

Utfordringer med vannkvalitet med hensyn til hygiene i restaurerte urbane vassdrag som benyttes til bading, rekreasjon og parkmiljø

Av Trond Mæhlum

Trond Mæhlum er forsker i Avdeling grøntanlegg og miljøteknologi i NIBIO, Ås.

Innlegg på Fagtreff i Norsk vannforening om tema Restaurering av urbane vassdrag, Forskningsparken CIENS, 8. mai 2017.

Introduksjon

Urbane vassdrag har mange ulike funksjoner: flomvei, drikkevann, opplevelse, rekreasjon, lek og som leveområder for dyr og planter. Selv om vannet har mange positive egenskaper vil urbane vassdrag også kunne inneholde patogene organismer som kan føre til sykdom hos mennesker ved konsum eller er i kontakt med vannet. Mange byvassdrag har blitt lagt i rør, ikke minst i Oslo, med over 236 km lukking på 723 delstrekninger (Fergus og Høisæter 2015). Bekkelukkinger kan føre til økte mikrobielle forurensninger i vassdragene, ved at de naturlige renseprosessene som filtrering, sedimentasjon, lufting, samt inaktivisering fra solas UV-stråling blir fjernet. Rørene har begrenset kapasitet til å lede vann vekk, noe som bidrar til økt flomfare ved oppstuvning. Fra slutten av 1900-tallet har urbane elver og bekker fått revitalisert sin verdi i bybildet og er i dag sentrale elementer i byenes blå-grønne infrastruktur.

I dette innlegget ser vi på utfordringer i forhold til vannkvalitet med hensyn på smittefare i restaurerte byvassdrag, hvor vannet løftes frem i dagen fremfor å ledes i rør og kulverter. Tema er også relevant for andre urbane vannforekomster som folk kan komme i nærkontakt med, som

overvann, bassenger og fontener. Det hender folk ønsker å benytte slike vannforekomster til bading på varme sommerdager. Selv om dette ikke er tilsiktet ved etableringen, så er det en bruk som må påregnes da mange, og spesielt barn som benytter vann til lek, ikke har kunnskap til vurdere fare for eksponering av patogene organismer når de kommer i kontakt med slike vannforekomster. Innlegget peker på viktige smittekilder, forekomst av sykdomsfremkallende organismer og eksempler på tiltak som reduserer smittefare. Ut fra dette blir det gjort en vurdering om hvordan vi bedre kan lykkes med multifunksjonell restaurering av byvassdrag.

Kortversjonen av innlegget er som følger: Studer hvordan Drammen har tilrettelagt badeplasser i byen. Strategien var her å etablere badeplass i Drammenselva - i sentrum av Drammen - selv om byplanleggeren sikkert viste at var badevannskvaliteten i beste fall var ustabil. Overvåkningsdata etter etableringen dokumenterte behov for opprydding av utslipp både i Drammen, men ikke minst fra oppstrøms kommuner med utslipp til elva. En slik strategi er aktuell også på lukkende byvassdrag. Ved bekkeåpning vil beboere bli eksponert for dårlig vannkvalitet på kort sikt, både med hensyn på estetikk og hygiene, men dette vil gi meget gode argumenter for gjennomføring av oppstrøms tiltak for å forbedre vannkvaliteten. Dette er selvsagt ikke like enkelt der samme kommune

har ansvar for både gjenåpnet bekk og oppstrøms nedbørfelt. Det er også viktig at folk blir orientert om vannkvaliteten og hvordan de skal forholde seg til denne informasjonen. Det finnes gode eksempler på urban bekkeåpning i mange kommuner, som Stavanger, Sandnes, Bergen, Trondheim, Ski, Bærum og Lørenskog, men i dette innlegget ser vi på Oslo.

