

Virkningen av økt nedbør, en følge av klimaendring, på avrenning av tarmbakterier og parasitter fra beiteområder

Av Anne-Grete Buseth Blankenberg, Ingun Tryland, Adam Paruch og Lucy Robertson

Anne-Grete Buseth Blankenberg og Adam Paruch er seniorforskere ved Bioforsk Jord og miljø. Ingun Tryland er forsker ved NIVA og Lucy Robertson er professor og gruppeleder på NVH.

Summary

The effect of heavy rainfall, a consequence of climate change, on runoff of bacteria and parasites from the pastures. Increased annual precipitation and more frequent episodes of heavy rainfall are expected in Norway as a result of climate change. This article shows the results of studies of how rainfall affects the quantity of faecal indicator bacteria and parasitic protozoa (*Cryptosporidium* and *Giardia*) in runoff from various grazing areas for horses, cattle, sheep and goats. The study visualizes how increased precipitation may increase the risk of faecal microorganisms and potential pathogens from grazing areas for livestock reaching Norwegian surface-water sources. Appropriate measures in the catchment area, good protection of vulnerable water sources and effective drinking water treatment are all important today and

will be even more important during future climatic conditions.

Sammendrag

Økt årlig nedbør og hyppigere episoder med kraftig nedbør ventes i Norge som en følge av klimaendringer. I denne artikkelen vises resultater fra studier av hvordan nedbør påvirker mengden av fekale indikatorbakterier og parasittiske protozoer (*Cryptosporidium* og *Giardia*) som renner av fra ulike beiteområder for hest, storfe og småfe. Studiene illustrerer hvordan økt nedbør kan øke faren for at tarmbakterier og potensielt patogene mikroorganismer fra beiteområder for husdyr tilføres overflatevann. Gode tiltak mot forurensing i nedbørfeltet og god beskyttelse av sårbare vannkilder, samt god drikkevannsbehandling er viktig i dag, og vil være enda viktigere under fremtidige klimatiske forhold.

Innledning

Patogener eller patogene mikroorganismer er en betegnelse på sykdomsfremkallende mikroorganismer. De fleste patogener som kan forårsake vannbårne sykdommer har en fekal-oral smittevei. For å undersøke hygienisk vannkvalitet analyseres det vanligvis for fekale indikator bakterier (FIB). Innenfor FIB gruppen er koliformer (med hovedfokus på *Escherichia coli*), intestinale enterokokker og *Clostridium perfringens* de viktigste.

Koliforme bakterier er organismer som er til stede i miljøet og i avføringen til mennesker og andre varmblodige dyr som pattedyr og fugler. Mange av disse bakteriene påvises i forurenset og ikke forurenset vann, jord og planter.

Escherichia coli (*E. coli*) er den viktigste gruppen innen termotolerante koliforme bakterier, som er en undergruppe av koliforme bakterier. *E. coli* formerer seg ikke nevneverdig i miljøet utenom tarmen, derfor er tilstedeværelse av *E. coli* nærmest en garanti for fekal forurensing. *E. coli* kan finnes i konsentrasjoner på 10 milliarder pr gram avføring. De fleste *E. coli*-stammer er ufarlige og utgjør en viktig og naturlig del av den normale tarmfloraen, men noen av stammene er knyttet til sykdommer hos mennesker og dyr.

Intestinale enterokokker er også bakterier som finnes i avføring fra varmblodige dyr og mennesker, men finnes også i naturen (jord og vann). Derfor viser funn mulig, men ikke sikker forurensing av tarmbakterier.

Clostridium perfringens er sporedannende bakterier som også er til stede i naturen og kan bli funnet som en normal

del av råtnende vegetasjon, marine sedimenter, i insekter og jord, samt i tarmen hos mennesker og dyr.

