

RAPPORT

Miljøkonsekvenser av effektkjøring i regulerte vassdrag – en kunnskapsoppsummering

OPPDRAKSGIVER

Industri Energi

EMNE

Miljøutredning for vannmiljø

DATO / REVISJON: 23.08 2017

DOKUMENTKODE: 130890-RIM-RAP-001



Multiconsult

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

RAPPORT

OPPDRAAG		DOKUMENTKODE	130980-RIM-RAP-02
EMNE VANNMILJØ		TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Industri Energi	OPPDRAAGSLEDER	Morten Kraabøl
KONTAKTPERSON	Geir Vollseter	UTARBEIDET AV	Morten Kraabøl og Gaute Thomassen
KOORDINATER	N/A	ANSVARLIG ENHET	1085 Oslo Naturressurser
GNR./BNR./SNR.	N/A		

SAMMENDRAG

Effektkjøring er en type drift av et vannkraftverk som medfører at kraftverket startes og stoppes ofte og hurtig, noe som igjen medfører hyppige endringer i vannføring, vannstand, vanntemperatur og vannkjemiske forhold sammenlignet med normaltstanden. Hensikten er i hovedsak stabilisering av strømmettet og ønsket om økt inntjening ved produksjon og salg av strøm i perioder med høy etterspørsel og gunstig pris. Økt energibruk og endringer i kraftmarkedet (spesielt etter energiloven av 1990) har drevet frem en økt forekomst av effektkjøring i norske kraftverk. Med økende elektrifisering i samfunnet og kobling mot markeder med høy volatilitet og lav andel fornybar energi, vil trolig driften av vannkraftverkene i større grad bli styrt av kortsiktige svingninger i den europeiske energietterspørselen.

Felles for alle regulerte vassdrag er at effektkjøring gir betydelige negative miljøkonsekvenser for vannmiljøet. Viktige økologiske konsekvenser for vannmiljøet som følge av effektkjøring er stranding av ungfisk, insekter og bunndyr i forbindelse med raske vannføringsreduksjoner. Dette kan medføre reduserte bestander og dermed også biologisk produksjon i vassdragene. Effektkjøring kan også gi negative effekter på livsvilkårene til bever og oter, mens bunndyr- og fiskespisende fugler kan oppnå økt næringstilgang. Det er forsket mye på konsekvenser og avbøtende tiltak i laksevassdrag, mens kunnskapsmangelen er betydelig for innlandsfisk og akvatiske økosystemer i innlandet. Negative konsekvenser av effektkjøring kan reduseres dersom det iverksettes tilstrekkelig gode avbøtende tiltak. Miljøvirkningene av effektkjøring vil også avhenge av kraftverkets plassering i vassdraget, og av artsmangfoldet i vassdraget.

Ettersom effektkjøring nesten alltid vil medføre negative økologiske konsekvenser i vassdraget, vil dette i mange sammenhenger vil kunne komme i konflikt med intensjonene i dagens miljølovgivning – spesielt Vannforskriften og Naturmangfoldloven. Vannforskriften fra 2006 og tilhørende arbeider har til hensikt å sikre en riktig balanse mellom miljøforbedringer i vassdragene og kraftproduksjon. Naturmangfoldloven fastsetter en rekke prinsipper som skal legges til grunn ved utøvelse av offentlig myndighet, og de benyttes også av faginstanser ved f.eks. konsekvensutredninger og rådgivning. Begge er sentrale verktøy for myndighetene ved vurdering effektkjøring og fastsettelse av eventuelle miljøkrav enten i konsesjonsbehandling av ny vannkraft eller under vilkårsrevisjoner, innkallinger til konsesjonsbehandling for anlegg uten konsesjon (vannressursloven § 66) eller i omgjøringsaker etter § 28 i vannressursloven.

01	18.08.2017	Rapport	MKR / GTH	GRD	MKR
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	5
2	Kunnskapsstatus relatert til miljøkonsekvenser av effektkjøring.....	7
2.1	Effekter på anadrom laksefisk.....	7
2.1.1	Stranding og tørrlegging	7
2.1.2	Endringer i vanntemperatur og isforhold	9
2.1.3	Effekter på bestandsnivå	10
2.2	Konsekvenser på andre fiskearter i norske vassdrag	10
2.3	Konsekvenser for vannlevende insekter og bunndyr.....	12
2.3.1	Stranding og tørrlegging	12
2.3.2	Økologiske ringvirkninger	13
2.4	Effekter på elvemusling	13
2.5	Effekter på pattedyr og fugl.....	14
2.5.1	Bever	14
2.5.2	Oter.....	14
2.5.3	Fugler generelt.....	14
3	Effektkjøring og forholdet til Vannforskriften og Naturmangfoldloven.....	15
3.1	Vannforskriften	15
3.1.1	Miljøsmål	15
3.1.2	Sterkt modifiserte vannforekomster.....	15
3.1.3	Vilkårsrevisjoner	15
3.2	Naturmangfoldloven.....	16
4	Konklusjoner.....	17
5	Referanser	19

1 Innledning

Dette notatet gir en enkel oversikt over de mest sentrale økologiske konsekvensene av effektkjøring i norske vassdrag basert på dagens kunnskapsgrunnlag. I tillegg presenteres sentrale lover og bestemmelser som har til hensikt å ivareta miljøverdier i vassdragene og som dermed potensielt kan komme i konflikt med effektkjøring.

Begrepet «effektkjøring» er ikke entydig definert, men det er knyttet til kraftverksdrift med levering av balansekraft til markedet. Samfunnets forbruk av elektrisitet varierer over døgnet og gjennom året, og det er behov for at kraftproduksjonen til enhver tid balanserer strømforbruket. Samtidig er det gunstig for den enkelte produsent å selge kraft i perioder hvor etterspørselen er stor og prisen gunstig. Kraftmarkedet er også i endring blant annet som følge av økt elektrifisering i samfunnet og økende eksport av strøm til andre land. Dette eksponerer Norge mot markeder med høy volatilitet og lav andel fornybar energi, som igjen kan føre til at driften av vannkraftverkene i større grad bli styrt av kortsiktige svingninger i den europeiske energietterspørselen.

