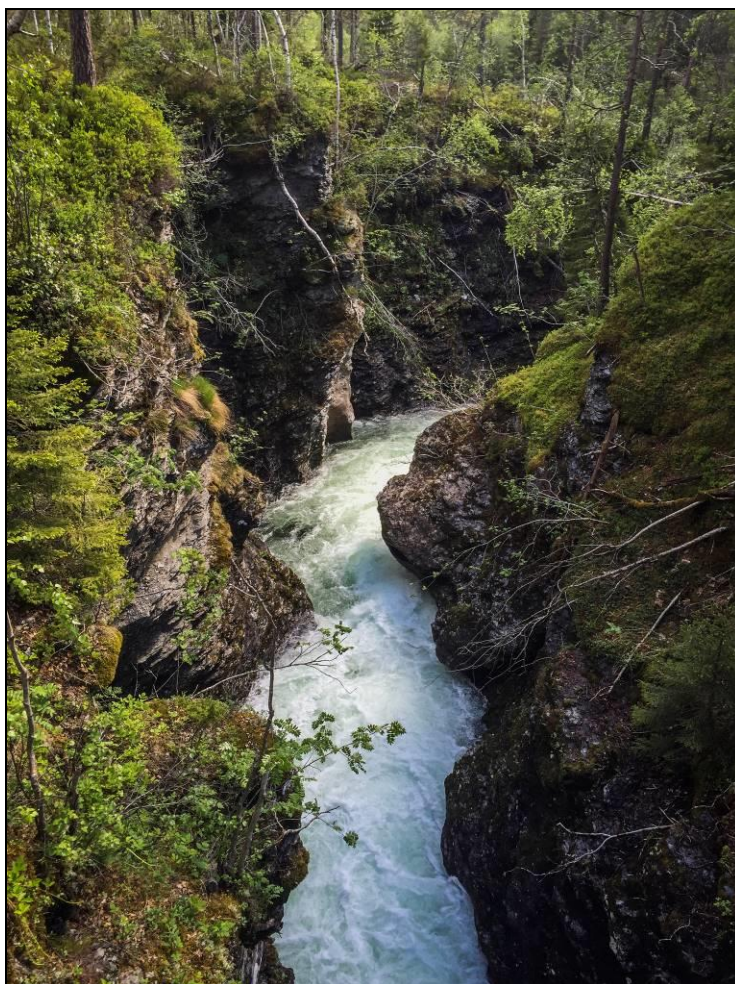


Måling av mikroklima
med vurdering av virkning
av planlagt Tysso kraftverk i Ulvik



R
A
P
P
O
R
T

Rådgivende Biologer AS 2308



Rådgivende Biologer AS

RAPPORT TITTEL:

Måling av mikroklima med vurdering av virkning av planlagt Tysso kraftverk i Ulvik

FORFATTER

Geir Helge Johnsen

OPPDRAKSGIVER:

Tysso Kraftverk AS

OPPDRAGET GITT:

27. mai 2016

ARBEIDET UTFØRT:

2016

RAPPORT DATO:

30. september 2016

RAPPORT NR:

2308

ANTALL SIDER:

18

ISBN NR:

ISBN 978-82-8308-296-8

EMNEORD:

- Mikroklima
- Bekkekløft
- Vannkraftutbygging

RÅDGIVENDE BIOLOGER AS

Bredsgården, Bryggen, N-5003 Bergen

Foretaksnummer 843667082-mva

Internett : www.radgivende-biologer.no E-post: post@radgivende-biologer.no

Telefon: 55 31 02 78 Telefax: 55 31 62 75

Forsidefoto: Tysso går i «hvitstryk» like oppom Verafossen, fotografert fra veibroen 31. mai 2016.
Foto: GHJ.

FORORD

Rådgivende Biologer AS har på oppdrag fra Tysso Kraftverk AS foretatt målinger av mikroklima i bekkekløften langs Tysso i Ulvik herad, samt foretatt en revisjon av naturverdiene og vurdering av tiltakets virkning.

Utgangspunktet er at NVE 19.april 2016 avslo Tysso Kraftverk sin søknad om utbygging med begrunnelse at en realisering av Tysso Kraftverk vil ha negativ innvirkning på en bekkekløft av regional til nasjonal verdi. Den samlede belastningen på vassdragsnaturen i området anses også å være betydelig. Etter en helhetsvurdering av planene og de foreliggende uttalelsene mener NVE at ulempene ved bygging av Tysso kraftverk er større enn fordelene. NVE mener kunnskapsgrunnlaget for verdisetting er mangelfullt, og har derfor vurdert «virkningen» som stor negativ.

Denne rapporten er utført av dr. philos. Geir Helge Johnsen, som har bakgrunn i akvatisk økologi med mer enn 25 års erfaring med NVE-søknader for større og mindre kraftverksprosjekt, drikkevannsprosjekt og settefiskanlegg over hele landet. Rapporten er gjennomgått av dr. scient. Torbjørge Bjelland, som er botaniker og spesialist på bestemmelse av moser og lav, cand. real. Harald Sægrov og cand. scient. Bjart Are Hellen, begge med bakgrunn i akvatisk økologi og lang erfaring fra tilsvarende vurderinger.

Rådgivende Biologer AS takker Arne Andreas Riisnes og Louise Andersen ved BKK Produksjon AS for godt samarbeide underveis, og Harald Sandvik for oppdraget.

Bergen, 30. september 2016.

INNHold

Forord	2
Innhold	2
Sammendrag.....	3
Tysso kraftverk.....	4
Bekkekløften Tysso.....	5
Målinger av mikroklima 2016.....	8
Vær og vannføring	9
Resultater.....	10
Diskusjon.....	15
Referanser.....	18

SAMMENDRAG

JOHNSEN, G. H. 2016.

*Måling av mikroklima med vurdering av virkning av planlagt Tysso kraftverk i Ulvik.
Rådgivende Biologer AS, rapport 2308, 18 sider, ISBN 978-82-8308-296-8.*

Rådgivende Biologer AS har, på oppdrag fra Tysso Kraftverk, foretatt målinger av mikroklima i bekkekløften langs Tysso i Ulvik herad. Bakgrunnen er NVEs avslag på søknad om konsesjon, som begrunnes med betydelig usikkerhet ved både verdisetting av naturverdier og kraftverkets mulige virkning på disse verdiene. NVE har derfor satt virkningene til «stor negativ» for bekkekløften.

Bekkekløften langs Tysso ble kartlagt i den nasjonale bekkekløftkartleggingen i 2009, og ble den gang verdivurdert til mellom nasjonal og regional verdi, med vekt på nasjonal (Ihlen & Eilertsen 2010). Kløften er svært vanskelig tilgjengelig, og potensialet for funn av flere sjeldne og rødlistede moser, lav og sopp er vurdert som stort. For å snevre inn usikkerhetene omkring dette, er potensialet belyst ved resultater fra tilsvarende nærliggende kløfter og vassdragsprosjekt, som nylig er grundig undersøkt av spesialister. Det gjelder Ørredalsfossen i Øystesevassdraget i Kvam (Høitomt & Klepsland 2016) og 11 andre småkraftprosjekt i regionen (Gaarder & Høitomt 2015).

Denne sammenligningen med øvrige undersøkelser, som har vesentlig flere funn av fuktighetskrevenne og rødlistede moser og lav, endrer imidlertid ikke på verdien av kløften ved Tysso. Naturtypene har «stor verdi» og rødlisteartene har «middels verdi». Verdigrunnlaget er dermed beheftet med mindre usikkerhet nå enn det som forelå i søknaden.

Når det gjelder virkning på forekomst av fuktighetskrevenne moser og lav som lever ved vassdrag, er sammenhengen vanskeligere. Bare 4 av de 11 artene med rødlistede moser og lav som ble funnet ved Ørredalsfossen (Høitomt & Klepsland 2016), og som kan forekomme i Tysso siden mange av dem også er funnet andre steder i regionen (Gaarder & Høitomt 2015), er ifølge Artsdatabanken avhengig av fuktighet fra vassdraget. De øvrige er knyttet til skog der trusselbildet er annerledes.

Denne undersøkelsen har supplert grunnlaget for vurdering av virkning på naturmiljøet med undersøkelse av mikroklima i bekkekløften. Forhold som temperatur, døgnvariasjon i temperatur, relativ luftfuktighet og «dugging» i kløften er vist å avhenge med avstand til vannstrengen, men ut fra det foreliggende materiale er det ikke mulig å finne noen sammenheng mellom mikroklima og variasjon i vannføring. Undersøkelsen omfatter vannføringer mellom 0,8 og 41 m³/s, og ved de høye vannføringene var det samtidig mye nedbør, som i seg selv påvirker luftfuktighet og «dugging» direkte alle stedene uavhengig av avstand til vannstrengen.