Fekal forurensing av resipienter bør være lav, og i drikkevann skal fekal forurensing ikke være påvist. Vannbåren overføring av parasittiske protozoer *Cryptosporidium* og *Giardia* er av spesiell bekymring i Norge og andre industrialiserte land, da disse kan være sykdomsfremkallende og føre til store utbrudd. I 2004 var det et stort utbrudd forårsaket av *Giardia* i Bergen, som berørte over 1500 personer (Robertson et al., 2006). *Giardia* og *Cryptosporidium* har robuste overføringsstadier og kan overleve i lange perioder og under ulike miljøforhold. De er også resistente overfor mange desinfeksjonsmidler, samt at infeksjonsdosen er lav for begge parasittene (Robertson and Gjerde, 2001). Utbruddet i Bergen skyltes sannsynligvis at mye nedbør forårsaket tilførsel av kloakk til drikkevannskilden og for dårlig vannbehandling.

Omtrent 90% av Norges befolkning forsynes med drikkevann fra overflatevannkilder. Antropogene forurensningskilder til overflatevann kan være avrenning fra industri, kloakk, spredt avløp og landbruk (inkludert beiteområder for husdyr).

De senere årene har det i Norge vært et økende antall kjøttfe/ammekyr som beiter ute store deler av året. Fra 1998 frem til i dag er antall ammekyr omtrent fordoblet, og antallet er nå ca. 61 500 (www.ssb.no). Tidligere ble hesten brukt som brukshester og dyrene var spredt på

mange gårdsbruk. Hestehold til rekreasjon er i den senere tid en økende trend i Norge som i flere nordiske land (Närvänen et al., 2006). Antall hester som befinner seg på jordbruksenheter var i 1989 17 417, fordelt på 7 560 bruk, mens det i 2010 var 36 381 hester fordelt på 6 681 bruk (Bye, ssb, pers. med). I tillegg var det i 2010 5 192 hester i pensjon. I løpet av de siste 11 årene er dette en økning på ca 24-25 000 hester. Luftgårder og ridesentre kan befinne seg i landlige omgivelser, men er også ofte i urbane områder med kort avstand til sårbare vannresipienter.

Klimaendringer i form av økt årlig middeltemperatur, økt frekvens av kraftig nedbør med påfølgende økt avrenning kan gi betydelige utfordringer for drikkevannsforsyningen i norske kommuner. Nedbørmengden i Norge er forventet å øke med 5-30% innen år 2100, og det er også forventet at det vil bli en høyere frekvens av ekstreme nedbørmengder (Hanssen-Bauer et al., 2009). Flere norske og internasjonale studier har vist en sammenheng mellom kraftig nedbør og høye konsentrasjoner av bakterier i overflatevann (f. eks Kistemann et al., 2002, Tryland et al. 2011). Forekomst av patogener er som regel høyere i husdyr enn i ville dyr, og generelt er det rapportert om høyere forekomst av patogener fra unge dyr enn fra voksne dyr. (Ferguson et al. 2009). Humanpatogene mikroorganismer (såkalte zoonoser, som kan smitte mellom dyr og mennesker) er også påvist hos enkelte norske husdyr. (Hofshagen, 2011). Mer informasjon om tilførsler av patogener til norske (drikke-

vannkilder ved kraftig regn vil være nyttig når det skal tas beslutninger med hensyn på tiltak i nedbørfeltet og restriksjoner i vannkilden, samt vannbehandling. I denne artikkelen vises resultater fra studier av hvordan nedbør kan påvirke avrenning av fekale mikroorganismer fra husdyrbeite (hest, storfe og sau) til vannresipienten.