Effektkjøring innebærer at vannkraftverket startes og stoppes ofte og hurtig. For kraftverk med utløp i elv innebærer dette også at vannføring og vannstand i elva endres ofte og hurtig (bilde 1). Normalt beskriver begrepet situasjoner der driftsmønsteret i et kraftverk varierer for å møte kortsiktige variasjoner i kraftmarkedet. Slike variasjoner kan være endret etterspørsel, eller endret pris. Miljøvirkningene av slik drift avhenger derfor av kraftverkets plassering i vassdraget, og selvfølgelig av arts mangfoldet som finnes før effektkjøring starter. Miljøvirkningene av effektkjøring vil derfor variere en del etter som effektkjøring både påvirker magasinenes fyllingsnivå og miljøforholdene nedstrøms kraftverkens avløp. Det er også ulike effekter for kraftverk som har sitt avløp til en elv sammenlignet med avløp til en innsjø. Felles for alle regulerte vassdrag er at effektkjøring gir negative miljøkonsekvenser. Disse kan reduseres dersom det iverksettes tilstrekkelig gode avbøtende tiltak.



Bilde 1: Eksempel på elv som har varierende vannføring. I dette tilfellet ble vannføringen redusert i løpet av kort tid. Blottlagt strandlinje er synlig som et fuktig felt på steinene. Her strander både fisk og bunndyr (foto: M. Kraabøl).

Økt energibruk og endringer i kraftmarkedet (spesielt etter energiloven av 1990) har drevet frem en økt forekomst av effektkjøring i norske kraftverk. Dette har sin bakgrunn i at det er et begrenset antall energikilder som er regulerbare. Økningen i energibruket setter ytterligere press på utnyttelsen av de energikildene som faktisk er regulerbare. Videre er det slik at de fleste regulerbare energikilder er ikke-fornybare, bortsett fra vannkraft. Med overgang til stadig større andel energiproduksjon basert på fornybare energikilder, forventes det at vannkraft, som en av svært få regulerbare og fornybare energikilder, vil bli produsert ved at flest mulig av kraftverkene driftes etter effektkjøringsprinsipper.

2 Kunnskapsstatus relatert til miljøkonsekvenser av effektkjøring

Det er gjennomført en rekke studier av miljøeffektene av effektkjøring både i Norge og internasjonalt. Noe av det mest omfattende og nyeste som er utført i Norge er utført av Centre for Environmental Design of Renewable Energy (CEDREN) – et forskningssenter for miljødesign av fornybar energiproduksjon hvor SINTEF Energi, Norsk institutt for naturforskning (NINA) og Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU) er hovedforskningsspartnere. Vannkraftbransjen er en viktig bidragsyter i dette forskningssenteret. CEDREN har gjennomført to prosjekter hvor effektkjøring særlig har vært et sentralt forskningstema: EnviPEAK (Environmental impacts of hydropeaking) og HydroPEAK (Hydropower development for peaking and load balancing). Med bakgrunn i disse prosjektene har CEDREN publisert boka «Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri» (Bakken m.fl. (red) 2016). Mye av forskningen som er omtalt i dette notatet stammer derfor fra CEDRENs forskningsaktivitet.

Imidlertid er det slik at denne forskningen i all hovedsak dreier seg om laksefisk, og spesielt anadrom laksefisk. Dette skyldes den økonomiske og rekreasjonsmessige verdien som er knyttet til laks, ørret og til dels sjørøye. I tillegg til disse fiskeartene finnes det 30 andre fiskearter som lever i de innlandsvassdragene. Det eksisterende kunnskapsgrunnlaget for disse artene er svært mangelfullt, til tross for at mange av innlandsvassdragene er regulert til kraftformål. Det er også slik at effektkjøring er en like aktuell driftsform for disse kraftverkene sammenlignet med kystvassdragene.

I det følgende oppsummeres hva dagens kunnskap sier om økologiske konsekvenser av effektkjøring på relevante dyregrupper som har tilknytning til vann og vassdrag.

Konsekvensene vi nevner her må sees som en generalisert sammenstilling av de antatt viktigste og mest utbredte økologiske konsekvensene av effektkjøring i norske vassdrag. De faktiske konsekvensene som inntreffer og alvorlighetsgraden av disse vil variere betraktelig fra vassdrag til vassdrag. Det er krevende å overføre kunnskap om dette temaet direkte fra et undersøkt vassdrag til et hvor problematikken ikke er undersøkt. De generelle vurderingene og prinsippene som CEDREN har kommet frem til, vurderes likevel å være såpass allmenngyldige at de kan anvendes som et solid kunnskapsgrunnlag i de sammenhenger hvor dette drøftes på lokalt eller nasjonalt nivå.

2.1 Effekter på anadrom laksefisk

Mye av forskningen på effekter av effektkjøring som er utført i Norge dreier seg om effekter på laksefisk. Hovedproblemer for laksefisk knyttet til effektkjøring dreier seg om raske vannstandsendringer som medfører tørrlegging av viktige funksjonsområder som f.eks. gyte-, oppvekst- og skjulområder og påfølgende stranding av individer som utsettes for slik effektkjøring.

2.1.1 Stranding og tørrlegging

En av de største utfordringene for laksefisk ved effektkjøring er knyttet til stranding av gytegroper og tørrlegging av potensielle gytearealer. Dette er problemer som også er kjent fra regulerte vassdrag uten effektkjøring og fra uregulerte vassdrag, men fenomenene inntreffer langt hyppigere i vassdrag med effektkjorte kraftverk.

Tørrlegging av potensielle gyteområder begrenser populasjonsstørrelsen for laksefisk ved at tilgjengelig gyteareal blir redusert. I tillegg kan allerede igangsatt gyting bli forstyrret eller avbrutt dersom effektkjøringen foregår innenfor gyteperioden. Dette kan medføre for høy tetthet av gytefisk på de gjenværende gytearealene. Høy tetthet av gytefisk på de gjenværende vanndekte arealene vil medføre sterkere konkurranse mellom gytefiskene, som gjerne graver i hverandres gytegroper (overgraving). Konsekvensene av slike hendelser er at fiskebestandene blir redusert i løpet av relativt kort tid. Tørrlegging av gytearealer har derfor en direkte effekt i form av dødelighet hos nedgravd rogn (bilde 2), men også en

langvarig effekt i form av redusert kvalitet på de habitatene som er viktige i laksefiskenes tidligste livsfaser. Tørrleggingsepisoder kan også føre til fysiske og kjemiske endringer i substratet som kan gjøre gytearealer mindre velegnet for laksefisk.