Bekkeåpninger som tiltak

Internasjonalt brukes begrepet *daylighting* om prosessen der kulverter og rør blir fjernet slik at hele eller deler av en bekk eller elv kan tas opp i dagen. Bekkeåpninger har blitt utført i både urbane (Krystad 2017) og mer landlige områder (Hauge 2006), store og små nedbørfelt, og i både små bekker og store elver. Ofte er målet at vassdraget skal følge den opprinnelige traséen, men i urbane områder kan dette være vanskelig grunnet sterk utbygging etter at vassdraget tidligere ble lagt i rør. Bekkeåpningsprosjekter kan ta hele vassdraget opp i dagen, eller kun tørravrenningen, mens eventuell flomvannføring fortsatt ledes i rør. Noen prosjekter benytter naturlige og stedegne sedimenter og steiner til bunn- og side-dekke, mens andre prosjekter, spesielt hvor det er plassmangel, benytter betong for å sikre kanalen og har områder med stein og jord om vekstsubstrat for vegetasjon. Eksempel på det siste er den nye bekken gjennom bydel Ensjø i Oslo.

I arbeidet med urbane bekkeåpningsprosjekter vil det kunne oppstå utfordringene som kan være sosiale, institusjonelle og tekniske. De sosiale utfordringene kan være redsel for skade (drukning) og smittespredning, mens de institusjonelle kan handle om ansvarsfordelingen av eksempelvis vedlikehold og sikkerhet. Tekniske utfordringer kan være lite tilgjengelig areal, kompliserte grunnforhold og omfattende infrastruktur under bakken. Målsettingen med bekkeåpning kan omfatte økt biologisk mangfold, bedre flomhåndtering med flomdemping og flomveier, trygge ferdselsveier, sosialt samvær, lek og rekreasjon i forbindelse med parketabling, samt forbedring av vannkvalitet.

Oslo kommune har, sammen med mange andre byer et mål om å gi vannet tilbake sin

plass i byen og ønsker å styrke byens blågrønne struktur. Som et langsiktig mål skal alle åtte elver i Oslos byggesone gjenåpnes på hele strekninger fra Marka til fjorden, samtidig skal det utvikles turveier langs disse elva. Der forholdene ligger til rette for det bør elven/bekken i størst mulig grad gjenåpnes i sitt historiske bekkeløp (Fergus og Høisæter 2015). Overvannet skal bli sett på som en ressurs i bybildet i tillegg til at overvannets spredning av forurensninger skal begrenses.

Oslo har lyktes med å få frem gode og trygge badeplasser i fjorden i sentrum og i vassdragene fra markaområder som passerer urbanbebyggelse på vei ned i sentrum. I Oslo er utfordringen først og fremst å oppnå en god vannkvalitet i byvassdragene innenfor Ring 3/Riksvei 150. Byvassdrag som har en vesentlig andel av nedbørfeltet i markaområder har ofte en akseptabel vannkvalitet et godt stykke inn i tettbebyggelsen. Det er derfor gode eksempler på badeplasser som Årvolldammen i Hovinvassdraget, Groruddammen i Alnavassdraget, Nydalen badeplass i Akerselva ved Ring 3. Ved bading her gjelder det å følge de råd som også gis for strender i Oslofjorden: unngå bading under og rett etter regnvær siden den kan medføre sykdomsrisiko spesielt for mage- og tarmsykdom på grunn av økt forekomst av bakterier.

Lenger ned i vassdraget med økt andel urbanisering forverres vannkvaliteten og risikobilidet endres. Det kan være tiltak som inviterer til bading, vassing og lek i strandsonen, selv om dette ikke var intensjonen, som for eksempel i Bjerkedalen Park og Teglværksdammen i Hovinvassdraget. Også andre vannforekomster som for eksempel Vannspeilet, Frognerdammen, Spikersuppa samt mindre parkdammer og fontener benyttes sporadisk til bading selv om dette ikke er anbefalt.

Fekal forurensing av byvassdrag

Selv med overføring til rensanlegg er det fortsatt utslipp fra avløpssystemer til byvassdragene, spesielt der overvann og avløp føres sammen i felles ledning og dette ikke har kapasitet til å lede bort alt vannet ved store nedbørsepisoder.