Metoder

Analysemetoder

Vannprøver til bakterielle analyser ble hentet på sterile flasker og analysert umiddelbart (< et døgn) etter prøvetaking. Avføringsprøvene ble hentet ut med spatel og oppbevart i sterile plastbokser frem til de ble analysert umiddelbart (< et døgn) etter prøvetaking. De bakterielle analysene ble gjennomført av NIVA og Bioforsk Jord og miljø og metodene var som følger: totale koliforme bakterier og *E. coli* ble gjennomført med metoden Colilert 18/Quanti-Tray®2000 Method (IDEXX Laboratories Incorporated, Westbrook, Maine, USA). En vitenskapelig bakgrunn av denne metoden har blitt beskrevet andre steder i større detaljer (Paruch, 2011). *Intestinale enterokokker* ble analysert etter Norsk Standard metode (NS, 2000; NS, 1990). *C. perfringens* ble kvantifisert etter membranfiltrering med MCP agar, anaerob inkubasjon ved 44 °C i 24 timer, etterfulgt av eksponering for damp av ammoniumhydroksid som beskrevet av Mueller-Spitz et al. (2010). Vannprøvene ble analysert direkte, eller om nødvendig, etter fortykning med fosfat buffer. Avføringsprøvene ble tilsatt fosfat buffer (1:10) og blandet kraftig

med virvelblander. Om nødvendig ble prøvene ytterligere fortennet med fosfat buffer før analysen av fekale indikator bakterier.

Vannprøvene ble analysert for *Cryptosporidium* oocyster og *Giardia* cystser ved NVH med metodikk basert på ISO Metode 15553 (ISO, 2006) og US EPA Metode 1623 (Anonym, 2005). Denne metoden har blitt beskrevet andre steder i større detaljer (Robertson and Gjerde, 2001). Avføringsprøvene ble også analysert for parasittiske protozoer ved NVH, gjennom homogenisering av 3 g av avføringsprøvene i vann, filtrering, konsentrering ved sentrifugering og antistoff immunfluorescerende test (IFAT) av 50 µl delprøver.

Undersøksområder

Det ble gjennomført undersøkelser i tilknytning til beite-/luftemråder for hest (I) og beiteområde for storfe og småfe (II).

I. Beite-/luftemråder for hest

Undersøkelser av hvordan nedbør kan virke inn på avrenning av fekale mikroorganismer fra beite-/luftemråder for hest ble gjennomført ved to lokaliteter betegnet "H1" og "H2". Kriteriene for valg av ridesentre var beliggenhet, avstand til vannresipient, minimal sannsynlighet for påvirkning fra andre forureningskilder som kloakk eller andre menneskelige aktiviteter, samt velvilje fra sentereier. Ved lokalitetene H1 og H2 ble det tatt ut vannprøver i bekken oppstrøms-, langs- og nedstrøms luftegårdene, samt hentet ut prøver av hestemøkk.

Ridesenteret på lokalitet H1 hadde ca 50 hester på stallen og luftegårdene lå oppe på en flate og i en slak skråning ned mot passerende bekk. Området lengst unna bekken var mer opptråkket og hadde større tetthet av hestemøkk enn områdene nær bekken. Det ble tatt ut vannprøver fem steder langs resipienten. På lokalitet H2 var det 52 hester på stallen og luftegårdene lå på et flatt område langs den passerende bekken. Mellom luftegårdene og bekken var det vegetasjonsbelte på 2-5 meter. Hestemøkk lå spredt utover i luftegårdene, men var mest konsentrert i områdene lengst unna bekken. Det ble tatt ut vannprøver fra fire steder langs bekken. Hestene hadde ikke direkte tilgang til bekkene verken på H1 eller H2.

Vannprøver ble hentet ut ved ulike værforhold ved begge lokalitetene i perioden november 2008 til november 2009 og analysert for koliforme bakterier og *E. coli*, (10.11.08 og 01.12.08), koliforme bakterier, *E. coli* og *intestinale enterokokker* (26.11.09). Prøver av fersk avføring fra hester med ulike alder, ble hentet ut 26.11.09 og analysert for koliforme bakterier, *E. coli*, *intestinale enterokokker*, *Cryptosporidium* oocyster og *Giardia* cyster. Data om temperatur, nedbør og avrenning er hentet fra de to offisielle målestasjonene som ligger nærmest prøvelokalitetene, hhv 12 og 7 km unna lokalitetene.