Bilde 2. Eksempel på tørrlagt rogn av ørret i elvegrus. I dette tilfellet ble vannføringen redusert like etter gyting om høsten (foto: M. Kraabøl).

Tørrlegging av gytegroper skjer dersom fisken får tilgang til egnede, vanddekte gytearealer på gytetidspunktet og disse områdene deretter tørrlegges mens rogn (bilde 2) eller nyklekkede yngel fortsatt befinner seg i gytegroper. Slik stranding er ofte knyttet til reguleringen i seg selv, men effektkjøring kan gi en vesentlig tilleggsbelastning dersom den foregår innenfor et vannførningsnivå som ikke ville blitt utnyttet ved mer stabil kraftverksdrift. Forsøk i Suldalslågen viste at lakseegg i gytegroper som ble tørrlagt i løpet av vinteren hadde vesentlig dårligere overlevelse fra befruktning til klekking (57 % overlevelse) enn egg i vanddekte gytegroper (91 % overlevelse). Forsøk i Bjoreio har vist at eggoverlevelse for laks og ørret i strandede gytegroper varierer en hel del og at dødelighet ofte kan være 100 %. Variasjonen i overlevelse antas å, til stor del kunne forklares med ulik grad av gjenværende fuktighet i grusen, f.eks. som følge av grunnvannspåvirkning. Uansett illustrer disse, og flere andre studier at stranding av gytegroper er et betydelig problem i norske regulerte vassdrag. En studie i Lundesokna så spesielt på effekten av stranding av gytegroper som følge av effektkjøring. Deres resultater indikerer at effektkjøring, spesielt vinterstid når lufttemperaturen er under 0° C gir signifikant forhøyet dødelighet for lakseegg fra befruktning til klekking.

Stranding av ungfisk er en annen vesentlig fare ved raske vannførningsendringer som følge av effektkjøring (bilde 3). Hvor stort problem dette er varierer med hvor stor og hvor rask vannførningsendringen er, aktuell elvestreknings morfologi, fiskeart og -størrelse samt årstid og tid på døgnet. Stranding av ungfisk av laks og ørret ved vannførningsendringer av ulik hastighet er bl.a. undersøkt i en serie felteksperimenter i Nidelva. Det ble etablert en større innhegning i elva hvor fisk ble holdt mens vannføringen ble redusert i ulike hastigheter. Disse studiene ga en rekke resultater som forteller mye om hvordan strandingsrisiko påvirkes

av ulike forhold. Blant annet viste studiene at strandingsrisiko er høyere ved lav vanntemperatur enn høy. Dette antas å ha sammenheng med redusert aktivitet hos fisk vinterstid, og at ungfisk i større grad søker skjul i substratet i den kalde delen av året. Disse studiene ga ikke indikasjon på at hastigheten på vannføringsendring innenfor spekteret 20-78 cm/t hadde noen effekt på strandingsrisikoen. Lignende studier på ungfisk av ørret i en kunstig elvestrekning med det mål for øye å fremskaffe retningslinjer for effektkjøring i kraftverk. Gjennom disse studiene ble det funnet en sammenheng mellom hastigheten på vannføringsendringer og strandingsrisiko. Risiko for at fisk strandet som følge av redusert vannstand/vannføring avhenger av lokale fysiske forhold, fiskestørrelse, tid på året og lysforhold. Som en følge av disse studiene fremmes det i dag en tommelfingerregel som sier at vannstandsreduksjoner bør gjøres i døgnetts mørke timer og ikke raskere enn 10-13 cm/t. Ved grovt substrat anbefales det at hastigheten på vannføringsreduksjoner holdes lavere enn 10 cm/t. Generelt er det slik at adekvate og tilstrekkelige avbøtende tiltak vil kunne redusere skadeomfanget, men det betinger at det gjennomføres faglige vurderinger med utgangspunkt i den lokale topografien i vassdragene.



Bilde 3. Eksempler på stranding av ungfisk av ørret. Til venstre er det en flerårig ungfisk som har strandet og risikerer å dø dersom vannstanden senkes ytterligere et par centimeter. Til høyre ligger en ettårig ørretunge som hadde omkommet som følge av rask vannføringsreduksjon (foto: M. Kraabøl).

2.1.2 Endringer i vanntemperatur og isforhold

Effektkjøring kan også gi opphav til temperaturfluktasjoner og endringer i isforhold i vassdragene vinterstid. Hovedutfordringene for laksefisk knyttet til temperaturfluktasjoner er i hovedsak knyttet til vassdragsreguleringen i seg selv, og ikke effektkjøring. Også ulemper knyttet til isproblematikk har en tendens til å være sterkere knyttet til reguleringen i seg selv, og ikke spesifikt til effektkjøring. I en del tilfeller er allikevel endrede isforhold som en følge av effektkjøring en potensiell kilde til vesentlige endringer i habitatet til laksefisk, og kan ha betydning for vinteroverlevelse. Et aspekt er at hyppige vannføringsendringer som følge av effektkjøring kan gi reduksjon eller bortfall av isdekke i vassdraget. Manglende isdekke på vinterstid kan øke energiforbruket hos laks fra norske populasjoner. Dette effekten var sterkest hos de nordligste undersøkte populasjonene og avtok i omfang for sørlige fiskebestander. Generelt er det slik at laksefisk er avhengig av å bruke opplagrede energireserver for å overleve vinteren, og dette er forklaringen på at isdekke om vinteren virker positivt inn på fiskens liv ettersom den virker beskyttende for fisk.

Mattilgang og predasjonsrisiko kan være faktorer som påvirkes av effektkjøring og som kan gi betydelige effekter for laksefisk i påvirkede vassdrag. Normalt vil effektkjøring gi redusert mattilgang for laksefisk og påfølgende stranding eller innestenging i avsnørte vannansamlinger som følge av effektkjøring. Dette vil medføre økt eksponering overfor andre rovdyr og dermed øker predasjonsrisikoen.