Pumpestasjoner har overløp til vassdrag for avløpsvann som overtiger avløpsnettets og renseanleggets kapasitet. Det kan også være lekkasjer fra eldre ledningsnett, feilkoblinger, direkte utslipp ved saneringsarbeider og avløp fra boliger i utkanten som ikke er tilknyttet sentralt ledningsnett. Fekalier inneholder en rekke ulike mikroorganismer som kan forårsake sykdommer, som virus, bakterier og parasitter. Av tarmbakterier er *E.coli*, *Salmonella* spp, *Campylobacter jejuni*, *Shigella* spp og *Vibio cholerae* vanlige (WHO 2006). Det er viktig å merke seg at det ikke bare er syke mennesker som sprer fekal smitte da disse organismene også kan finnes i tarmen til friske mennesker.

Typiske sykdommer fra patogene organismer som spres via vann er mage- og tarminfeksjoner med feber, kramper, oppkast, diare eller forstoppelse av ulik alvorlighetsgrad. De fleste tarmbakterier i avføring, inkludert *E.coli*, er harmløse og en viktig del av en sunn tarmflora, men noen *E. coli* varianter kan forårsake sykdom når de produserer et toksin kalt Shiga toksin (Shiga-toksinproduserende *E. coli* STEC). Enterohemoragiske *E. coli* (EHEC) defineres som de humanpatogene variantene av STEC. Noen EHEC kan forårsake livstruende sykdom som kan føre til nyresvikt hos små barn. Analyser av *E.coli* er også den mest brukte indikatorbakteriegruppen for påvisning av fekal forurensning og brukes i klassifisering av badevann sammen med intestinale enterokokker.

Det er en utbredt oppfatning at fekal forurensning i byvassdrag skyldes mangelfulle avløpssystemer med årsaker som listet opp her. Dette synet må nyanseres. I byen er det også et betydelig dyreliv. Det er dyr i og langs vassdraget, spesielt fugler som måker, ender, gjess og svaner. Duer og kjæledyr som hund og katt gir også bidrag til fekal forurensning av urbant overvann. Under bakken har rottene et godt livsgrunnlag basert på avløpsnettets godbiter. Tettheten av rotter i avløpsnett er såpass høyt at vi helst unngår å tenke på dette. Rottene er heller ikke avløps- og sykdomsfrie. Sammen gir både mennesker og (andre) dyr et mangfold av kilder til smittestoff i byvassdragene som om-

fatter virus, bakterier og parasitter. I forhold til å vurdere hvilke patogener som utgjør størst risiko for vannbårne sykdomsutbrudd vurderes følgende forhold som viktige (Tryland et al. 2017):

- Organismen skilles ut i store mengder fra infiserte individer
- Sykdommen har lav infektiv dose (f eks mage-tarminfeksjoner)
- Organismen overlever lenge i vann

Følgende kandidater peker seg ut som spesielt aktuelle:

Virus: Norovirus, rotavirus, adenovirus

Bakterier: *Campylobacter* spp, *Salmonella* spp, *E.coli* O157:H7

Parasitter: *Giardia* og *Cryptosporidium*

I gjennomsnitt vil en person ha et utslipp per døgn på 1×10^{10} tarmbakterier. Generelt er det likevel stor variasjon av tarmbakterier i fekalier, både innen samme art og mellom ulike arter. Det kan være en forskjell på 1000x. Siden noen sykdommer har lav infektiv dose er det slik at selv lave konsekrasjoner av en organisme kan være en sykdomstrussel, spesielt for utsatte befolkningsgrupper.