II. Beiteområde for storfe og småfe (sauer og geiter)

Undersøkelser av hvordan nedbør kan virke inn på avrenning av fekale mikro-

organismer fra beiteområder for storfe og småfe ble gjennomført i et lite nedbørfelt (ca 0,07 km²) på Østlandet. En liten bekk meandrer gjennom beiteområdet. 10-30 kalver og ungdyr, samt 10-20 sauer og geiter beitet i hele nedslagsfeltet i løpet av forsøksperioden. Beitedyrene hadde fri tilgang til bekken og ekskrementer var tilfeldig spredd utover hele nedbørfeltet. Nedbørfeltet var ellers upåvirket av kloakk eller andre menneskelige aktiviteter. Det ble innhentet vannprøver i bekken nedstrøms beiteområdet ved ulike værforhold i perioden august til september, 2010. Vannprøvene ble analysert for koliforme bakterier, *E. coli*, intestinale enterokokker, *C. perfringens*, og protozoene *Giardia* og *Cryptosporidium*. Belastningen av ulike mikroorganismer er beregnet med hensyn på vannføring, samt mikrobielle konsentrasjoner. Nedbørdata ble innhentet fra

den nærmeste målestasjonen ved hjelp av Metrologisk Institutt web-sider (www.eklima.no; www.yr.no).

Resultater

I. Beiteområder og luftegårder for hest Avføringsprøver

Det ble samlet inn 10 prøver av fersk avføring fra hester av ulike alder, tabell 1. Innholdet av *E. coli* i avføringsprøvene varierte fra $9,9 \times 10^2$ – $1,2 \times 10^5$ per gram, med et gjennomsnitt på $2,5 \times 10^4$ per gram ved lokalitet H1. Ved lokalitet H2 varierte innholdet av *E. coli* i avføringsprøvene fra $9,9 \times 10^3$ – $6,7 \times 10^6$ per gram, med et gjennomsnitt på $2,9 \times 10^6$ per gram. For begge lokalitetene sett under ett varierte innholdet av *E. coli* i avføringsprøvene fra $9,9 \times 10^2$ – $6,7 \times 10^6$ per gram, med et gjennomsnitt på $1,4 \times 10^6$ per gram. Antall *E. coli* var hhv 25-100 % og 41-100 % av de koliforme bakteriene

Dato	Lokalitet	Hest ID	Alder (år)	Koliformer (MPN/gram)	<i>E. coli</i> (MPN/gram)	<i>Int. ent.</i> (cfu/gram)	<i>Cryptosporidium</i> oocyster	<i>Giardia</i> cyster
26.11.09	H1	TR	3	1.2×10^3	9.9×10^2	$<10^4$	0	0
		BO	8	1.5×10^3	1.5×10^3	2×10^4	0	0
		PI	3	3.0×10^3	2.0×10^3	$<10^4$	0	0
		OE	6	1.3×10^5	1.2×10^5	1×10^4	0	0
		SI	15	4.0×10^3	1.0×10^3	$<10^4$	0	0
	H2	ME	5	6.7×10^6	5.8×10^6	$<10^4$	0	0
		OP	14	7.4×10^6	6.7×10^6	$<10^4$	0	0
		EI	14	7.5×10^5	3.1×10^5	$<10^4$	0	0
		NO	5	1.8×10^4	9.9×10^3	$<10^4$	0	0
		CA	8	1.5×10^6	1.5×10^6	$<10^4$	0	0

Tabell 1. Konsentrasjoner av fekale mikroorganismer i avføringsprøver fra hester.

ved lokalitet H1 og H2. Det var gjennomgående høyere innhold av *E. coli* og koliforme bakterier fra lokalitet H2 enn fra lokalitet H1. Med unntak av hest med id "OE" var innhold av *E. coli* og koliforme bakterier 1-4 log¹⁰ høyere ved lokalitet H2 enn lokalitet H1. Studiet viser ingen - sammenheng mellom hestens alder og antall koliforme bakterier og *E. coli*.