2.1.3 Effekter på bestandsnivå

De ovenfor nevnte konsekvensene av effektkjøring for laksefisk er i all hovedsak relatert til negativ påvirkning for individuelle laksefisk. Stor dødelighet i tidlige livsstadier kan imidlertid til dels kompenseres i form av økt overlevelse i senere livsstadier som følge av redusert konkurranse med sine artsfrender. Generelt vil en populasjon i større grad kunne kompensere for økt dødelighet hos yngre individer enn hos individer som dør på et senere tidspunkt. Stranding rammer i hovedsak fisk som oppholder seg nær elvebredden, og dette har en tendens til å være mindre og yngre fisk. Samtidig er det sannsynlig at fiskens utnyttelse av strandlinja i liten grad er tetthetsavhengig, noe som virker imot slik kompensasjon da nye individer sannsynligvis vil innta habitatet og dermed være utsatt for nye strandingshendelser. Samlet sett er dette derfor en kompleks problemstilling som ikke er fullt ut forstått. I EnviPEAK ble det gjort forsøk på å modellere bestandseffekter av effektkjøring. Disse modellbaserte simuleringene indikerte reduserte bestandsstørrelser i alle livsstadier ved alle simulerte stadier som inkluderte effektkjøring. Effektkjøring om vinteren ga sterkere bestandsreduksjoner enn effektkjøring sommertid. Det er derfor grunn til å anta at de kompenserende mekanismene ikke er tilstrekkelige til å unngå bestandsreduksjoner ved effektkjøring av regulerte vassdrag med anadrom laksefisk.

2.2 Konsekvenser på andre fiskearter i norske vassdrag

Til sammen lever det 44 fiskearter i norske innsjøer, elver og bekker. Av disse er det 33 stk som har kolonisert vassdragene i form av naturlig innvandring etter siste istid. Flere av disse er imidlertid spredt videre forbi de naturlige vandringshindringene ved menneskenes hjelp. Til sammen 13 fiskearter er innført til norske vassdrag i form av ulovlig virksomhet, eller ved utilsiktede hendelser.

Kunnskapen om disse andre fiskeartenes responser på effektkjøring er gjennomgående vesentlig lavere enn for anadrome laksefisk. En viss kunnskap finnes likevel om de mest attraktive innlandsartene som f.eks. harr, sik, lagesild, gjedde, abbor og lake. Kunnskapsnivået er imidlertid såpass utilstrekkelig at det er umulig å angi eksakte effekter som følge av effektkjøring i regulerte innlandsvassdrag.

Det er allikevel slik at den omfattende mangelen på kunnskap knyttet til majoriteten av fiskeartene som lever i norske regulerte vassdrag, samt den økende nærings- og turismeaktiviteten som er under oppbygging rundt enkelte innlandsarter, tilsier at effektkjøring kan gi store negative konsekvenser for langt flere arter enn de anadrome laksefiskene (bilde 4). Det er grunn til å tro at effektkjøring virker negativt inn på alle fiskebestander i innlandet, og at komplekse fiskesamfunn i lavlandsvassdragene kan bli påvirket i en uønsket retning. Effektene kan være direkte på de enkelte fiskeartene i ulike livsstadier, eller indirekte i form av at økosystemene og næringsgrunnlaget blir dårligere sammenlignet med dagens situasjon. Det konkluderes derfor med at det er et stort behov for mer kunnskap om innlandsfisk og akvatiske økosystemer i innlandet før det kan gis en vurdering av økologiske effekter av effektkjøring i disse vassdragene.

Innlandsfisk lever dessuten både i regulerte elver (som laks og sjøørret), men en stor andel lever også i reguleringsmagasiner. Effektkjøring vil trolig også påvirke disse artene ved at strandsona i de oppdemte magasinene blir utvasket raskere og mer effektivt enn ved de normale årlige variasjonene i vannstand. Det er bølgeslagene inn mot strandkanten som medfører utvasking av næringsstoffer fra strandsona, og disse går inn i vannmassene. Dette gir en forbigående økning i næringsstoffer i magasinet, og effektkjøring vil

medføre at strandsona vaskes ut raskere. I tillegg blir det en del svevende partikler som følge av utvaskingen, og disse kan bidra til tetting av hulrom i nedenforliggende regulerte elvestrekninger.

Det er for tiden stor fokus på innlandsfisk i form av sportsfisketurisme og dens økonomiske ringvirkninger på lokalsamfunnene. Det er særlig harr og gjedde som regnes som attraktive i denne sammenheng, i tillegg til innlandsørret. Sportsfisketurister legger igjen betydelige summer for lokalsamfunnene når de besøker en fiskeplass, og i visse vassdrag er dette en relevant problemstilling når verdien av vassdrag settes opp mot andre næringsinteresser som for eksempel kraftutbygging. Effektkjøring vil derfor kunne ramme mulighetene til å utvikle denne formen for naturbasert næringsliv.



Bilde 4. Øverst; tre-pigget stingsild er et eksempel på en innlandsfisk som har stor økologisk betydning ved at den er en byttefisk for andre fiskearter. Den har lett for å bli påvirket av effektkjøring fordi den lever i vegetasjon på grunt vann. Nederst; årgammel gjeddeunge som har strandet under isen om våren som følge av vassdragsregulering (foto: M. Kraabøl).

2.3 Konsekvenser for vannlevende insekter og bunndyr

I denne sammenheng er det hovedsakelig snakk om effekter på insekter med egg-, larve- og puppestadier i vann, men effektkjøring kan også påvirke permanent vannboende bunndyr som for eksempel krepsdyr, leddormer, snegler og muslinger (bilde 5). Effekter av vassdragsreguleringer på disse dyregruppene er gjerne sammensatte og komplekse. De er også vesentlig mindre undersøkt enn effektene på fisk.