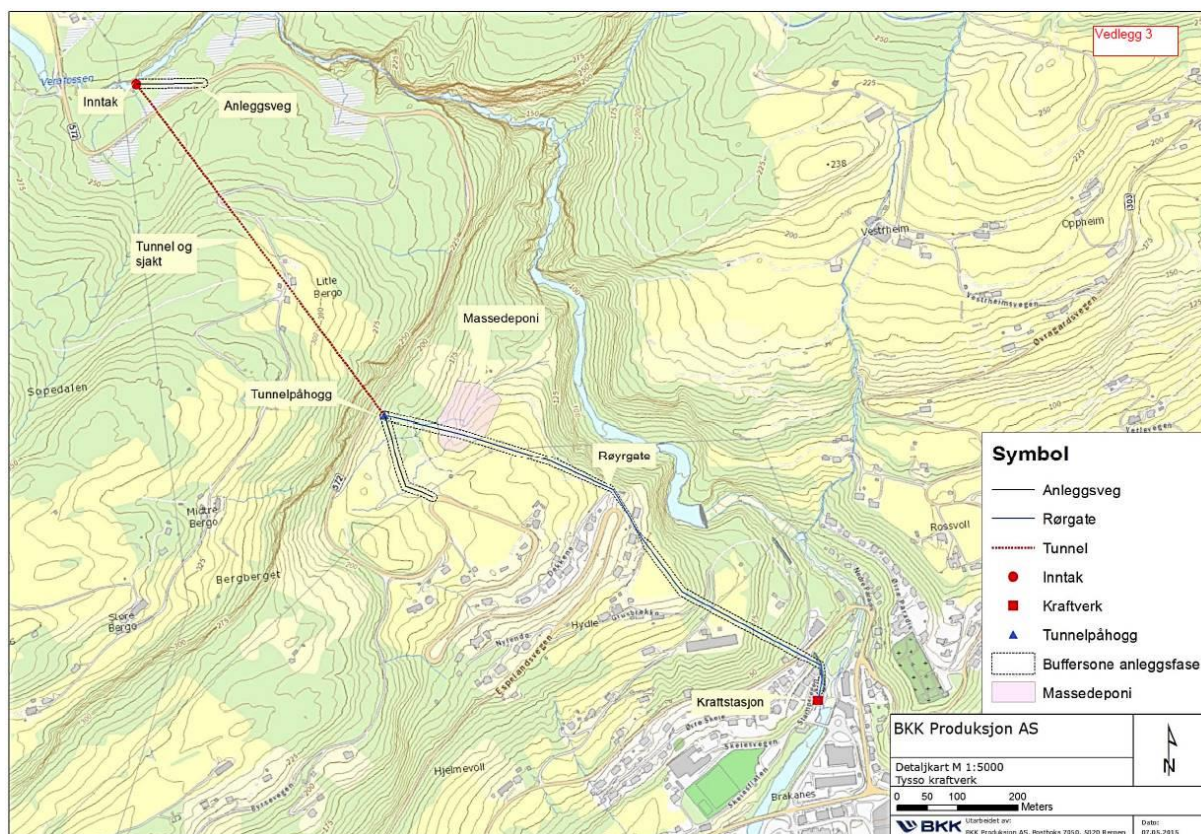
Herværende undersøkelse gir ikke grunnlag for å vurdere virkningen på lokalklima ved lave vannføringer i særlig tørre perioder på sommeren. Men erfaring fra undersøkelser av to mindre tilsvarende vassdrag på Voss gjennom NVEs program «Miljøbasert vannføring», viser at variasjon i vannføring i liten grad kan påvises å påvirke mikroklimaparametrene i de vassdragsnære habitatene (Ihlen mfl. 2012). Lokalklima blir imidlertid annerledes uten vann i elvene, og hvilken vannføring som trengs for å sikre et «naturlig» mikroklima vil variere mellom ulike typer vassdrag. Tysso er både bratt og ligger i en dyp og avskjermet bekkekløft, og det antas at dette fører til behov for lavere vannføring for å sikre lokalklima enn i andre tilsvarende vassdrag.

Konsesjonssøknaden vurderer virkningen til «middels negativ» med «middels negativ konsekvens» for bekkekløften ved Tysso. Den herværende vurdering av vannføringens betydning for fuktighetskrevenne arter i kløften langs Tysso, og erfaringene fra andre slike prosjekt, endrer i liten grad på denne konklusjonen. Men usikkerheten knyttet til vurderingene ansees redusert.

TYSSO KRAFTVERK

Tysso Kraftverk AS søkte 22. april 2015 om å utnytte fallet i elva Tysso fra et inntak på kote 237 til eksisterende kraftstasjonen på kote 10. Det er i dag kraftproduksjon i Tysso i Ulvik I Kraftverk med inntak på kote 70. Planen er å benytte den eksisterende kraftstasjonsbygningen, mens den 1900 m lange vannveien planlegges i en 800 m lang tunnel/sjakt fra inntaket og videre som nedgravd rørgate ned til kraftstasjonen.

Middelvannføringen i Tysso er 2,21 m³/s, og kraftverket er planlagt med en maksimal slukeevne på 4,4 m³/s. Kraftverket vil ha en installert effekt på 8,3 MW, og utbyggingen vil føre til redusert vannføring over en strekning på 2227 m i Tysso, der de nederste 500 m i dag utnyttes i Ulvik I kraftverk. Det er planlagt slipp av minstevannføring lik beregnede 5-persentiler på 180 l/s på sommeren fra 1. mai til 1. oktober og 64 l/s resten av året.



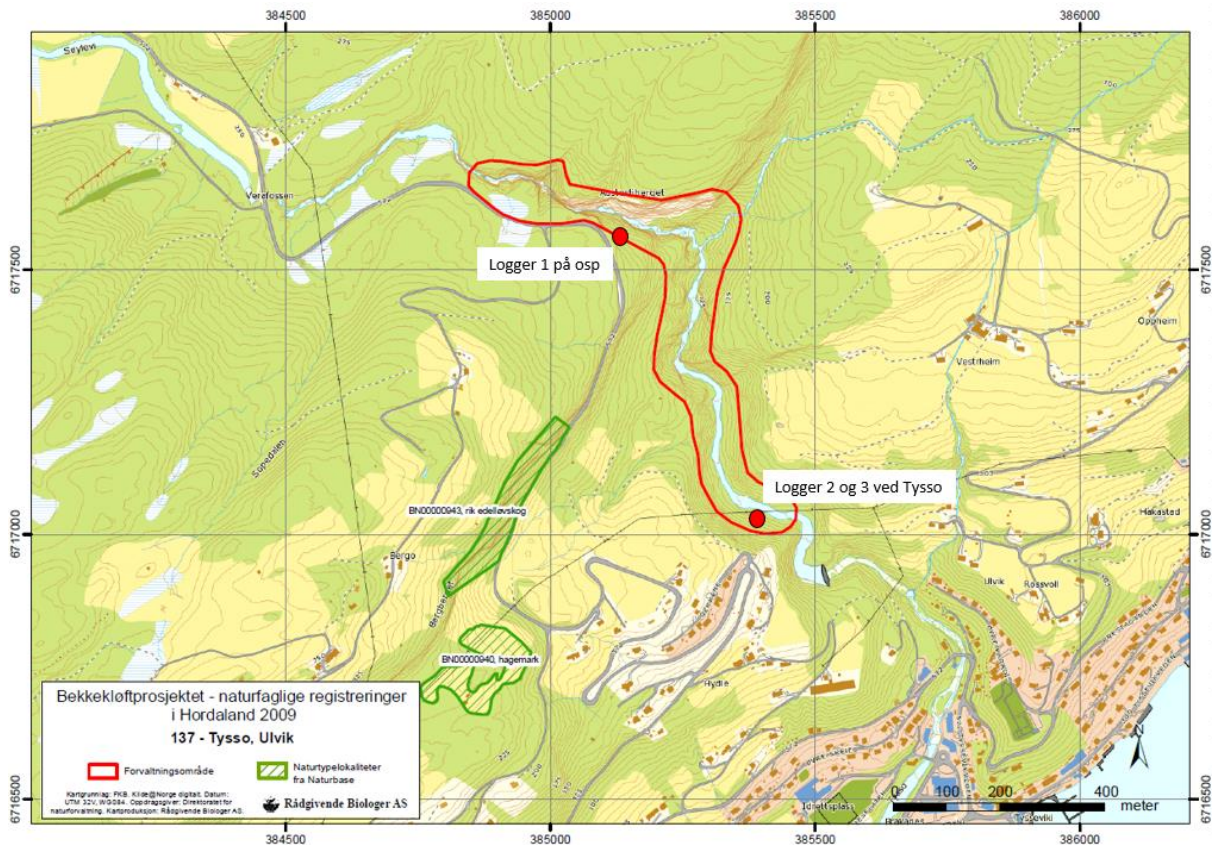
Figur 1. Planene for Tysso kraftverk, fra konsesjonssøknaden.