I en avføringsprøve var antall *intestinale enterokokker* 2 x 10⁴ per gram, mens de resterende prøvene inneholdt 1 x 10⁴ per gram eller lavere. Avføringsprøvene

inneholdt ikke *Giardia* cyster eller *Cryptosporidium* oocyster over deteksjonsgrensen (200 per gram).

Vannprøver

Tabell 2 viser resultater fra vannprøve hentet ut i oppstrøms ridesenter (før), nedstrøms ridesenter (etter), samt fra en av vannprøvene langs ridesenteret (midt). Ved alle prøvetakingspunktene ble det målt høyere konsentrasjoner av alle parametere i vannprøver tatt langs- eller etter luftegårdene enn oppstrøms ride-

Dato	Lok.	Temp (°C)	Nedb. (mm)	Avren. (mm)	Nedb ∑4d (mm)	Prøve pkt	<i>E. coli</i> (MPN/100 ml)	Koliformer (MPN/100ml)	<i>Int. ent.</i> (cfu/100ml)
10.11.08	H1	7,4	25,8	20,8	54,0	Før	-	-	-
						Midt	2909	>24196	-
						Etter	2987	>24196	-
	H2	6,1	22,8	14,8	46,3	Før	63	1860	-
						Midt	-	-	-
						Etter	266	2613	-
01.12.08	H1	-0,3	0,0	1,6	15,2	Før	0	241	-
						Midt	97	3654	-
						Etter	75	1789	-
	H2	-0,6	2,6	1,6	22,8	Før	0	294	-
						Midt	31	422	-
						Etter	0	557	-
26.11.09	H1	7,8	0,0	5,4	27,8	Før	<10	959	10
						Midt	134	988	160
						Etter	134	1019	160
	H2	6,7	1,3	5,1	28,8	Før	10	135	10
						Midt	341	457	10
						Etter	62	368	<10

- = ikke analysert for parameter

Tabell 2. Konsentrasjoner av fekale mikroorganismer fra bekker som renner forbi luftegårder for hester.

sentrene. 10.11.08 var det mest nedbør på prøvetakingsdatoen, samt summert nedbør i løpet av de fire siste døgn. Ved H1 ble det denne datoen målt det høyeste innholdet av *E. coli* og koliforme bakterier med hhv $1 \log^{10}$ høyere avrenning av *E. coli* og ca $2 \log^{10}$ høyere av koliforme bakterier. Ved H2 var det ikke så store forskjeller på innhold av de fekale indikatororganismene i forhold til de andre prøvetakingsdatoene. Den 01.12.08 var det ingen nedbør prøvetakingsdatoen, samt lite nedbør summert i løpet av de fire siste døgn. For begge prøvetakingslokalitetene var det denne datoen lavest konsentrasjon av *E. coli* og koliforme bakterier i prøvene. Det ble ikke gjort funn av *Cryptosporidium* oocyster og *Giardia* cyster i avføringsprøver fra hestene, og vannprøvene ble derfor ikke analysert for dette. Resultatene viser at dager med stor nedbør kan medføre større avrenning av indikatorbakterier.

II. Beiteområde for storfe og småfe
Avføringsprøver

Det ble samlet inn 15 prøver av fersk avføring på beitearealer med kalv og ungdyr av storfe i 01.09.10, tabell 3. Innholdet av *E. coli* i avføringsprøvene varierte

fra $2,9 \times 10^4 - 1,1 \times 10^7$ per gram, med et gjennomsnitt på $2,2 \times 10^6$ per gram. Antall *E. coli* var 65-100 % av de koliforme bakteriene. I en av avføringsprøve var antall *intestinale enterokokker* 3×10^6 per gram, mens de resterende prøvene inneholdt < 1000 per gram. Fem av avføringsprøvene inneholdt et lavt antall *Giardia* cyster (max 600 cyster per gram). De resterende prøvene inneholdt ikke *Giardia* cyster eller *Cryptosporidium* oocyster over deteksjonsgrensen (200 per gram). mCP agar ble forsøkt benyttet for deteksjon av *C. perfringens* i avføringsprøvene, men dette vekstmediet var lite egnet på grunn av overvekst av atypiske kolonier.