2.3.1 Stranding og tørrlegging

I likhet med fisk er bunndyr utsatt for strandingsrisiko som følge av effektkjøring. Dette forsterkes av at bunndyr har en mindre grad av mobilitet enn fisk. Studier indikerer at elvepartier som utsettes for vannføringsendringer som følge av effektkjøring har lavere artsmangfold (diversitet) i bunndyrfaunaen enn elvestrekninger uten slik påvirkning. Det er vist en sterk, negativ sammenheng mellom diversitet i bunndyrfaunaen og grad av effektkjøring i vassdraget. En sammenstilling av undersøkelser av bunndyrtetthet og –diversitet i fire effektregulerte elver og to elver med tradisjonell kraftverksdrift, viser at både tetthet og diversitet av insekter og bunndyr er større i dypt vann som er upåvirket av effektkjøring enn i de strandnære, påvirkede områdene nedstrøms kraftverkene.

Som for laksefisk vil eventuell påvirkning av grunnvann kunne føre til at en del bunndyr kan klare seg i effektkjorte deler av vassdrag ved å søke tilflukt i grunnvannspåvirkede områder i bunnsubstratet, dvs. den såkalte hyporeiske sonen nede i bunnsubstratet. Den hyporeiske sonen kan være et gunstig tilfluktssted for



Bilde 5. Utvalg av insektlarver og andre bunndyr som utgjør næringsgrunnlaget for fisk i elver og bekker. Bildet viser viktige arter som er sårbare for effektkjøring; husbyggende og frittlevende vårfluer, mudderfluer, muslinger, snegl, krepsdyr, døgn- og steinfluelarver. Nede til venstre er det niøylarver. De lever nedgravd i elvebunnen og er viktige næringsdyr for fisk (foto: M. Kraabøl).

bunndyrsfauna ved tilfeller av ugunstige miljøforhold i normalhabitatet, dersom det er tilstrekkelig grunnvann av god nok kvalitet til stede. Dersom slike forutsetninger er til stede vil dette potensielt kunne mildne de negative effekten av effektkjøring på bunndyrfaunaen noe, men i all hovedsak vurderes effektkjøring som betydelig negativt for vannlevende insekter og bunndyr. Det understrekes også at denne faunaen er vesentlig mer mangfoldig i innlandsvassdragene sammenlignet med de anadrome vassdragene, og det mangler viktig kunnskap om en rekke viktige insekts- og bunndyrarter i regulerte innlandsvassdrag.

2.3.2 Økologiske ringvirkninger

Vannlevende insekter og bunndyr (bilde 5) er nøkkelarter i akvatiske økosystemer og fyller flere økologiske funksjoner i slike. De kan utføre viktige økosystemtjenester ved å bidra i nedbrytningsprosesser, fungere som viktige byttedyr, bl.a. for fisk og som predatorer og bestandsregulatorer på andre organismegrupper. Således må man forvente at eventuelle endringer i populasjonsstørrelser og –sammensetninger i bunndyr- og insektsamfunn vil kunne gi vesentlige negative følger for akvatiske økosystemer. Slike økologiske ringvirkninger er gjerne kompliserte i artsrike dyresamfunn.

2.4 Effekter på elvemusling

I vassdrag med kraftig effektkjøring kan bestander av store muslinger som f.eks. elvemusling og andemusling bli raskt redusert (bilde 6). Forsøk med elvemusling viste at den stadige skiftningen mellom potensiell tørrlegging av gruntområdene ved lav vannføring og fare for tilfeldige forflytninger (avdrift), og mekanisk påvirkning og skuring når vannføringen var høy. EnviPEAK er det undersøkt eksperimentelt hvordan elvemusling responderer på endring i vannføring (vannstand) og midlertidig tørrlegging. Formålet med undersøkelsene var å se på hvordan elvemusling reagerte på gjentatte hurtige vannstandsendringer i elver. Resultatene fra forsøkene viste at voksne muslinger responderte spontant på hurtige vannstandsendringer (12-14 cm reduksjon i vanddybde pr. time) etterfulgt av perioder med tørrlegging fra én til ti timers varighet. De viktigste resultatene er som følger:

- Muslinger på grunt vann viste større vandringsuro og flyttet seg lenger enn muslinger på dypt vann
- Muslinger som oppholdt seg i områder med grunt, stillestående vann fikk økt vandringsuro uavhengig av om området tidvis ble tørrlagt
- Muslinger på dypt vann som ble utsatt for effektkjøring uten å tørrlegges, vandret lenger enn muslinger på dypt vann som ikke ble eksponert for effektkjøring
- Muslinger på grunt vann søkte over tid mot dypere vann
- Ingen muslinger vandret fra dypt vann til grunt vann
- Ingen dødelighet i løpet av eksperimentets varighet



Bilde 6. Andemusling som ble funnet død på tørt land etter vannstandssenkning (foto: M. Kraabøl)

2.5 Effekter på pattedyr og fugl

2.5.1 Bever

Beveren har rekolonisert norske vassdrag i de siste tiårene, og det er viktig at nyetablerte bestander får tilstrekkelig gode habitater som reduserer faren for negative miljøeffekter og isolasjon fra nærliggende bestander. I regulerte vassdrag må dette tas hensyn til. Effektkjøring vil medføre raske endringer i vannføringen gjennom hele året, og dette kan gi negative effekter for bever ved at demninger, matforråd og hytter blir ødelagte. Beveren er avhengig av stabil, eller svakt synkende vannstand, om vinteren. Effektkjøring på denne årstiden kan derfor medføre kritiske situasjoner for beverfamilier.

2.5.2 Oter

Oter er en nøkkelart i vassdrag som har god økologisk status. Oteren er en relativ stedbunden predator som befinner seg på toppen av den akvatiske næringskjeden. Den regnes som viktig for vassdragets økosystem fordi oterens diett i hovedsak består av fisk og vil følgelig kunne påvirke, eller bli påvirket av fiskebestandene. Tilstedeværelse av fast oterbestand er en viktig indikator på god økologisk tilstand i vannmiljø fordi den er følsom for forurening og miljøgifter. Samtidig er sannsynligheten for å finne oter langs elver stor når fiskebestandene forvaltes fornuftig og at den får god tilgang til naturlig elvehabitat.