Foruten fekal forurensning i byvassdrag som kan utgjøre en sykdomsrisiko kan cyanobakterier danner oppblomstringer og skape en rekke problemer. Høye konsentrasjoner av cyanobakterier i vannet forårsaker ofte vond lukt og gjør vannet uappetittlig, foruten å kunne produsere giftstoffer (toksiner) som kan utgjøre en helse- og sykdomsrisiko. To hovedtyper av toksiner omfatter levertoksiner og nervetoksiner. De vanligste eksponeringsmåtene er å svelge vann som inneholder cyanobakterier under bading, eller inntak av forurenset drikkevann. For at toksiner produsert av cyanobakterier skal utgjøre en risiko for mennesker ved kontakt med vann, må det være en oppblomstring som er så omfattende at den er lett synlig for menneskene som ferdes rundt vannkilden. Ved å advare mot hudkontakt og aerosoleksponering ved synlig oppvekst, kan risikoen i stor grad kontrolleres.

Nivåer av fekal forurensning og smitteveier

Fra Oslos overvåkingsprogram (2016) som omfatter øvre og midtre og nedre del av Akerselva og bydammer som Grinidammen, Holmendammen, Frognerdammen, Bjerkedalenpark, Hølaløkka og Groruddammen oppgis følgende: Vannkvalitet på offisielle badeplasser i vassdragene er i hovedsak god med hensyn på termotolerante koliforme bakterier (TKB, vanligvis *E.coli*). Det er bedre kvalitet i større vassdrag enn små vassdrag og vannkvaliteten avtar gjennom byområder. Noen badeplasser med urbane områder i nedbørsfelt har periodisk dårlig vannkvalitet ved mye nedbør og kloakkoverløp: typisk økning fra noen hundre til flere tusentusen TKB/100 ml. Det er få data på forurenset overvann som tilføres vassdragene.

For å bli syk må folk komme i kontakt med smittestoff som finnes i byvassdrag og urbane vassdrag. Mest opplagte årsak er bading der den badende svelger forurenset vann. Ved vassing og ferdsel langs elvekanten kan også fall i vannet forekomme og vann svelges, eller kommer via hender og mat som er forurenset av skittent vann. Spesielt barn som leker i eller langs vassdraget er utsatt siden barn ikke har samme forståelse som voksne for hvordan vannet kan gjøre en syk. Smittestoff kan også spres via aerosolpartikler fra vannfall og fontener. Oversvømmelser kan gi forurenset flomvann i kjellere og forurensning antatt rene områder hvor det oppbevares mat.

Kildesporing

Sykdomsfremkallende organismer finnes i tarmen til varmblodige dyr og kan tilføres vassdragene fra flere ulike kilder. Generelt er smittestoff som finnes i en art -menneske eller (andre) dyr - mest effektivt på samme art. Patogener fra mennesker vil derfor utgjøre en større sykdomsrisiko for mennesker som er i kontakt med vann, sammenliknet med patogener fra andre dyr (Soller et al. 2014). Likevel vil enkelte humanpatogener også ha en sterk korrelasjon med enkelte dyregrupper, som hest, storfe, sau, hund og fugl. Derfor er det utviklet kildesporingsmeto-

der som kan belyse kildene til de fekal forurensningene i et vassdrag som kjemisk og mikrobiologisk kildesporing. Molekylærbiologisk kildesporing er eksempel på en mikrobiologisk metode der genetiske markører basert på den vertsspesifikke bakteriegruppen *Bacteroidales* brukes for å bestemme kildene til den fekal forurensningen i vannet (Paruch et al. 2017).

DNA markører for mennesker og et utvalg dyr er testet i bekker til drikkevann og urbane vassdrag i Norge. I Bjerkedalen park ble det sommeren 2015 vist en *E.coli*-nivå på 2000 - 6000 cfu/100 ml (Paruch og Mæhlum 2015). Her var bidrag fra mennesker på 16 -68%, hester 0 -3% og andre dyr 32 -82%. Det var ingen klar sammenheng med nedbør, men ingen kraftige episoder med nedbør var representert. Prøver fra Akerselva samme sesong viste et *E.coli* nivå på 500 - 8000 cfu/100 ml. Her ble det vist at dyr dominerte som bidragsyttere i de fleste prøvene med opp til 97%. Enkelte episoder var det stort bidrag fra mennesker, opp til 96% og det for eksempel skyldes overløp.