Vannprøver

Tabell 4 viser tilførselen/avrenningen pr minutt av tarmbakterier og parasitter fra beitet beregnet basert på vannføringen og konsentrasjonen av mikroorganismer som ble målt i bekken nedstrøms beiteområdet (Tryland *et al.*, 2011). Tilførselen av de ulike fekale indikatorbakteriene fra beitet var 2-4 \log^{10} høyere på dager med kraftig regn sammenlignet med tørre dager. Parasittiske protozoer ble bare påvist på regnværst dager. Avren-

Nr	Koliformer	<i>E. coli</i>	Nr	Koliformer	<i>E. coli</i>	Nr	Koliformer	<i>E. coli</i>
1	6.3×10^5	4.1×10^5	6	2.0×10^5	2.0×10^5	11	1.1×10^7	1.1×10^7
2	1.8×10^6	1.8×10^6	7	6.0×10^6	6.0×10^6	12	2.2×10^4	2.1×10^4
3	1.2×10^6	1.2×10^6	8	3.0×10^5	3.0×10^5	13	3.4×10^6	3.4×10^6
4	3.6×10^4	3.6×10^4	9	5.0×10^5	5.0×10^5	14	4.3×10^6	4.3×10^6
5	1.6×10^6	1.6×10^6	10	4.5×10^4	2.9×10^4	15	2.9×10^6	2.7×10^6

Tabell 3. Konsentrasjoner av fekale mikroorganismer (MPN/gram) i avføringsprøver fra kalver og ungdyr.

Dato:	Nedbør* (mm)	Vannf. (L/ min)	Koliformer (MPN/min)	<i>E. coli</i> (MPN/ min)	Int. ent. (cfu/ min)	<i>C.perfringens</i> (cfu/min)	Parasitter (cyster eller oocyster/min)
240810	15	210	4 x 10 ⁸	4 x 10 ⁷	2 x 10 ⁸	not detected	63 <i>Giardia</i> 21 <i>Cryptosp.</i>
080910	0**	15	3 x 10 ⁵	9 x 10 ³	1 x 10 ⁴	8 x 10 ²	< 2 <i>Giardia</i> < 2 <i>Cryptosp.</i>
130910	0***	30	2 x 10 ⁶	1 x 10 ⁵	2 x 10 ⁵	< 3 x 10 ³	< 3 <i>Giardia</i> < 3 <i>Cryptosp.</i>
140910	10	210	1 x 10 ⁸	1 x 10 ⁷	2 x 10 ⁷	1 x 10 ⁵	294 <i>Giardia</i> <21 <i>Cryptosp.</i>

* nedbør siste 12 timer

** ingen nedbør siste 8 dager

***kraftig nedbør (16 mm) 2 døgn tidligere

Tabell 4. Tilførsler av fekale mikroorganismer fra en liten bekk i en dal med beitende storfe og småfe.

ningen av fekale mikroorganismer fra beiteområdet for storfe og småfe ble altså sterkt påvirket av værforholdene.

Diskusjon, konklusjon og anbefalinger

Informasjon om mengden indikatorbakterier og patogener som skilles ut med avføringen til ulike beitedyr kan være nyttig dersom man skal sette opp et forureningsbudsjett, dvs anslå hvor mye fekalt materiale og patogener som maksimalt kan tilføres en vannkilde fra et beiteområde. Analyse av avføringsprøvene viste stor variasjon i mengden indikatorbakterier mellom de ulike individene. Hesten med mest *E. coli* i avføringen skilte ut 7000 ganger mere *E. coli* per gram enn hesten med minst *E. coli*, og tilsvarende forskjell var 400 mellom de ulike kalvene/ungdyrene. I snitt inne-