Forandringer i leveområdet på grunn av raske vannstandsendringer påvirker oterens habitatbruk. Oterens strategier for å skaffe mat vil sannsynligvis bli påvirket av lokale forandringer i fiskebestander. Raske vannstandsendringer med tørrlegging av elvebredden og mer ustabil isdekke kan være positivt for oteren fordi det skaper muligheter for enkel og effektiv tilgang på mat. På den annen side kan vassdragsregulering i seg selv, og særlig effektkjøring i form av varierende vannføringer gjøre elva lite attraktiv for oter på grunn av økte energikostnader ved motstrøms svømming og reduserte fiskebestander over tid. Variasjoner i vannstand gjennom vinteren kan for elver som islegges også skape luftlommer mellom overflaten av det rennende vannet og isen, noe oteren kan utnytte. Når vannstanden øker raskt som følge av oppstart av kraftverk kan dette imidlertid medføre økt risiko for drukning mens den oppholder seg under isen.

Kunnskapen om hvordan oteren responderer på effektkjøring var inntil nylig meget begrenset og EnviPEAK har vært et pionerprosjekt med tanke på å studere virkninger på oterens tilstedeværelse, aktivitetsmønster og habitatbruk.

Oterens tilstedeværelse i effektkjørte elvestrekninger bestemmes av mattilgang (fiskebestandene), naturlig habitat (elvebreddens morfologi, elvebanker og elvas innlandsmark), mulighetene for kontakt mellom enkeltindividene (voksen hann og hunn) og tilgang til nærliggende områder for ny kolonisering (utvandring av ungdyr). Hvis alt dette er ivarettatt i tilstrekkelig grad vil det være mulig å opprettholde oterbestander i regulerte vassdrag med effektkjøring.

2.5.3 Fugler generelt

Effektkjøring påvirker levemiljøet til fugler på mange måter gjennom raske endringer i vannføring. Raske endringer i vannføring kan endre vanntemperatur og isforhold, noe som påvirker fuglers mattilgang. Mer åpne arealer vinterstid grunnet regulering, samt episoder med tørrlegging og stranding, vil kunne gi enklere tilgang på mat og dermed tiltrekke seg fugler. Fugler vil respondere umiddelbart på endringer, særlig hvis det medfører mer og lettere tilgang på næring. Fiskender som laksand og siland er tilpasset å respondere på endret vannføring og lærer også raskt når det er lettere å få tak i mat. Fugler som lever i nærheten av de sterkest påvirkede strekningene i elva flyr ofte ut i elvehabitatene for å finne mat, og må generelt antas å raskt kunne utnytte strandede byttedyr i effektkjørte elver. I økologisk forstand er dette en negativ miljøeffekt.

3 Effektkjøring og forholdet til Vannforskriften og Naturmangfoldloven

3.1 Vannforskriften

EUs vanddirektiv trådte i kraft i år 2000. Siden det er tatt inn i EØS-avtalen forplikter det også Norge til å arbeide mot bedre forhold innenfor vannmiljøet. Direktivet er implementert i norsk rett gjennom «Forskrift om rammer for vannforvaltningen» (vannforskriften). Vannforskriften trådte i kraft i 2006. Disse styrende dokumentene har medført endringer for måten vannforvaltningen skal gjennomføres i Norge på noen ulike måter. Et viktig premiss er at vassdragene skal håndteres som egne forvaltningsenheter, de skal altså forvaltes helhetlig og forvaltningspraksis skal være lik for hele vassdraget og ikke være ulik som følge av konstruerte, administrative grenser. Et annet viktig premiss er at tilstanden til et vassdrag nå skal vurderes helhetlig og alle påvirkninger skal vurderes samlet før man velger å sette inn de tiltakene som forventes å gi mest mulig effektiv virkning. Vannforvaltningen skal følge et fast, gjentakende planopplegg hvor vannregionspesifikke forvaltningsplaner skal utarbeides og revideres i en fire års syklus. Med basis i disse skal det utarbeides tiltaksprogram og vedtatte tiltak for å bedre vannmiljøet skal gjennomføres. Første fullstendige planleggingsfase ble sluttført i 2015. 2016 til 2021 er første periode i gjennomføringsfase for alle Norges vannregioner og mange nye tiltak for å bedre tilstanden i våre vassdrag settes i verk i disse dager.

3.1.1 Miljøsmål

Det sentrale målet i arbeidet etter vannforskriften er at man skal nå fastsatte miljømål i alle vannforekomster. Det generelle miljømålet for alle vannforekomster er at man skal oppnå «god økologisk tilstand» og «god kjemisk tilstand». Den kjemiske tilstanden i vassdraget relaterer seg til en liste utvalgte, forurensende stoffer og grenseverdier for disse som man må sørge for at ikke overskrides for å nå miljømålene. Den økologiske tilstanden i et vassdrag fastsettes ved å undersøke tilstanden til biologiske kvalitetselementer som er følsomme for relevante påvirkninger i det aktuelle vassdraget. Det er fastsatt grenseverdier for disse kvalitetselementene innenfor ulike vanntyper. Der tilstanden vurderes med hensyn til flere biologiske kvalitetselementer er det tilstanden til det kvalitetselementet som angir den dårligste klassen som skal være styrende.

3.1.2 Sterkt modifiserte vannforekomster

Når det gjelder vannkraft er det et tema som har fått særlig stort fokus i arbeidet etter EUs vanddirektiv og vannforskriften. Vannforekomster som er påvirket av inngrep satt i verk for å ivareta viktige samfunnsnyttige formål kan i arbeidet etter vannforskriften utpekes som såkalte sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF). Dette innebærer at innretningen på miljømålene blir noe annerledes. I SMVfer settes miljømålet gjerne til «godt økologisk potensial» i stedet for «god økologisk tilstand». Dette innebærer at målet er definert på en nokså annerledes måte. Målet om «godt økologisk potensial» defineres ved tilstanden etter at alle realistiske avbøtende tiltak er gjennomført. Selv om miljømålet i SMVfer defineres ut fra realistiske avbøtende tiltak er det allikevel minimumskrav. Miljømålet «godt økologisk potensial» skal sikre et fungerende akvatisk økosystem. Normale fysiske prosesser skal opprettholdes og økologiske funksjonsområder skal sikres. Allikevel kan «godt økologisk potensiale» oppnås selv om inngrepet gir endringer i produksjon og biomasse samt endringer i dominansforhold mellom arter.