Det aller meste av øvre del av den berørte elvestrekningen ligger i en bekkekløft med «regional til nasjonal verdi», og konsesjonssøknadens miljørapport konkluderer med «middels til stor negativ konsekvens» for bekkekløften. Denne rapporten viser i hovedsak til resultatene fra den nasjonale bekkekløftkartleggingen i Hordaland (Ihlen & Eilertsen 2010).

Tysso Kraftverk planlegger å klage på NVE sitt avslag, og ønsker å bedre grunnlaget for vurdering av «virkning» av omsøkte planer, slik at «usikkerheten» omkring fastsetting av konsekvens kan reduseres. Selve verdivurderingen av kløften er praktisk vanskelig å nyansere, og uansett er potensialet for videre funn av fuktighetskrevede moser og lav i de utilgjengelige delene vurdert som stort.

BEKKEKLØFTEN TYSSO

Bekkekløften i Tyssø ble kartlagt i det nasjonale kartleggingsprogrammet, der de viktigste kløftene i Hordaland ble kartlagt i 2009. I Ulvik herad inngikk de to lokalitetene Vambheimselva og Tyssø (figur 2), som begge ligger nær Ulvik sentrum. Bekkekløftene tilhører begge sørboreal vegetasjonssone og den svakt oseaniske vegetasjonsseksjon. Bergrunnen er relativt næringsrik i Tyssø. Begge bekkekløftene har blåbærskog med bjørk og røsslyng-blokkbærfuruskog på toppen av lisidene og i øvre deler. I lisidene og ned mot elvestrengen er det gråor-heggeskog med høy bonitet, men lite av skogen er utnyttet til plantefelt. Artsmangfoldet er middels rikt og av karplanter er det registrert flere edelløvskogsarter, inkludert alm (VU) og ask (VU) (Ihlen & Eilertsen 2010).



Figur 2. Kart over bekkekløften Tyssø, fra Ihlen & Eilertsen 2010, med plassering av loggerne i dette prosjektet.

Ved Tyssø ble det registrert mest vanlige arter på fuktig stein langs elva, f.eks. rødmesigmose (*Blindia acuta*), sumplundmose (*Brachythecium rivulare*) og kaursvamose (*Trichostomum tenuirostre*). På fuktige bergvegger finnes arter som skortejuvmose (*Anoetangium aestivum*), sumpkrokodillemose (*Conocephalum conicum*) og krusfellmose (*Neckera crispa*). På hassel er epifyttfloraen fattig og domineres av «glattbarksarter». Osp har den rikeste epifyttfloraen og domineres av arter som rosa alvelav (*Mycobilimbia carneosalbida*) og skålfiltlav (*Protopannaria pezizoides*) samt flere forekomster av skorpefiltlav (*Fuscopannaria ignobilis*, NT). Av arter i skogbunnen i edelløvskogene nevnes skyggehusmose (*Hylocomiastrum umbratum*). Tyssø har trolig potensial for flere funn av sjeldne og rødlistede moser, lav og sopp (fra sammendraget i Ihlen & Eilertsen 2010).

Bekkekløften Tyssø verdisettes som mellom nasjonalt og regionalt verdifull, med vekt på nasjonal (eller A/B i naturtypesammenheng) – verdi 4. Miljørapporten for Tyssø kraftverk (Finne 2010) har hovedsakelig benyttet resultatene fra Ihlen & Eilertsen (2010).

Våren 2016 ble en tilsvarende delvis sørvendt bekkekløft ved Ørredalsfossen i Øystesevassdraget i Kvam herad grundig kartlagt med særlig fokus på moser og lav (Høitomt & Klepsland 2016). De utførte en vesentlig mer omfattende registrering av over 200 arter av moser og lav hvorav 11 er på rødlisten, og vurdert etter «bekkekløft-kriterier» ble denne kløften gitt verdi 5, som tilsvarer A «nasjonal verdi». Resultatene fra denne kløften er tatt med her, for å synliggjøre potensialet for funn i de områdene som er utilgjengelige i Tyssø. Rødlisteartene (**tabell 1**) fordeler seg på 6 sårbare arter (VU) og 4 nær truede arter (NT) og en art med datamangel (DD).

Tabell 1. Utbredelse, forekomst, habitatpreferanse og trusler for de 11 rødlistede artene moser og lav påvist ved Ørredalsfossen, hvorav skorpefiltlav også er funnet ved Tyssø, hentet fra Artsdatabanken. Arter knyttet til vassdrag og derfor følsomme for endring i vannføring er markert med rødt.

Art	Forekomst	Habitat	Trusler/påvirkning
Skoddemose VU	Rogaland til og med Møre og Romsdal	Berg, ur og grunnlendt mark. Finnes på undersiden av steiner i fosseengmiljø .	All vannkraftregulering og endring av vannløp.
Hårkurlemose VU	Østfold til og med Nord Trøndelag	Flomsone og berg. Klipper og berg med rike bergarter på fuktige, gjerne flomutsatte steder langs vassdrag.	All vannkraftutbygging og annen virksomhet som påvirker vannføring
Knattmose NT	Sporadisk langs kysten fra Østfold til og med Finmark	Berg og skog. I bekkekløfter og på berg i skoglandskapet for øvrig, foretrekker lokaliteter med litt høy luftfuktighet	Vassdragsutbygging tidligere vurdert som en trussel, men arten er sjelden avhengig av vannføring, så lenge substratet er periodevis fuktig og lokaliteten er beskyttet mot mye sol. Fysiske inngrep i skog som veier og uttørring etter hogst er de største truslene
Tannkjølmose VU	Telemark, Rogaland og nå også i Hordaland	Skog og kulturmark. Ikke knyttet til spesifikke lauvtreslag, men en indikasjon på preferanse for lokaliteter med relativ høy luftfuktighet.	Påvirkning: Skogsdrift, hogst og skjøtsel
Stammesigd NT	Oslo til og med Møre og Romsdal	Skog. På Østlandet er lind viktigste treslag, mens på Vestlandet oftest på ask, alm, lind og eik. Avhengig av en viss luftfuktighet og foretrekker derfor langt mer beskyttede lokaliteter på Østlandet enn på Vestlandet.	Påvirkning: Skogsdrift, hogst og skjøtsel. Vest-norske bestander er ikke i like sterk nedgang, men også her kan man lokalt forvente nedgang ved at gamle styvingstrær forsvinner.
Hygrohypnum subeugyrium DD	Vestlandet og Østlandet	Ferskvann og flomsone.	All vannkraftutbygging og annen virksomhet som påvirker vannføring og vannstand
Bleik kraterlav VU	Østfold til og med Nord Trøndelag	Skog hovedhabitat. Vokser på grov stammebark på svært gamle alme- og asketrær, ofte gamle styvingstrær	Påvirkningsfaktorene er mange, men de viktigste truslene er almesyke, askeskuddsyke, samt hjortebeite foruten skogsdrift, hogst og skjøtsel
Skorpefiltlav NT	Aust Agder til og med Nordland	Skog. Arten vokser i ulike løvskogsutforminger på stammer av gamle lauvtrær med rik bark.	Beitetrykk fra hjortedyr. Flatehogst, plukkhogst og reduksjon i habitat er andre trusler
Hasselrurlav NT	Oslo til og med Møre og Romsdal	Skog. På stammen av hassel i skog og kratt på steder med høy, stabil luftfuktighet	Påvirkning på habitat, som treslagsskifte med gran og fremmede arter.
<i>Arthonia stellaris</i> VU	Aust Agder til og med Møre og Romsdal	Skog. Utbredt i fuktige, løvdominerte regnskoger på Vestlandet hovedsakelig i Hordaland og er kjent fra relativt få lokaliteter. Vokser på løvtrær med glatt bark, hovedsakelig hassel og rogn.	Påvirkning på habitat, som flatehogst og treslagsskifte.
Porpidia hydrophila VU	Rogaland til og med Nord Trøndelag	Ferskvannssystem. Arten vokser på tidvis overrislet silikatberg i elver og bekker.	Arten er særlig truet av vannkraftutbygging som fører til tørrlegging av voksestedene.

Av de 11 rødlistede artene moser og lav, er det tre som lever i habitater direkte knyttet til vassdrag, og

en som finnes på undersiden av steiner i naturtypen fosseeng. Den mest vannelskende har da også sitt latinske navn *Porpidia hydrophila*, som betyr «liker vann». Alle disse fire artene er av Artsdatabanken anført med vassdragsutbygging / redusert vannføring som hovedtrussel, og er vist med rødt i **tabell 1**.

Ni av de 11 rødlistede artene av moser og lav går også igjen på listene over registrerte arter i tilsvarende nærliggende prosjekt i kommunene Fusa, Samnanger og Kvam, undersøkt på oppdrag fra NVE (Gaarder & Høitomt 2015). Der ble 2 prosjekt i Fusa, 3 i Samnanger og 6 i Kvam undersøkt, og flere av de samme artene forekommer også i tre til fire av de seks andre undersøkte stedene i Kvam (**tabell 2**).