holdt avføringen fra kalvene/ungdyrene mere *E. coli* enn avføringen fra hestene. Dette stemmer bra med verdier fra internasjonal litteratur oppsummert i Berge *et al.* (2011). I en av avføringsprøvene fra kalver/ungdyr ble det funnet betydelige mengder intestinale enterokokker, mens de resterende prøvene inneholdt lave verdier. Også hestene skilte i snitt ut mindre intestinale enterokokker enn *E. coli*. I vannprøvene var derimot konsentrasjonen av intestinale enterokokker generelt høyere enn konsentrasjonen av *E. coli*. Det kan forklares med at intestinale enterokokker overlever lenger i miljøet (jord og vann) enn *E. coli*. Koliforme bakterier overlever også lenger i miljøet enn *E. coli*. Mens *E. coli* utgjorde hele 25-100 % av antall koliformer i den ferske avføringen, så var det generelt 1-2 log₁₀ flere koliformer enn *E. coli* i vannprøvene.

For at vann skal inneholde *Giardia* cyster og *Cryptosporidium* oocyster, må dyr i nedbørfeltet være infisert. Det ble funnet et lavt antall av *Giardia* cyster i fem av avføringsprøvene fra kalv (max 600 cyster per gram i fem av prøvene), mens de resterende 10 prøvene ikke inneholdt *Giardia* cyster over deteksjonsgrensen (200 per gram). Avføringen fra kalver og ungdyr inneholdt dermed et mye lavere antall parasitter enn *E. coli*. Dette gjenspeilet seg i vannprøvene tatt etter regnværsepisoder, der antall *Giardia* cyster var ca. 5 log 10 lavere enn antall *E. coli*. Kalver som er infisert med parasitene kan ha et høyere innhold av parasitter i avføringen enn hva som ble målt i dette prosjektet (Fayer et al. 1998). Om det hadde vært flere infiserte kalver med høyere antall parasitter i avføringen i nedbørfeltet, er det sannsynlig at belastningen av disse patogener også hadde vært tilsvarende høyere i vannprøvene. Ingen av hestene vi testet var infisert, dvs ingen av avføringsprøver inneholdt *Giardia* cyster eller *Cryptosporidium* oocyster over deteksjonsgrensen (200 per gram). Det ble derfor ikke gjort analyser av *Giardia* cyster eller *Cryptosporidium* oocyster i vannprøvene.

Det er vanskelig å forutsi fremtidig forekomst av smittsomme sykdommer, inkludert vannbårne patogener blant norske folk og dyr, men økende globalisering og reisevirksomhet sannsynliggjør at forekomsten vil stige. Dette studiet viser at økt nedbør kan medføre økt fare for avrenning av fekale mikroorganismer fra nedbørfelt med beiteområder for husdyr, til overflatevann. Kartlegging

av norske overflatevann har vist at parasittiske protozoer (*Cryptosporidium* eller *Giardia*) forekommer relativt ofte (25 % av 408 prøver var positive), men konsentrasjonene er relativt lave og overstiger sjelden to parasitter per 10 liter vannprøver (Robertson og Gjerde, 2001). Klimaendringer med økt årlig nedbør og hyppigere episoder med kraftig nedbør (Hanssen-Bauer et al., 2009) kan medføre en økt risiko for mikrobielle patogener i norske vannkilder.

Vannforsyninger med utilstrekkelige behandlingsbarrierer er derfor sårbare dersom kilder til parasittisk forurensing er tilstede i nedbørfeltet. Gode tiltak mot forurensing i nedbørfeltet og god beskyttelse av sårbare vannkilder, samt effektiv drikkevannsbehandling er viktig i dag, og vil være enda viktigere under fremtidige klimatiske forhold.

Internasjonale undersøkelser har vist at vegetasjonssoner kan være effektive tiltak for å redusere avrenning av *E. coli* og *Cryptosporidium* fra beiteområder til vannresipienter (Miller et al. 2008, Tate et al., 2006; Atwill et al., 2006). Tiltak som dette i tillegg til å redusere beitedyr sin tilgang til vannresipienten vil bli enda viktigere ved klimaendringer. Det er behov for mer kunnskap om hvorvidt vegetasjonssoner vil være like effektive ved ulike nedbørforhold, deriblant flom. Behovet for restriksjoner vil avhenge av flere faktorer, som antall dyr, deres plassering i forhold til vannresipienten, vannføring og fortykning i vannkilden og hva vannet skal brukes til, eventuelt også antall hygieniske barrierer i vannbehandlingen dersom vannkilden er drikkevannskilde.