3.1.3 Vilårsrevisjoner

I arbeidet etter vannforskriften er det utarbeidet flere føringer i form av stortingsmeldinger, brev fra departementene, rapporter og veiledere som blant annet har til hensikt å sikre en riktig balanse mellom miljøforbedringer i vassdragene og kraftproduksjon. Et viktig dokument i denne sammenheng er en rapport

utarbeidet av NVE og KLD i samarbeid som gjennomgår alle vannkraftkonsesjoner som inneholder hjemler som muliggjør tidsbestemt vilkårsrevisjon innen 2022. Slike revisjoner er et viktig verktøy for å få gjennomført relevante avbøtende tiltak i vassdrag som er påvirket av eksisterende vannkraftinstallasjoner. I vassdrag hvor hyppige og raske vannføringsendringer er tema vil revisjonskravene som oftest inneholde krav om regler for hvor raskt, og/eller hvor hyppig slike vannføringsendringer kan gjennomføres. Det er ikke noe prinsipielt i den norske praksisen for gjennomføring av EUs vanndirektiv gjennom vannforskriften som automatisk er til hinder for effektkjøring av kraftverk i norske vassdrag. Allikevel vil slik kraftverksdrift, som skissert tidligere i dette dokumentet, nesten alltid medføre betydelige økologiske konsekvenser, noe som igjen gjerne vil bringe med seg krav om at tiltak for å dempe disse effektene blir gjennomført.

3.2 Naturmangfoldloven

«Lov om forvaltning av naturens mangfold» (naturmangfoldloven) erstattet da den ble vedtatt i 2009 «Lov om naturvern» og representerte vesentlige moderniseringer med tanke på forvaltningen av naturverdier i Norge. Det ble mer fokus på økologiske funksjoner, naturtyper, genetisk materiale og organismegrupper. Det er et sett av paragrafer i loven som særlig blir benyttet av offentlige beslutningstakere (§§ 8 – 12). Disse fastsetter en rekke prinsipper som skal legges til grunn ved utøvelse av offentlig myndighet. Alle disse bør inngå i vurderinger knyttet til effektkjøring enten i konsesjonsbehandling av ny vannkraft eller ved vilkårsrevisjoner, innkallinger til konsesjonsbehandling for anlegg uten konsesjon (vannressursloven § 66) eller i omgjøringssaker etter § 28 i vannressursloven.

Av disse paragrafene i naturmangfoldloven er det særlig to vi vil knytte noen utdypende kommentarer til her. § 10 omtaler det som i loven kalles «økosystemtilnærming og samlet belastning». Det fastslås i denne paragrafen at påvirkningen av et økosystem skal vurderes ut fra den samlede belastningen det utsettes for. Effektkjøring vil utvilsomt være en tilleggsbelastning utover den forventede belastningen tradisjonell kraftverksdrift påfører et akvatisk økosystem. § 12 dreier seg om «miljøforsvarlige teknikker og driftsmetoder». Denne paragrafen slår fast at driftsmetoder, teknikk og lokalisering skal vurderes med det for øye å unngå og begrense skade slik at det gir «de samfunnsmessig beste resultater». Disse vurderingene skal gjøres av offentlige instanser når beslutninger om vannkraft skal gjennomføres og spørsmål om, og eventuelt hvordan, effektkjøring skal tillates bør være naturlig tematikk i mange slike saker.

4 Konklusjoner

- Med økende elektrifisering i samfunnet og kobling mot markeder med høy volatilitet og lav andel fornybar energi, vil effektbehovet i kraftmarkedet øke og driften av vannkraftverk i større grad styres av kortsiktige svingninger i den europeiske energietterspørselen (= økt effektkjøring).
- Miljøutfordringene knyttet til balansekraft og økt effektkjøring vil variere fra prosjekt til prosjekt, og kunnskapen omkring miljømessige effekter i regulerte vassdrag er begrenset - spesielt i innlandet der det ikke er laks. Konsekvensene vil avhenge av hva slags driftsmønster og restriksjoner som blir innført. Anvendelse av kunnskap om miljøeffekter og avbøtende tiltak avgjør derfor hvilke lokale økologiske effekter balansekraftprosjekter vil gi.
- Negative konsekvenser av effektkjøring kan reduseres dersom det iverksettes tilstrekkelig gode avbøtende tiltak. Miljøvirkningene av effektkjøring vil også avhenge av kraftverkets plassering i vassdraget, og av artsmangfoldet i vassdraget.
- Kunnskap om miljøkonsekvenser for laksefisk og insektfauna i anadrome elvesystemer vurderes imidlertid som relativt god, og er i stor grad fremskaffet gjennom forskningsprogrammene i CEDREN. Vannkraftbransjen har i stor grad bidratt til fremskaffelsen av denne kunnskapen og deltatt aktivt i gjennomføringen av programmene. Kort oppsummering av viktige miljøeffekter i lakseførende vassdrag:
 - For laks og ørret vil effektkjøring kunne medføre stranding, tørrlegging og dødelighet i unge livsstadier fra rogn til smolt. En generell tommelfingerregel er at vannstanden ikke bør senkes som hensyntar lokale forhold vil kunne redusere skadeomfanget i de enkelte tilfellene, men det krever faglige utredninger.
 - Effektkjøring reduserer forekomsten av stabilt isdekke, noe som har negativ konsekvens for fiskenes overlevelse gjennom vinteren.
 - Effektkjøring kan medføre endrede temperaturforhold i vassdragene, noe som kan medføre negativ innvirkning på fiskens energiforbruk, vekstforhold og mattilgang. Mangel på stabilt isdekke synes å være av større betydning i nordlige vassdrag sammenlignet med sørlige vassdrag i Norge.
 - Samlet sett har effektkjøring størst negativ effekt på overlevelsen til laksefisk i tidlige livsstadier. Slik dødelighet kan i noen tilfeller kompenseres ved redusert konkurranse om mat og plass hos de gjenlevende fiskeungene og dermed også økt overlevelse i eldre livsstadier. Det vurderes likevel at effektkjøring vil gi negative effekter på bestandsnivå.
 - Effektkjøring om vinteren gir sterkere bestandsreduksjoner enn effektkjøring sommertid.
 - Effektkjøring medfører stranding, tørrlegging og dødelighet hos vannlevende insekter og bunndyr. Mange av disse dyregruppene har nøkkelfunksjoner i økosystemene, og redusert mengde av disse artene vil gi negative ringvirkninger i form av lavere produksjon av fisk. Disse dyregruppene har begrenset bevegelighet og er derfor ekstra utsatt for effektkjøring.
- Kunnskapen om de øvrige 30 fiskearter og en mer artsrik insekts- og bunndyrfauna i norske innlandsvassdrag er imidlertid mangelfull og lite egnet til å vurdere miljøkonsekvenser av effektkjøring. Effektkjøring i innlandsvassdrag vil kunne gi uforutsette negative effekter.
- Effektkjøring kan gi negative effekter på livsvilkårene til bever og oter, mens bunndyr- og fiskespisende fugler kan oppnå økt næringstilgang som følge av at deres næringsdyr blir mer tilgjengelige når vannføringen reduseres gjennom effektkjøring.
- Til tross for mangelfullt kunnskapsgrunnlag om konsekvenser på norsk ferskvannsfafauna, har vi i dag mye kunnskap om gode avbøtende tiltak som kan bidra til å redusere de negative miljøeffektene av effektkjøring betydelig. Spesielt gjelder dette anadrome laksevassdrag.

