifer recharge facilities in Europe. *The Science of the total environment*, *408*(21), 4923-4930. doi:10.1016/j.scitotenv.2010.07.042
- Lilja, M., Widerstrom, M., & Lindh, J. (2018). Persisting post-infection symptoms 2 years after a large waterborne outbreak of *Cryptosporidium hominis* in northern Sweden. *BMC Res Notes*, *11*(1), 625. doi:10.1186/s13104-018-3721-y
- Lopez, C. E., Dykes, A. C., Juranek, D. D., Sinclair, S. P., Conn, J. M., Christie, R. W., . . . Mires, M. H. (1980). Waterborne giardiasis: a communitywide outbreak of disease and a high rate of asymptomatic infection. *Am J Epidemiol*, *112*(4), 495-507. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a113019
- McKerr, C., Chalmers, R. M., Vivancos, R., O'Brien, S. J., Mugarza, J., & Christley, R. M. (2019). Cross-sectional investigation of household transmission of *Cryptosporidium* in England and Wales: the epiCrypt study protocol. *BMJ Open*, *9*(6), e026116. doi:10.1136/bmjopen-2018-026116
- Moreira, N. A., & Bondelind, M. (2016). Safe drinking water and waterborne outbreaks. *Journal of Water and Health*, *15*(1), 83-96. doi:10.2166/wh.2016.103
- Nichols, G., Lane, C., Asgari, N., Verlander, N. Q., & Charlett, A. (2009). Rainfall and outbreaks of drinking water related disease and in England and Wales. *J Water Health*, *7*(1), 1-8. doi:10.2166/wh.2009.143
- Paruch, L., Paruch, A. M., & Sørheim, R. (2020). DNA-based faecal source tracking of contaminated drinking water causing a large *Campylobacter* outbreak in Norway 2019. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *224*, 113420. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2019.113420>

- Plutzer, J., Lassen, B., Jokelainen, P., Djurković-Djaković, O., Kucsera, I., Dorbek-Kolin, E., . . . Karanis, P. (2018). Review of *Cryptosporidium* and *Giardia* in the eastern part of Europe, 2016. *Eurosurveillance*, *23*(4), 16-00825. doi:<https://doi.org/10.2807/1560-7917.ES.2018.23.4.16-00825>
- Poulin, R., & Mouritsen, K. N. (2006). Climate change, parasitism and the structure of intertidal ecosystems. *J Helminthol*, *80*(2), 183-191. doi:10.1079/joh2006341
- Rehn, M., Wallensten, A., Widerström, M., Lilja, M., Grunewald, M., Stenmark, S., . . . Lindh, J. (2015). Post-infection symptoms following two large waterborne outbreaks of *Cryptosporidium hominis* in Northern Sweden, 2010-2011. *BMC Public Health*, *15*, 529. doi:10.1186/s12889-015-1871-6