Erfaringer fra disse og andre undersøkelser i Norge (Paruch et al. 2017) viser at dyreliv i urbane vassdrag i perioder kan bety mye, ofte mer enn forventet. Det er generelt størst fekal smitte fra mennesker vinterstid og dyr om sommeren (Paruch et al. 2017). Mange gårdsbruk nær byene har satset på hestehold som en levevei. Kildesporing indikerer at det er utfordringer i forhold til vannkvalitet med slikt hestehold på grunn av avrenning fra beiteområder og utendørs gjødselagre som ikke er tilstrekkelig sikret mot avrenning.

Tiltak for bedre vassdragshygiene

Det finnes en rekke tiltak som kan iverksettes for å få bedre hygienisk kvalitet i byvassdrag og overvann (Tryland et al. 2017). Det kan gjennomføres tiltak for å hindre utslipp og der det foreligger utslipp kan det settes inn tiltak ved kildene, eller i eller langs selve vassdraget. Eksempel på det første er å fjerne avløpsstrømmer som kan komme på avveie til vassdrag, som for eksempel erstatte fellesledninger for avløp

og overvann med eget overvannssystem, hvor avrenningen behandles lokalt før det ledes til vassdragene. Det kan også legges til rette for at færre dyr ferdes i området, som for eksempel unngå mating av fugler og anlegge bufferareal mot bekker for beiteområder. Eksempel på tiltak i selve vassdraget er å benytte rensemetoder som legger til rette for å fjerne eller redusere nivået av smittestoff. Eksempel på naturbaserte rensemetoder som kan påvirke nivå av smittestoff er:

- Selvrensing ved bekkeåpning og eksponering av vannet for solas uv-stråler og lufting ved fall
- Sedimenteringsdammer/reusedammer/grunne våtmarker
- Vegetasjonsfiltrering
- Filtrering i porøse medier

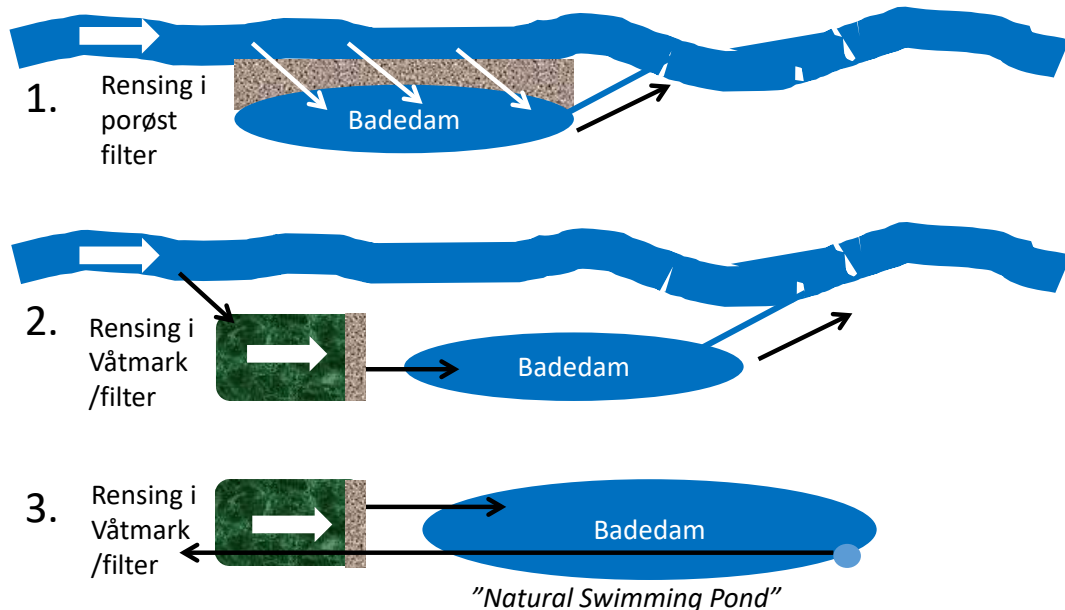
Eksempler på tekniske tiltak som kan påvirke nivå av smittestoff er:

- Lagrings og utjevningsmagasin
- Rensefiltre i tilknytning til slukrister
- Virvelseparator
- Tilsetning av fellingskjemikalier og polymere

I et urbant vassdrag som i perioder er forurenset kan vi se for oss følgende prinsipper for rensiltak der det ønskes å etablere en badedam langs vassdraget (*natural swimming pond*) med mål om å få tilfredsstillende hygienisk badevannskvalitet, vist i figur 1.

I eksempel 1, figur 1, benyttes en sandfilter langs elvebredden som filter for badevannet der utløpet leder vannet lenger ned i elva. Sanda kan være naturlig elvesand eller tilkjørt sand. I eksempel 2 ledes en delstrøm fra elva inn i et rensfilter av tilplantede porøse medier (våtmarksfilter). I perioder hvor vassdraget ikke kan levere vann til badedammen og det ikke er tilgang på andre vannkilder kan det etableres enn resirkulering av vannet gjennom filteret (eksempel 3).

Det er også mulig å foreta tiltak i selve vassdraget for å oppnå en bedre hygienisk vannkvalitet. Dette er mer utbredt enn løsninger vist i figur 1. Anlegget Tegilverksammen på Hasle i Oslo renser en delstrøm av Hovinbekken i ulike komponenter av naturbaserte tiltak (Fergus 2015). Formålet med anlegget er primært å bedre bekkens hygieniske vannkvalitet før vannet ledes i en åpen bekk gjennom Ensjøområdet og



Figur 1. Prinsipper for hvordan naturlige badedammer i tettbebyggelse kan rense forurenset vann fra vassdraget med naturbaserte renseteknologi.

videre til Klosterenga. Anlegget består av forsedimenteringsdam, grunne tilplantede bekkeløp med fall og flere dammer og grunne våtmarksoner. Anlegget er beskrevet nærmere av Krystad (2017) og Krystad et al. (2017). Anlegget ble undersøkt for fjerning av *E.coli* i 2016-17. Det er var en renseseffekt på større enn 50% reduksjon på årsbasis og >90% sommerstid. Deler av anlegget var i perioder av året en kilde til *E.coli* utslipp, sannsynligvis på grunn av fugler som har tilhold i dammene. Det finnes flere eksempler på dammer og våtmarksanlegg i vassdrag som er undersøkt for rensing av smittestoff (Tryland et al. 2017) der tiltakene viser en betydelig renseseffekt, men ingen høygradig rensing av indikatororganismer, typisk 1 log reduksjon.

Hvordan lykkes med multifunksjonell restaurering av byvassdrag

Byvassdrag med stor andel naturområder i nedbørfeltet kan gi god hygienisk kvalitet dersom det er velfungerende avløpssystemer i tettbyggingen og tiltak som fordrøyer og renser overvann. Badeplasser bør primært etableres i øvre del av byvassdraget der vannkvaliteten er best. En vurdering foretatt av Tryland et al. (2017) og som ligger til grunn for denne gjennomgangen tyder på at det er problematisk – i hvert fall på kort sikt - å opprettholde god stabil hygienisk kvalitet lenger ned i byvassdrag på grunn av forurenset overvann og tilførsel av avløp. Byvassdrag og dammer etablert for rekreasjon kan forurennes av dyr, spesielt fugler, men vi vet foreløpig ikke så mye om betydning av dyr i forhold til mennesker i forhold til smitterisiko i en slik sammenheng.