Tabell 2. Andre observasjoner av de 11 rødlistede artene moser og lav påvist ved Ørredalsfossen, i nærliggende tilsvarende vassdrag i Hordaland, fra Gaarder & Høitomt (2015).

Art	Funn	Vassdrag
Skoddemose	1	Jarlandselva i Samnanger
Hårkurlmose	3	Dalatjørna, Lyseelva og Risbruelva alle i Kvam herad
Knattmose	1	Dalatjørna i Kvam
Tannkjølmose	0	
Stammesigd	3	Frydlielva og Kastedalselvi i Kvam
<i>Hygrohypnum subeuqyrium</i>	0	
Bleik kraterlav	5	Kastedalselvi, Lyseelva og Risbruelva, alle i Kvam
Skorpefjelllav	4	Matlandselva i Fusa og Kastedalselvi, Lyseelva og Skårøelva i Kvam
Hasselrurlav	9	Frydlielva, Kastedalselvi, Lyseelva og Skårøelva, alle i Kvam
<i>Arthonia stellaris</i>	1	Lyseelva i Kvam
<i>Porpidia hydrophila</i>	0	

Samtidig ligger Tysso ivervegetasjons-seksjon som defineres som «01 svakt oseanisk seksjon» mens Øystesevassdraget ligger i «02 klart oseanisk seksjon» i henhold til Moen (1998). Det betyr at det kan forventes forekomst av flere fuktighetsjrevende arter i Øystese enn i Tysso, og at de mest typiske vestlige arter mangler i Tysso samtidig som arter med høyere krav til sommertemperatur i større grad dominerer. Listene er derfor ikke nødvendigvis direkte overførbare.

I følge standard verdisetting i henhold til aksepterte veiledere (**tabell 3**), vil slike funn av sårbare arter (VU), nær truede arter (NT) og arter med datamangel (DD) representere «middels verdi» med hensyn på rødlistearter.

Tabell 3. Standard metodikk for verdisetting av rødlistearter.

Tema	Liten verdi	Middels verdi	Stor verdi
RØDLISTEARTER I henhold til NVE-veileder 3-2009 Henriksen, S. & Hilmo, O. (red.) 2015	Andre område	Rødlistede arter i kategoriene sårbare (VU), nær truet (NT) eller datamangel (DD) i Norsk Rødliste 2015	- Rødlistede arter i kategoriene kritisk truet (CR) eller sterkt truet (EN) i Norsk Rødliste 2015 - Arter på Bern liste II og Bonn liste I

MÅLINGER AV MIKROKLIMA 2016

Denne rapporten søker å nyansere betydningen av vannføringen i vassdraget for forekomstene av fuktighetskrevede arter av moser og lav, slik at usikkerheten rundt «virkningen» av en utbygging kan reduseres.

Fuktighetsloggere av typen EL-USB-2+ fra *LascarElectronics Inc* ble plassert ut i bekkekløften i perioden 31. mai til 16. august 2016. De ble festet til skruer boret fast i fjell og på et tre, og målte lufttemperatur, luftfuktighet og beregnet duggpunkttemperaturen hvert kvarter i perioden. I alt fem loggere ble satt ut, men to av dem sluttet å virke på grunn av for mye nedbør / fuktighet (!). Målerne som gav resultat er vist i **tabell 4**.

En logger ble plassert på nordsiden av en av ospene med skorpefiltlav (*Fuscopannaria ignobilis*) minst 85 meter over kløftens bunn og omtrent 100 meter fra elven, 225 moh. De andre ble plassert nede i kløften, en tett ved elven så vidt over antatt flomnivå og en vel 10 meter fra den andre og litt oppi lien omtrent 80 moh. (**tabell 4** og **figur 2**). Begge disse lå nordvendt og var i liten grad direkte eksponert for solinnstråling. Logger 1 sto omtrent 150 m høyere enn de to andre, hvilket i seg selv tilsier omtrent 1° C lavere temperatur.

Tabell 4. Plassering av loggere som gav resultat. Logger 3 stoppet å virke 14. juli, mens de to andre virket hele perioden fra 31. mai til 16. august.

Nr	Plassering	Posisjon	Høyde
1	På gammel osp med skorpefiltlav	32 V 385143 6717539	225 moh.
2	2 m fra og ca 1 m over elven	32 V 385417 6717033	75 moh.
3	10 m videre fra elven og ca 5 m videre opp	32 V 385408 6717029	80 moh.

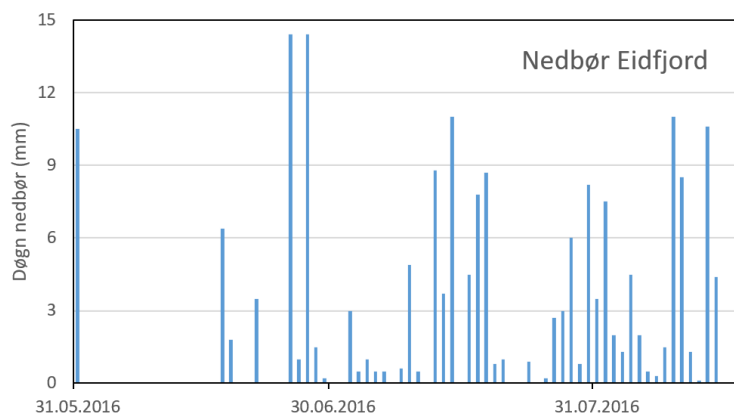


Figur 3. Plassering av logger 1 på osp med Skorpefiltlav (**over**), logger 2 over flomnivå nede ved elven (**oppe til høyre**) og logger 3 som sto ca 12 m fra og ca 6 m opp fra elven (**høyre**).

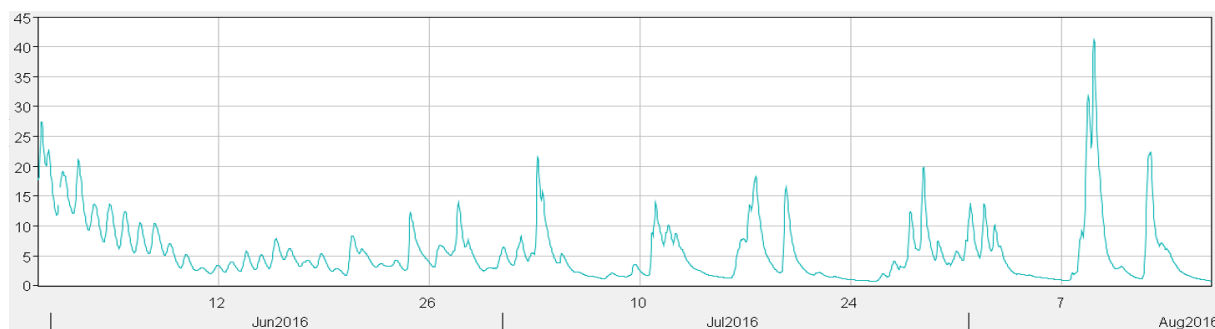
VÆR OG VANNFØRING

Sommeren 2016 var preget av varmt og tørt vær fram til rundt 20. juni, og av regn med rekordnedbør i Bergen for månedene juli og august. Nedbør er registrert i Eidfjord (DNMI stasjon 49631). I mai 2016 kom det 31,5 mm nedbør, i juni 43,2 mm, i juli 83,1 mm og 55,5 mm fram til 16. august (**figur 4**). Dette ansees å være representativt for nedbørforholdene i kløften ved Tysso.

Figur 4. Daglig nedbør registrert i perioden 31. mai til 16. august ved målestasjon 49631 Eidfjord



Vannføring i Tysso blir ikke registrert, men er simulert av Louise Andersen ved BKK Produksjon AS. Den simulerte vannføringen er basert på data fra vannføringsstasjonene 61.8 Kaldåni i Bergsdalsvassdraget og 62.18 Svartavatn i Vossovassdraget. I årene 2010 og 2011 var det dessuten en målestasjon i Tysso ovenfor Verafossen, og den viste i perioder god overensstemmelse med 62.18 Svartavatn. Det er også foretatt sammenligning med andre stasjoner lokalisert rundt Ulvik, og de viser overordnet samme trend. En kombinasjon av de to valgte stasjonene vurderes likevel å best representere vannføringen i Tysso.



Figur 5. Simulert vannføring i Tysso i perioden 31. mai til 16. august, basert på vannføringsstasjonene 61.8 Kaldåni i Bergsdalsvassdraget og 62.18 Svartavatn i Vossovassdraget.