- Reses, H. E., Gargano, J. W., Liang, J. L., Cronquist, A., Smith, K., Collier, S. A., . . . Yoder, J. S. (2018). Risk factors for sporadic *Giardia* infection in the USA: a case-control study in Colorado and Minnesota. *Epidemiology and Infection*, *146*(9), 1071-1078. doi:10.1017/S0950268818001073
- Ridderstedt, F., Widerstrom, M., Lindh, J., & Lilja, M. (2018). Sick leave due to diarrhea caused by contamination of drinking water supply with *Cryptosporidium hominis* in Sweden: a retrospective study. *Journal of Water and Health*, *16*(5), 704-710. doi:10.2166/wh.2017.311
- Rimšėlienė, G., Vold, L., Robertson, L., Nelke, C., Sjøli, K., Johansen Ø, H., . . . Nygård, K. (2011). An outbreak of gastroenteritis among schoolchildren staying in a wildlife reserve: thorough investigation reveals Norway's largest cryptosporidiosis outbreak. *Scand J Public Health*, *39*(3), 287-295. doi:10.1177/1403494810396557
- Robertson, Forberg, T., Hermansen, L., Hamnes, I. S., & Gjerde, B. (2007). *Giardia duodenalis* cysts isolated from wild moose and reindeer in Norway: genetic characterization by PCR-rflp and sequence analysis at two genes. *J Wildl Dis*, *43*(4), 576-585. doi:10.7589/0090-3558-43.4.576
- Robertson, Gjerde, B., Hansen, E. F., & Stachurska-Hagen, T. (2009). A water contamination incident in Oslo, Norway during October 2007; a basis for discussion of boil-water notices and the potential for post-treatment contamination of drinking water supplies. *J Water Health*, *7*(1), 55-66. doi:10.2166/wh.2009.014
- Robertson, Hermansen, L., & Gjerde, B. K. (2006). Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in sewage in Norway. *Appl Environ Microbiol*, *72*(8), 5297-5303. doi:10.1128/AEM.00464-06
- Robertson, Temesgen, T. T., Tysnes, K. R., & Eikås, J. E. (2019). An apple a day: an outbreak of cryptosporidiosis in Norway associated with self-pressed apple juice. *Epidemiol Infect*, *147*, e139. doi:10.1017/s0950268819000232
- Robertson, Tysnes, K., Hanevik, K., Langeland, N., Mörch, K., Hausken, T., & nygård, K. (2015). Dogs as the source of *Giardia* in Bergen in 2004 - barking up the wrong tree? *Tidsskrift for den Norske lægeforening : tidsskrift for praktisk medicin, ny række*, *135*, 1718-1720. doi:10.4045/tidsskr.15.0883
- Robertson, L., Forberg, T., Hermansen, L., Gjerde, B. K., Alvsvåg, J. O., & Langeland, N. (2006). *Cryptosporidium parvum* infections in Bergen, Norway, during an extensive outbreak of waterborne giardiasis in autumn and winter 2004. *Appl Environ Microbiol*, *72*(3), 2218-2220. doi:10.1128/aem.72.3.2218-2220.2006