- Effektkjøring vil i utgangspunktet nesten alltid medføre betydelige negative økologiske konsekvenser, noe som igjen gjerne vil kunne utløse krav om avbøtende tiltak fra miljømyndighetene. Naturmangfoldloven og Vannforskriften har til hensikt å ivareta miljøverdier i vassdragene og kan dermed potensielt kan komme i konflikt med effektkjøring.
- Vannforskriften fra 2006 og tilhørende arbeider har til hensikt å sikre en riktig balanse mellom miljøforbedringer i vassdragene og kraftproduksjon.
- Naturmangfoldloven har et sett av paragrafer som særlig blir benyttet av offentlige beslutningstakere. Dette gjelder §§ 8 – 12. Disse fastsetter en rekke prinsipper som skal legges til grunn ved utøvelse av offentlig myndighet, og de benyttes også av faginstanser ved f.eks. konsekvensutredninger og rådgivning.
- Både Vannforskriften og Naturmangfoldloven vil være sentrale verktøy for offentlige myndigheter ved vurdering effektkjøring og fastsettelse av eventuelle miljøkrav ved effektkjøring enten i konsesjonsbehandling av ny vannkraft eller ved med vilkårsrevisjoner, innkallinger til konsesjonsbehandling for anlegg uten konsesjon (vannressursloven § 66) eller i omgjøringssaker etter § 28 i vannressursloven.

5 Referanser

- Bakken, T. H., Forseth, T. & Harby, A. (red.). 2016. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. – NINA Temahefte 62. 205 s.
- Becker, C. D. & Neitzel, D. A. 1985. Assessment of intergravel conditions influencing egg and alevin survival during salmon redd dewatering. *Environmental Biology of Fishes* 12, 33-46.
- Casas-Mulet, R., Saltveit, S. J. & Alfredsen, K. 2014. The survival of atlantic salmon (*Salmo salar*) eggs during dewatering in a river subject to hydropeaking. *River Research and Applications* 31, 433-446.
- Covich, A. P., Palmer, M. A. & Crowl, T. A. The Role of Benthic Invertebrate Species in Freshwater Ec osystems - Zoobenthic species influence energy flows and nutrient cycling. *BioScience* 49, 119-127.
- Finstad, A. G., Berg, O. K., Forseth, T., Ugedal, O. & Næsje, T. F. 2010. Adaptive winter survival strategies: defended energy levels in juvenile Atlantic salmon along a latitudinal gradient. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 277, 1113-1120.
- Halleraker, J. H., Saltveit, S. J., Harby, A., Arnekleiv, J. V., Fjeldstad, H. P. & Kohler, B. 2003. Factors influencing stranding of juvenile brown trout (*Salmo trutta*) during rapid and frequent flow decreases in an artificial stream. *River Research and Applications* 19, 589-603.
- Harby, A., Alfredsen, K., Arnekleiv, J. V., Flodmark, L. E. W., Halleraker, J. H., Johansen, S. & Saltveit, S. J. 2004. Raske vannstandsdringer i elver – Virkninger på fisk, bunndyr og begroing. SINTEF-rapport TR A5932.
- Halley, D.J., Teurlings, I., Welsh, H. & Taylor, C. 2013. Distribution and patterns of spread of recolonising Eurasian beavers (*Castor fiber Linnaeus 1758*) in fragmented habitat. Agdenes peninsula, Norway. *Fauna norvegica*. vol. 32: 1-12.
- Kennedy, T. A., Muehlbauer, J. D., Yackulic, C. B., Lytle, D. A., Miller, S. W., Dibble, K. L., Kortenhoeven, E. W., Metcalfe, A. N. & Baxter, C. V. 2016. Flow management for hydropower extirpates aquatic insects, undermining river food webs. *BioScience* 66, 561-575.
- Malcolm, I. A., Gibbins, C. N., Soulsby, C., Tetzlaff, D. & Moir, H. J. 2012. The influence of hydrology and hydraulics on salmonids between spawning and emergence: implications for the management of flows in regulated rivers. *Fisheries Management and Ecology* 19, 464-474.
- NINA Temahefte 62. Miljøvirkninger av effektkjøring: Kunnskapsstatus og råd til forvaltning og industri. - NINA Temahefte 62.
- Saltveit, S. J., & Brabrand, Å. 2013. Incubation, hatching and survival of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) in spawning redds influenced by groundwater. *Limnologica* 43, 325-331.
- Saltveit, S. J., Halleraker, J. H., Arnekleiv, J. V. & Harby, A. 2001. Field experiments on stranding in juvenile atlantic salmon (*Salmo salar*) and brown trout (*Salmo trutta*) during rapid flow decreases caused by hydropeaking. *Regulated Rivers* 17, 609-622.
- Skoglund, H., Barlaup, B. T., Skår, B., Gabrielsen, S. & Wiers, T. 2015. Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget 2004-2015. LFI-Rapport nr 243. 62 s.
- Stubbington, R. 2012. The hyporheic zone as an invertebrate refuge: a review of variability in space, time, taxa and behavior. *Marine and Freshwater Research* 63, 293-311.