Fram til midten av juni var vannføringen preget av snøsmelting, og i perioden etter er det nedbørhendelser som dominerer. I begynnelsen av juni var vannføringen opp mot 25 m³/s, men avtok utover måneden til et nivå på omtrent 5 m³/s. Videre utover sommeren varierte vannføringen mellom topper på rundt 20 m³/s og laveste verdier 25. juli på oppunder 0,8 m³/s. Høyeste vannføring på over 41 m³/s ble målt den 9. august (**figur 5**). Gjennomsnittlig vannføring i simuleringssperioden var 5,56 m³/s, mens snittvannføring over året er 2,21 m³/s.

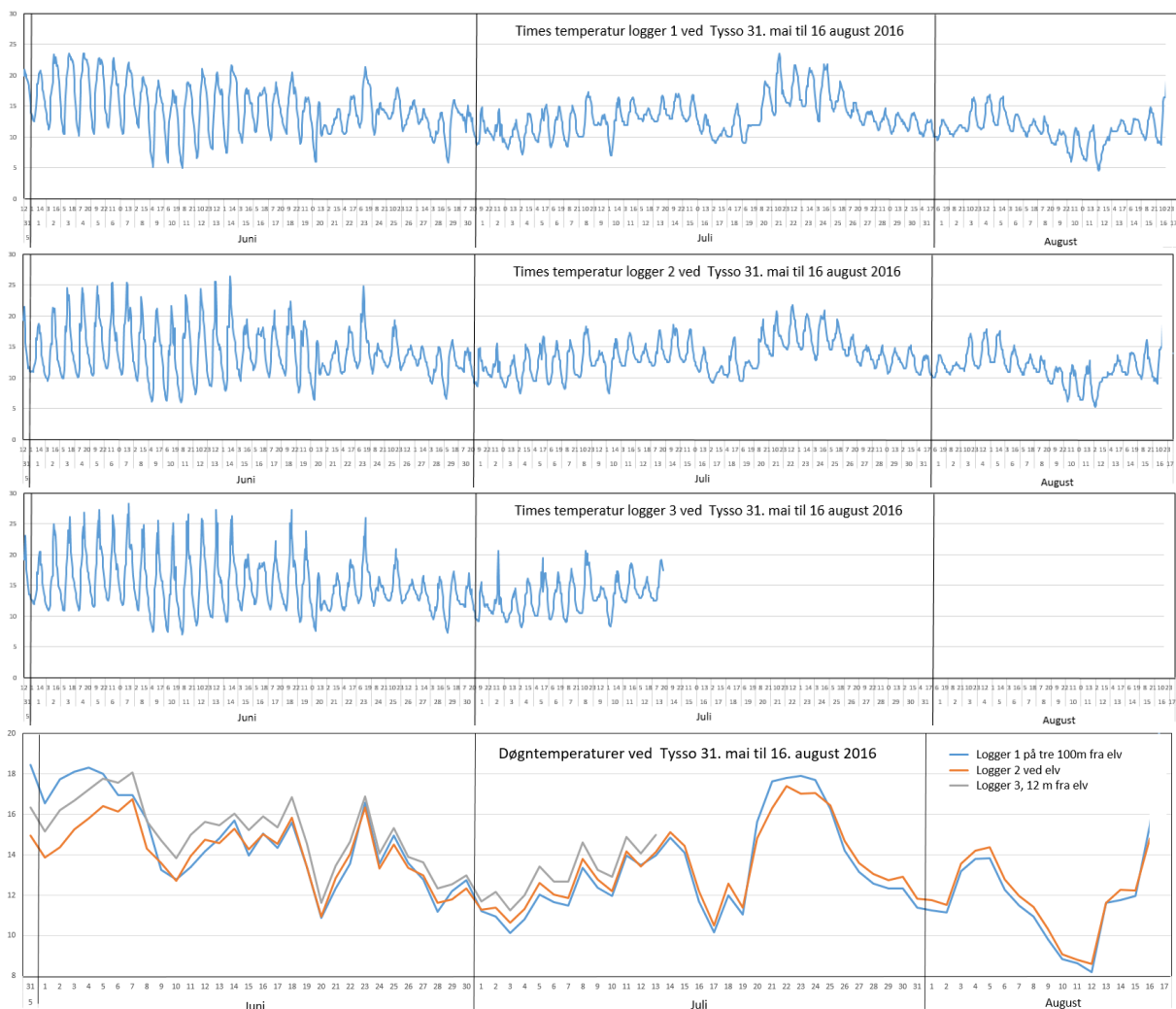
RESULTATER

LUFTTEMPERATUR

Lufttemperaturen på de tre stedene ved Tysso viser samme mønster med større døgnvariasjoner når det er godt vær og mindre når det er overskyet og regn. Utover i juni var forskjellen mellom høyeste og laveste døgntemperaturen opp mot 20° C på det meste, med middeltemperatur på 16-18° C i begynnelsen av måneden og ned mot 12° C i slutten av juni. I juli avtok døgnvariasjonene til mellom 5 og 10° C, med laveste variasjon i døgn med dårligst vær (**figur 6**).

Temperaturen på nordsiden av osten med skorpefylltav (logger 1) var høyest i varme perioder og noe lavere enn nede ved Tysso noe lenger nede i vassdraget ellers. Dette skyldes både at den ligger 150m høyere, og dermed naturlig vil være kaldere, og samtidig er denne lengst vekk fra vassdraget og dalbunnen, der det også vil kunne være kjøligere luftmasser.

I juni var høyeste dagtemperatur opp til 5° C lavere på osten enn lenger nede ved elven, mens laveste døgntemperatur oftest var mye den samme. Temperaturen nede ved elven var også noe lavere enn 10 meter lengre oppi lien; i juni opp mot 4° C lavere på det høyeste og 2° C på det laveste om natten (**figur 6**).

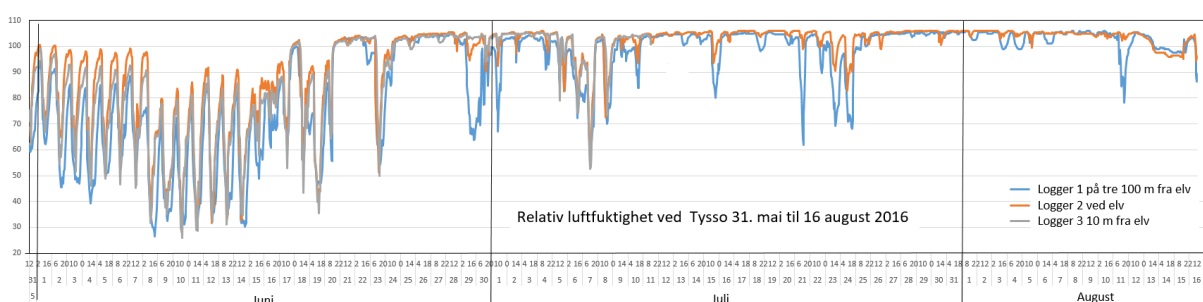


Figur 6. Lufttemperatur logget på tre steder langs Tysso i perioden 31. mai til 16. august 2016; på nordsiden av osp ca 100m fra Tysso (**øverst**), nede ved Tysso (**nest øverst**) og 10m lenger fra Tysso oppi lien (**nest nederst**), og døgnmiddel for de tre stedene (**nederst**) Logger 3 sluttet å virke 15. juli.

RELATIV LUFTFUKTIGHET

Det var store døgnvariasjoner i relativ luftfuktighet når det var godt vær og mindre variasjon når det var overskyet og regn. Utover i juni var forskjellen mellom høyeste og laveste relative fuktighet gjennom døgnet opp mot 50 %-enheter fra nesten full metning på natten og ned mot 50 % metning på det varmeste på dagen. I perioden fra 7. til 15 juni var luftfuktigheten mellom 80 og 90 % også på natten, og dagverdiene ned mot 30 %. Fra slutten av juni og utover i juli og august, var det lange perioder med regn, og den relative luftfuktigheten var på «over» full metning gjennom hele døgnet. Bare i perioder med finere vær var det igjen døgnvariasjoner (**figur 7**).

Luftfuktigheten på nordsiden av ospen med skorpefiltlav (logger 1) var jevnt over 10 - 15 %-enheter lavere enn nede ved Tysso nede i vassdraget (logger 2). Logger 3, som lå omtrent 12 meter fra elven, hadde luftfuktigheter som jevnt over lå mellom de to andre når døgnvariasjonen var på det høyeste i juni. I periodene fra slutten av juni og utover i juli og august, da det var så godt som «full» luftfuktighet nede ved elvestrengen på begge loggerne 2 og 3, var det perioder med betydelig lavere luftfuktighet på ospen med skorpefiltlav lenger oppe i vassdraget, i hovedsak på dagtid når det ikke var nedbør (**figur 7**).