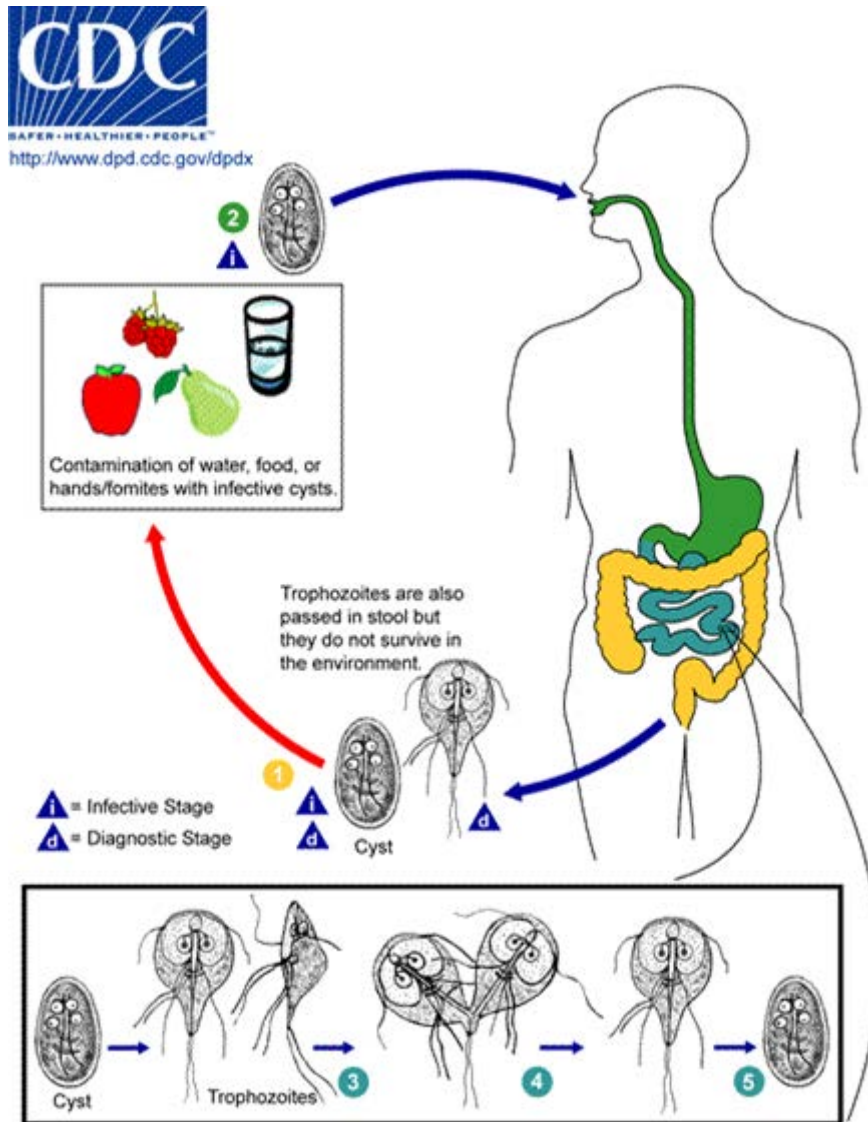
- Robertson, L., Hermansen, L., & Gjerde, B. K. (2006). Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in sewage in Norway. *Appl Environ Microbiol*, *72*(8), 5297-5303. doi:10.1128/AEM.00464-06
- Robertson, L. J., & Gjerde, B. K. (2004). Effects of the Norwegian winter environment on *Giardia* cysts and *Cryptosporidium* oocysts. *Microb Ecol*, *47*(4), 359-365. doi:10.1007/s00248-003-0003-5
- Robertson, L. J., & Gjerde, B. K. (2006). Fate of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in the Norwegian aquatic environment over winter. *Microb Ecol*, *52*(4), 597-602. doi:10.1007/s00248-006-9005-4
- Santos, P. R. d., & Daniel, L. A. (2017). Occurrence and removal of *Giardia* spp. cysts and *Cryptosporidium* spp. oocysts from a municipal wastewater treatment plant in Brazil. *Environmental Technology*, *38*(10), 1245-1254. doi:10.1080/09593330.2016.1223175
- Sprong, H., Cacciò, S. M., & van der Giessen, J. W. (2009). Identification of zoonotic genotypes of *Giardia duodenalis*. *PLoS Negl Trop Dis*, *3*(12), e558. doi:10.1371/journal.pntd.0000558
- Tam, C. C., Rodrigues, L. C., Viviani, L., Dodds, J. P., Evans, M. R., Hunter, P. R., . . . O'Brien, S. J. (2012). Longitudinal study of infectious intestinal disease in the UK (IID2 study): incidence in the community and presenting to general practice. *Gut*, *61*(1), 69-77. doi:10.1136/gut.2011.238386
- Teunis, P. F., Chappell, C. L., & Okhuysen, P. C. (2002a). *Cryptosporidium* dose-response studies: variation between hosts. *Risk Anal*, *22*(3), 475-485. doi:10.1111/0272-4332.00046
- Teunis, P. F., Chappell, C. L., & Okhuysen, P. C. (2002b). *Cryptosporidium* dose response studies: variation between isolates. *Risk Anal*, *22*(1), 175-183. doi:10.1111/0272-4332.00014
- USEPA. (2006). Ultraviolet Disinfection Guidance Manual for the Final Long Term 2 Enhanced Surface Water Treatment Rule.
- Widerstrom, M., Schonning, C., Lilja, M., Lebbad, M., Ljung, T., Allestam, G., . . . Lindh, J. (2014). Large Outbreak of *Cryptosporidium hominis* Infection Transmitted through the Public Water Supply, Sweden. *Emerging Infectious Diseases*, *20*(4), 581-589. doi:10.3201/eid2004.121415