Den hygieniske vannkvaliteten kan bedres ved å:

- hindre tilførsel av avløp (nye avløpsledninger, unngå overløp)
- redusere attraktiviteten for fugl (måker, ender, gress), forbud mot mating og fysisk utforming
- etablere rens tiltak i vassdraget (dammer, våtmarker, filtrering)
- etablere rens tiltak for overvann i nedbørfeltet (LOD-tiltak)

Tiltak lenger ned i byvassdrag bør utformes slik at disse er lite attraktive for bading. Det kan for eksempel være ved å unngå å tilrettelegge for kontakt med vannet (stand/brygge), etablere grunne dammer, beplantning som gir fysiske barrierer for ferdsel, substrat i dammer og kantsoner som er ubehagelig (ikke benytte sand).

Åpning av vassdrag kan ha mange målsettinger, der økt estetisk og hygienisk vannkvalitet ofte er viktig. Det er ikke gitt at alle gode formål som flomdemping, biomangfold, estetikk og hygiene kan kombineres på samme fysiske strekning i vassdraget. Det bør vurderes om spesifikke målsettinger kan ha prioritet på ulike deler av elvestrekningen som skal rehabiliteres.

Vann i by vil utgjøre en økende del av det urbane landskapet. Ny kunnskap om dette tema er på vei og det er flere pågående FoU-prosjekter som ser på vannkvalitet i urbant overvann og byvassdrag, inkludert hygieneparametere. En rapport som utdyper dette innlegget og peker på FoU-behov videre er nylig publisert av Tryland et al. (2017). Foruten at det er en utfordring å opprettholde stabil hygienisk vannkvalitet er det også viktig å formidle kunnskap om hvordan forholde seg til en vannkvalitet som i perioder kan være forurenset og innebære en viss smitterisiko. Inntil overvåkning viser at akseptabel vannkvalitet oppnås i et gjenåpnet vassdrag, bør ansvarlige helsemyndigheter gi advarsler mot direkte kontakt med vannet, spesielt under og etter nedbørshendelser og at risikogrupper informeres spesielt.

Litteratur

- Fergus T. 2015. Vann i en bærekraftige byen, erfaringer fra Oslo kommune. Utbygging av Ensjø og gjenåpning av Hovinbekken. VANN, 03/2015, s 305-309.
- Fergus, T. og T. Høysæter. 2015. Prinsipper for gjenåpning av elver og bekker i Oslo. Oslo VAV. Styringsdokument versjon 1.0.
- Hauge, A. 2006. Gjenåpning av lukka bekker – mange positive effekter. Bioforsk-rapport 1(28) 2006.
- Krystad, R. 2017. Gjenåpning av byvassdrag – Forekomst, kilder og rensing av tarmbakterier i Teglverksdammen (i Hovinbekken, Oslo). Masteroppgave, Fakultet for realfag og teknologi, NMBU.

Krystad, R. A.M. Paruch, L. Paruch og T. Mæhlum. 2017. Gjenåpning av byvassdrag: forekomst, kilder og rensing av *E.coli* i Teglværksdammen i Hovinbekken, Oslo. VANN, 4/2017.

Oslo kommune. (2016). Fagrapport avløp og vannmiljø 2016: Vann- og avløpsetaten.

Paruch, A.M., Paruch, L., Mæhlum, T. (2017). Kildesporing av fekal vannforurensing med molekylærbiologiske metoder – Eksempler på undersøkelser i Norge. *NIBIO Rapport 3/66*, 70 pp.

Tryland, I., Mæhlum, T., Wennberg, A.C., Paruch, A.M., Krystad, R., Paruch, L., Ranneklev, S., Fosholt Moe, T., Haande, S., Myrmel, M., Robertson, L., Fergus, T., Beschorner, A-L., Kvitsjøen, J. (2017). Tiltak for å oppnå bedre hygienisk vannkvalitet til rekreasjonsformål i overvann og byvassdrag - forprosjekt for å identifisere forskningsbehov. NIVA-rapport 7190-2017. 75 pp.

WHO. 2006. Guidelines for the SAFE Use of Wastewater, Excreta, and Greywater. Wastewater and Excreta Use in Aquaculture. Volume 4. Geneva, Sveits.