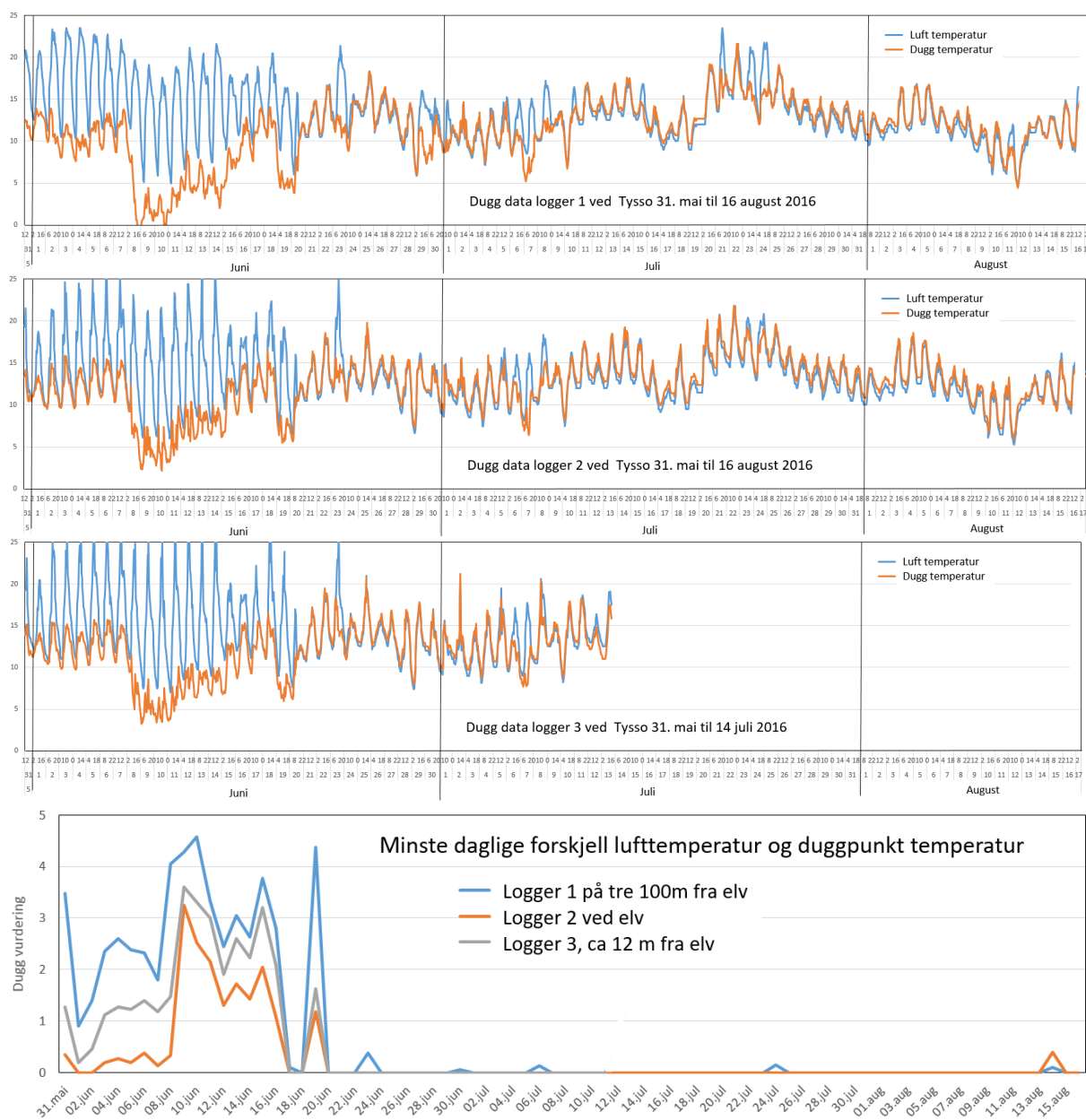
Figur 7. Luftfuktighet logget på tre steder ved Tysso i perioden 31. mai til 16. august 2016; på nordsiden av osp ca 100m fra Tysso (**blå**), nede ved Tysso (**rød**) og 10m lenger fra Tysso oppi lien (**grå**). Logger 3 (**grå**) sluttet å virke 15. juli.

DUGGPUNKT

Duggpunktet er den temperaturen luften må avkjøles til for at vanndampen i luften skal kondensere til vann «dugg» ved et gitt lufttrykk. Luften kan inneholde mer vanndamp ved høye temperaturer enn ved lave. Duggpunktet er også koblet til relativ luftfuktighet, og høy luftfuktighet indikerer at duggpunktet er nærmere lufttemperaturen. Ved 100 % luftfuktighet, vil duggpunkttemperaturen og aktuell lufttemperatur være den samme.

Beregnet duggpunkt er altså en funksjon av lufttemperatur, luftfuktighet og lufttrykk, og varierte mye gjennom døgnet og gjennom undersøkelsesperioden. Duggpunktet var lavest i juni i periodene med fint vær, og høyere utover i juli. Duggpunktet var også lavere ved logger 1 på ospen med skorpefiltlav langt fra elven enn ved de to stedene nede langs elven (**figur 8**).

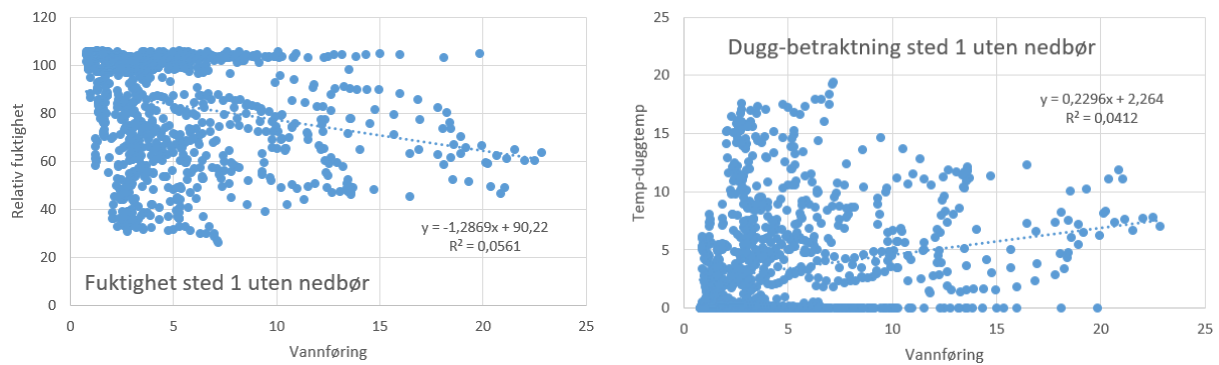
På ospen med skorpefiltlav ble det ikke observert at duggpunkt og lufttemperatur var like, og at fuktigheten kondenserte («dugget») før etter 20. juni, da regnet satte inn. Etter dette var det generelt «dugg» nesten døgnet gjennom i periodene med nedbør. Nede ved Tysso ved logger 2, var det «dugg» i noen av nettene også i første halvdel av juni, mens det ved loggeren i lien like oppom ikke «dugget» en eneste gang i nettene i denne perioden. Begge steder var det full metning i lange perioder døgnet gjennom utover i juli og august ved mye nedbør (**figur 8**).



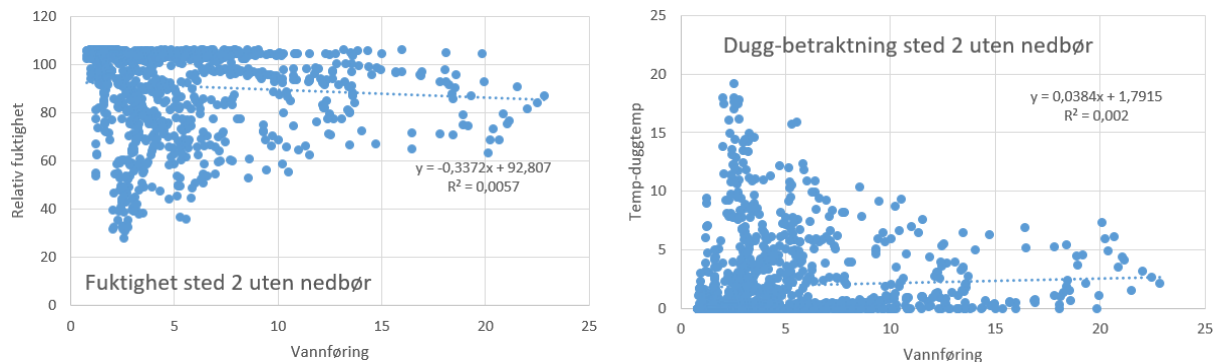
Figur 8. Lufttemperatur og duggpunkt på tre steder langs Tysso i perioden 31. mai til 16. august 2016; på nordsiden av osp ca 100 m fra Tysso (**øverst**), nede ved Tysso (**nest øverst**) og 10m lenger fra Tysso oppi lien (**nest nederst**). Når temperaturene sammenfaller, og forskjellen er null, vil fuktigheten kondensere og det «dugger» (**nederst**).