9 Vedlegg I

9.1 Livssyklus til *Cryptosporidium* spp. og *Giardia duodenalis*



Figur 10-1. Livssyklus til *Cryptosporidium* spp. (Kilde: CDC)



Figur 10-2. Livssyklus til *Giardia duodenalis* (Kilde: CDC)

10 Vedlegg II

10.1 Forekomst av sykdom og utbrudd forårsaket av *Giardia*

Tabell 10-1. Forekomst av giardiasis tilfeller registrert i MSIS 2009-2019.

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | total |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Giardia lamblia | 307 | 262 | 234 | 179 | 227 | 265 | 248 | 343 | 485 | 465 | 577 | 3592 |
| Aldersgruppe | | | | | | | | | | | | |
| 0-9 | 85 | 80 | 74 | 49 | 65 | 74 | 44 | 61 | 119 | 86 | 135 | 872 |
| 10-19 | 63 | 43 | 26 | 15 | 30 | 32 | 37 | 49 | 44 | 49 | 61 | 449 |
| 20-29 | 46 | 40 | 44 | 32 | 36 | 56 | 40 | 48 | 83 | 71 | 69 | 565 |
| 30-39 | 49 | 44 | 37 | 31 | 36 | 27 | 50 | 51 | 66 | 77 | 77 | 545 |
| 40-49 | 37 | 34 | 21 | 12 | 25 | 30 | 30 | 37 | 48 | 54 | 84 | 412 |
| 50-59 | 14 | 9 | 16 | 21 | 17 | 23 | 24 | 45 | 44 | 54 | 64 | 331 |
| 60-69 | 7 | 8 | 12 | 11 | 9 | 13 | 16 | 30 | 38 | 30 | 44 | 218 |
| 70-79 | 4 | 3 | 4 | 6 | 5 | 7 | 5 | 11 | 27 | 27 | 33 | 132 |
| 80-89 | 2 | 1 | 0 | 2 | 4 | 3 | 0 | 10 | 12 | 14 | 9 | 57 |
| 90+ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 11 |
| Kjønn | | | | | | | | | | | | |
| Ikke kjent | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 |
| Kvinne | 143 | 108 | 124 | 84 | 111 | 114 | 113 | 125 | 220 | 205 | 244 | 1591 |
| Mann | 162 | 154 | 110 | 95 | 116 | 151 | 135 | 217 | 265 | 260 | 333 | 1998 |
| Utfall | | | | | | | | | | | | |
| Død av sykdommen | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Smittested | | | | | | | | | | | | |

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | total |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Norge | 44 | 27 | 24 | 12 | 34 | 49 | 40 | 85 | 130 | 129 | 176 | 750 |
| Ukjent | 36 | 29 | 29 | 29 | 33 | 44 | 50 | 51 | 100 | 97 | 148 | 646 |
| Utlandet | 227 | 206 | 181 | 138 | 160 | 172 | 158 | 207 | 255 | 239 | 253 | 2196 |
| Innlagt i sykehus | | | | | | | | | | | | |
| Ja | 15 | 21 | 21 | 10 | 24 | 30 | 24 | 51 | 68 | 57 | 82 | 403 |
| Nei | 291 | 240 | 212 | 169 | 203 | 235 | 223 | 291 | 417 | 408 | 480 | 3169 |
| Ukjent | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 4 |

Tabell 10-2. Utbrudd av giardiasis registrert i VESUV 2009-2019.

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | Totalt |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Utbrudd | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| Syke | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 18 |

10.2 Forekomst av sykdom og utbrudd forårsaket av *Cryptosporidium*

Tabell 10-3. Forekomst av cryptosporidiose registrert i MSIS 2009-2019.

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | total |
|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| <i>Cryptosporidium</i> spp. | 0 | 0 | 0 | 4 | 31 | 70 | 86 | 255 | 379 | 327 | 378 | 1530 |
| <i>C. parvum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 |
| Aldersgruppe | | | | | | | | | | | | |
| 0-9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 15 | 12 | 34 | 52 | 55 | 65 | 252 |
| 10-19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 | 27 | 34 | 24 | 38 | 141 |
| 20-29 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 12 | 13 | 35 | 93 | 67 | 61 | 283 |
| 30-39 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 6 | 13 | 52 | 75 | 66 | 78 | 295 |

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | total |
|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 40-49 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 16 | 14 | 44 | 56 | 48 | 58 | 241 |
| 50-59 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 5 | 9 | 28 | 35 | 30 | 37 | 147 |
| 60-69 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 14 | 24 | 22 | 21 | 26 | 109 |
| 70-79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 4 | 9 | 9 | 14 | 14 | 53 |
| 80-89 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 9 |
| Kjønn | | | | | | | | | | | | |
| Ikke kjent | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Kvinne | 0 | 0 | 0 | 3 | 18 | 32 | 50 | 128 | 223 | 165 | 194 | 813 |
| Mann | 0 | 0 | 0 | 1 | 13 | 38 | 36 | 127 | 156 | 162 | 182 | 715 |
| Smittested | | | | | | | | | | | | |
| Norge | 0 | 0 | 0 | 2 | 22 | 31 | 28 | 130 | 212 | 147 | 181 | 753 |
| Ukjent | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 15 | 25 | 41 | 63 | 61 | 80 | 289 |
| Utlandet | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 24 | 33 | 84 | 104 | 119 | 117 | 488 |
| Innlagt i sykehus | | | | | | | | | | | | |
| Ja | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 17 | 23 | 50 | 62 | 47 | 70 | 272 |
| Nei | 0 | 0 | 0 | 3 | 29 | 53 | 63 | 205 | 317 | 280 | 305 | 1255 |

Tabell 10-4. Utbrudd av cryptosporidiose registrert i VESUV 2009-2019.

| | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | Totalt |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|
| Utbrudd | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 1 | 0 | 4 |
| Syke | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 14 | 6 | 0 | 25 |