Litteratur

- Anonym (2005), "US EPA Method 1623: *Cryptosporidium* and *Giardia* in water by filtration/IMS/FA- December 2005".
- Berge, D., Tryland, I., Tjomslund, T., Hem, L. and Røstum, J. (2011). ROS Maridalsvannet – Oset. NIVA rapport: OR-6221. ISBN: 978-82-577-5956-8.
- Bye, A. S. Statistisk sentralbyrå, pers. med.
- Ferguson, C. M., Charles, K., and Deere, A. (2009). Quantification of Microbial Sources in Drinking-Water Catchments. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39:1–40, 2009.
- Hanssen-Bauer, I., Drange, H., Førland, E.J., Roald, L.A., Børsheim, K.Y., Hisdal, H., Lawrence, D., Nesje, A., Sandven, S., Sorteberg, A., Sundby, S., Vasskog, V. and Ådlandsvik, B. (2009), "Klima i Norge 2100. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing. Norsk klimasenter, September 2009, Oslo.
- Hofshagen, M., Heier, B.T. og Hauge, K. (2011). Zoonoserapporten 2010. Veterinærinstituttet. ISSN 1502-5713.
- ISO (2006), "ISO 15553, Water quality – Isolation and identification of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts from water", ISO Geneva.
- Kistemann, T., Clafen, T., Koch, C., Dangendorf, F., Fischeder, R., Gebel, J., Vacata, V. and Exner, M. (2002), "Microbial load of drinking water reservoir tributaries during extreme rainfall and runoff". *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 68 No. 5, pp. 2188 – 2197.
- Mueller-Spitz, S.R., Stewart, L.B. and McLellan, S.L. (2010), Reliability of mCP method for identification of *Clostridium perfringens* from faecal polluted aquatic environments. *Journal of Applied Microbiology*, Vol. 108 No. 6, pp. 1994-2002.
- Närvänen, Aa., Jansson, H., Uusi-Kämppe, J., & Jansson, H. (2006). The treatment of surface run-off waters from an equine paddock area with ferric sulphate. NJF373. Transport and retention of pollutants from different production systems. Tartu, Estonia. NJF Report, Vol 2, Nr 5, 2006 (149-153).
- NS (1990), "Norwegian Standard NS 4792, Water analysis, thermotolerant coliform bacteria and presumptive *E. coli*, membrane filter method". Norges Standardiseringsforbund, Oslo.
- NS (2000), "Norwegian Standard NS-EN ISO 7899-2: Water examination, identification and quantification of intestinal enterococci. Part 2. Membrane filtration method", Norges Standardiseringsforbund, Oslo.
- Paruch A.M. (2011). Long-term survival of *Escherichia coli* in lightweight aggregate filter media of constructed wastewater treatment wetlands. *Water Science and Technology*, 63(3), 558-564.

Robertson, L.J. and Gjerde, B. (2001), "Occurrence of *Cryptosporidium* oocysts and *Giardia* cysts in raw waters in Norway", *Scandinavian Journal of Public Health*, Vol. 29, pp. 200-207.

Robertson, L.J., Hermansen, L., Gjerde, B., Strand, E., Alvsvåg, J.O. and Langeland, N. (2006), "Application of genotyping during an extensive outbreak of waterborne giardiasis in Bergen, Norway during Autumn/Winter", *Applied and Environmental Microbiology*, Vol. 72, pp. 2212-2217.

Tryland, I., Robertson, L., Blankenberg, A.G.B, Lindholm, M., Rohrlack, T. og Liltved, H. (2011). Impact of rainfall on microbial contamination of surface water. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*. Vol 3, no. 4.

www.ssb.no; www.eklima.no; www.yr.no