BETYDNING AV VANNFØRING

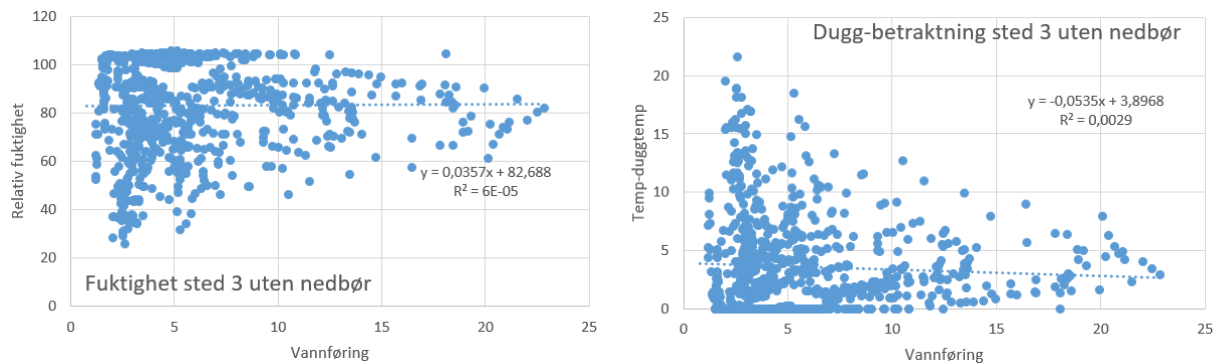
Siden luftfuktigheten i dette materialet i hovedsak var svært høy døgnet rundt i de periodene det var mye nedbør, er det gjort en analyse av vannføringens betydning for luftfuktighet i de periodene det ikke er registrert nedbør. Her er benyttet timesdata for nedbør som er samkjørt med timesgjennomsnitt for relativ fuktighet (**figur 9-11 venstre**). Forskjellen mellom aktuell lufttemperatur og beregnet duggpunkt er også plottet mot vannføring i de samme periodene uten nedbør. Når denne forskjellen er null, så ligger punktene i figurene nede på akse, og da kondenseres luftfuktigheten og det «dugger» (**figur 9-11 høyre**).



Figur 9. Relativ luftfuktighet (*venstre*) og forskjell mellom lufttemperatur og duggpunkt (*høyre*), begge plottet mot vannføring i perioder uten nedbør for logger 1 på nordsiden av osp ca 100 m fra Tysso.



Figur 10. Relativ luftfuktighet (*venstre*) og forskjell mellom lufttemperatur og duggpunkt (*høyre*), begge plottet mot vannføring i perioder uten nedbør for logger 2 like ved Tysso.

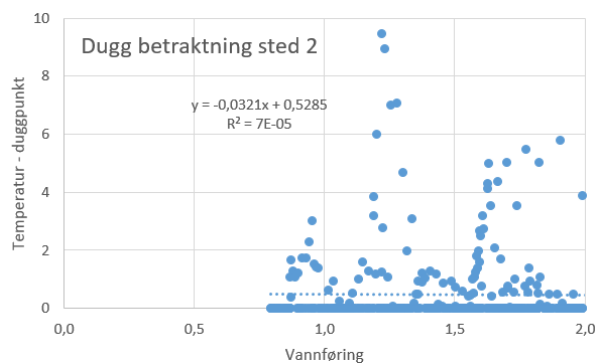


Figur 11. Relativ luftfuktighet (*venstre*) og forskjell mellom lufttemperatur og duggpunkt (*høyre*), begge plottet mot vannføring i perioder uten nedbør for logger 3 noe lenger fra Tysso.

Ikke ved noen av de tre undersøkte stedene viser resultatene noen sammenheng mellom vannføring og relativ luftfuktighet i periodene uten nedbør. Lengst vekk fra elven er det lave fuktigheter ved de fleste observerte vannføringer (**figur 9**), mens på de to stedene nærmere elven er observasjonene med lavest fuktighet ved de laveste vannføringene, uten at det gir noen annen sammenheng (**figur 10 og 11**).

Vannføring har heller ikke noen signifikant innflytelse på når det dugger, vurdert fra når forskjell mellom lufttemperatur og duggpunkt er null i perioder uten regn. Dette gjelder særlig ved logger 1 lengst vekk fra vassdraget, mens loggerne 2 og 3 langs elven viser at de største forskjellene (lengst vekk fra «dugging») skjer ved de laveste vannføringene. Det skjer imidlertid like mye «dugging» ved de aller laveste som de aller høyeste vannføringene (**figur 10 og 11**), og dette er vist spesifikt for de vannføringene under 2 m³/s for logger 2 nærmeste Tysso i periodene uten nedbør (**figur 2**).

Figur 12. Forskjell mellom lufttemperatur og duggpunkt plottet mot vannføringer under 2 m³/s i perioder uten nedbør for logger 2 langs med Tysso. Når forskjellen er null, og punktene ligger nede på akse, så «dugger» det (utsnitt av **figur 10**).



BETYDNING AV AVSTAND TIL ELVEN

Logger 1 var festet på stammen av en osp med skorpefiltlav, og lå 85 meter over og ca 100 meter fra elvestrengen. Logger 2 lå like ved elven mens logger 3 var ca 12 meter fra vannstrengen og 5 meter oppi lien ovenfor logger 2. Alle var montert nordvent slik at de ikke var eksponert for direkte solstråling. Logger 1 var også 150 høyere i landskapet, og ikke direkte koblet til kløftens dypere deler.

Temperaturen på ospen med skorpefiltlav (logger 1) var noe lavere enn nede ved Tysso og det var også mindre døgnvariasjon i periodene med godt vær. Dette forklares både ved at ospen ligger 150m høyere, og at avstanden til vassdragets dempende virkning på temperaturen er liten så langt borte. Helt nede ved Tysso var også temperaturen noe lavere enn 10 meter lengre oppi lien, og med noe lavere døgnvariasjon. Det synes som om vanntemperatur i elven demper variasjonene i lufttemperatur både over tid og gjennom døgnet.

Luftfuktigheten lengst fra elven (logger 1) var jevnt over 10 - 15 %-enheter lavere enn langs Tysso (logger 2), og allerede omtrent 12 meter fra elven (logger 3) var luftfuktigheter jevnt over mellom de to andre når døgnvariasjonen var på det høyeste. Lengst fra elven var det også perioder med betydelig lavere fuktighet fra slutten av juni og utover i juli og august, da det ellers var så godt som «full» luftfuktighet på begge loggerne ved elvestrengen. Dette var i hovedsak på dagtid uten nedbør.

Bare loggeren nede langs elven hadde «dugging» to av nettene i første halvdel av juni. Verken på ospen med skorpefiltlav eller ved loggeren litt oppi lien fra elven ble det observert «dugging» før 17. juni, og etter 20 juni var det generelt «dugg» nesten døgnet gjennom i periodene med nedbør på alle tre loggerne (**figur 8 nederst**).

DISKUSJON

OM USIKKERHET

Siden vannføringen er simulert uten å ha observasjoner fra vassdraget, må det forventes å være en viss usikkerhet knyttet til dataene. De absolutte verdiene kan således være beheftet med usikkerhet, men variasjonene i vannføring er sannsynligvis ganske representative for Tysso. Lokale nedbørhendelser og også tidsforskyvning bidrar til at enkelte hendelser enten mangler eller ikke er reelle i den simulerte serien. Det samme gjelder når vannføring og andre miljøforhold vurderes sammen.

To av fem utplasserte loggere i ulik avstand fra elven sviktet, og data fra en tredje omfatter bare halve perioden. I tillegg var undersøkelsesperioden preget av snøsmelting innledningsvis og rekordnedbør i resten av perioden. De laveste vannføringene, som kunne representert ulike aktuelle nivåer av minstevannføring, finnes dessverre derfor ikke i dette materialet.

Tre loggere utplasserte i ulik avstand fra Tysso, viser at mikroklima med hensyn på både temperatur, døgnvariasjon i temperatur, relativ luftfuktighet og «dugging» avhenger av avstand til elven. Elven virker dempende på døgnvariasjonene i temperatur, og bidrar med fuktighet og påvirker nattetemperaturen slik at det dugger noe mere nær elven. Ved større vannføringer påvirkes sannsynligvis også et noe større område langs vannstrengen, men med bare to operative loggere i økende avstand fra elven er dette vanskelig å tallfeste.

Ut fra foreliggende materiale er det heller ikke mulig å finne noen tydelig sammenheng mellom lokalklima og variasjon i vannføring i det spennet som er dekket opp her, mellom 0,8 og 41 m³/s. Ved de høye vannføringene var det også mye nedbør, som i seg selv påvirker luftfuktighet og «dugging» direkte alle stedene uavhengig av avstand til vannstrengen.

OPPSUMMERING AV VERDIER

I bekkekløftkartleggingen ble kløften ved Tysso gitt regional/nasjonal verdi, tilsvarende «middels til stor verdi», og det ble funnet fuktighetskrevenne arter av moser og lav, samt en rødlisteart av lav, tilsvarende «middels verdi» for kategori rødlistearter. Potensialet for videre funn ble vurdert som stort, men tilkomsten til området er svært vanskelig, så dette har ikke vært mulig å supplere.

Ved alternativt å vurdere potensialet ut fra sammenligning med andre og nyere tilsvarende undersøkelser i regionen, der spesialister har brukt mye tid på kartlegging av fuktighetskrevenne moser og lav på rødlisten (Gaarder & Høitomt 2015, Høitomt & Klepsland 2016), blir likevel naturtypeverdiene og rødlistefunnene her vurdert uendret og som tidligere konkludert i både Ihlen & Eilertsen (2010) og Finne (2010).

Selv om de andre undersøkte vassdragene i regionen ikke nødvendigvis er helt sammenlignbare med Tysso, vurderes funnene derfra å likevel bedre verdigrunnlaget for Tysso, slik at de foretatte vurderingene dermed blir beheftet med mindre usikkerhet enn det som forelå i søknaden.

MIKROKLIMA I KLØFTER OG LANGS VASSDRAG

Denne undersøkelsen viser at mikroklima med hensyn på både temperatur, døgnvariasjon i temperatur, relativ luftfuktighet og «dugging» avhenger av avstand til vannstrengen. Elven virker dempende på døgnvariasjonene i temperatur, og bidrar med fuktighet og påvirker nattetemperaturen slik at det dugger noe mer nær elven enn lenger vekk.

Dersom en «tar en vekk alt vannet», vil ikke nødvendigvis hele effekten på lokalklima forsvinne, siden

dalførene med elvene i bunnen også leder «elver» av kaldere luft fra øvre deler og nedover. Dette sees tydelig langs vassdrag på vår og høst når kalde og fuktige luftmasser langs vassdrag kondenserer og tåke ligger som en «elv» de nederste 10-15 metrene over elvene i dalbunnen.

Ut fra det foreliggende materiale er det imidlertid ikke mulig å finne noen sammenheng mellom mikroklima og variasjon i vannføring i det spennet som er dekket opp her, mellom 0,8 og 41 m³/s. Ved de høye vannføringene var det også samtidig mye nedbør, som i seg selv påvirker luftfuktighet og «dugging» direkte alle stedene uavhengig av avstand til vannstrengen.

Tilsvarende erfaring fra to mindre vassdrag på Voss i Hordaland, viser også at variasjon i vannføring i liten grad påvirker mikroklima i de vassdragsnære habitatene. I disse to vassdragene har vi gjennomført tilsvarende prosjekt med måling av temperatur, luftfuktighet og duggpunkt, samt registrert moser og lav på oppdrag fra NVE i prosjektet «Oppfølgende undersøkelser av lav og moser ved utbygging av små kraftverk» (Ihlen mfl. 2012). Begge disse er utført i bekkekløfter, og ett av vassdragene er nå bygd ut og skal forhåpentligvis følges opp også etter utbygging dersom NVE finner midler til slik grunnleggende kunnskapsbygging.

Og selv om det er vanskelig å påvise en sammenheng mellom variasjon i vannføringen og mikroklima langs de undersøkte vassdragene, må en anta at lokalklima blir endret uten vann i elvene. Hvor liten vannføring som trengs for å sikre et «naturlig» mikroklima vil også variere mellom ulike typer vassdrag og kløfter. Det må antas at det skal mindre til for å sikre dette dersom vassdraget er bratt og elven går i «hvitstryk», enn for elver som flyter stille med lite fall. Tysso er både bratt og ligger skjermet i en dyp kløft uten for mye solinnstråling, og krav til vannføring for å sikre lokalklima antas derfor å være relativt lavt i forhold til andre vassdrag.

FORESLÅTTE AVBØTENDE TILTAK

I søknaden er det foreslått slipp av minstevannføring lik sesong-5-persentiler på 180 l/s på sommeren fra 1. mai til 1. oktober og 64 l/s resten av året. Middelvannføringen i Tysso er 2,21 m³/s, og Tysso kraftverk er, som de fleste elvekraftverk, planlagt med en maksimal slukeevne på det doble av dette. Kraftverkets nedre driftsvannføring er planlagt til 0,2 m³/s. Hydrologivurderingene i søknaden viser at det i et tørt år vil det være flomoverløp ved inntaket i 9 % og at kraftverket vil stå i hele 63 % av et særlig tørt år. Det vil da være minstevannføring i 25 % av et slikt år, mens det vil være minstevannføring i 64 % av et middels år og 69 % av et vått år (**tabell 5**).

Tabell 5. Hydrologiske vurdering av Tysso kraftverk på vassdraget, tilpasset fra søknaden.

Situasjon	Tørt år	Middels år	Vått år
Flomoverløp ved inntak og full kjøring av kraftverk	9 %	14 %	22 %
Slipp av minstevannføring og redusert kjøring av kraftverk	28 %	64 %	69 %
Kraftverket står og alt renner naturlig som før	63 %	22 %	9 %

VURDERING AV VIRKNING

Når det gjelder virkning på forekomst av fuktighetskrevenne moser og lav som lever ved vassdrag, så er sammenhengen vanskeligere. Det finnes likevel noen viktige undersøkelser av hva som skjer med den floristiske sammensetningen etter redusert vannføring i vassdrag i Norge. Aurlandsvassdraget er undersøkt 20 år etter vannkraftutbygginger med 92 % reduksjon av vannføring (Vevle 1970, Odland 1990, Odland mfl. 1991). Der gikk fuktighetskrevenne moser og karplantene sterkt tilbake, mens lav og tørketålende moser økte i antall arter og i mengde. En oversikt over kunnskapsgrunnlaget om vassdragsreguleringer og botanikk er gitt av Andersen & Fremstad (1986). For Tysso ble det søkt om å utnytte 75 % av tilrenningen i vassdraget, og virkningene antas derfor mindre.

Ved Tysso ble det i bekkekløftkartleggingen registrert mest vanlige mosearter på fuktig stein langs

elva og på fuktige bergvegger. På hassel er epifyttfloraen fattig og domineres av «glattbarksarter», mens osp har den rikeste epifyttfloraen og med forekomst av rødlistearten skorpefiltlav (*Fuscopannaria ignobilis*, NT). Artene som vokser på trær finnes i hovedsak også i større avstand fra vassdraget, der målingene av mikroklima viser minst påvirkning fra elven. Artene som vokser på fuktige bergvegger vil også få sin fuktighet fra overrisling fra generelt grunnvannsig foruten nedbør. Øvre del av kløften er østvendt, med både nord- og sørvendte svært høye og stupbratte bergvegger. Begge disse habitatene får betydelige tilførsler av fuktighet fra grunnen, selv om de nederste delene nok også kan være påvirket av vannstrengen, som har bra fall på strekningen (se bilde på forsiden).

Bare 4 av de 11 artene med rødlistede moser og lav som ble funnet ved Ørredalsfossen i Øystese (Høitomt & Klepsland 2016), og som kan være mulig forekommende i Tysso siden mange av dem også er funnet andre steder i regionen (Gaarder & Høitomt 2015), er ifølge Artsdatabanken avhengig av fuktighet fra vassdraget. De øvrige 7 av disse 11 rødlisteartene har sitt leveområde på trær i skog. De trenger også fuktighet, men her er trusselbildet i større grad knyttet fysiske inngrep i skog som bygging av skogsveier og uttørking etter flatehogst. Dette er i liten grad aktuelt i de særs bratte og uframkommelige liene nede i kløften til Tysso.

Finne (2010) konkluderer i miljørapporten til søknaden at en 75 % reduksjon av vannføringen vil medføre et tørrere klima for fuktighetskrevede vegetasjon i juvet, men at juvet er dypt og skyggefullt og derfor vurderes virkningen til «middels negativ» og med «middels negativ konsekvens». Den foreliggende vurdering av vannføringens betydning for virkningen med hensyn på fuktighetskrevede arter i kløften langs Tysso, endrer i liten grad på denne konklusjonen.

Denne rapporten har, sammen med øvrig erfaring fra nyere undersøkelser av rødlistearter i regionen og deres preferanser, samt undersøkelser av vannføringens betydning for mikroklima langs elvestrenger i andre kløfter, bidratt til å redusere usikkerheten omkring konsekvensene av planlagt tiltak i Tysso.

REFERANSER

- ANDERSEN, K. M. & FREMSTAD, E. 1986.
Vassdragsreguleringer og botanikk. En oversikt over kunnskapsnivået.
Økoforsk utredning 1986-2: 1-90.
- FINNE, M. 2010.
BKK Produksjon AS. Miljørapport for Tysso kraftverk, Ulvik i Hordaland.
SWECO, unummerert rapport, oppdrag 144901, datert 13. desember 2010, 46 sider.
- GAARDER, G. & T. HØITOMT 2015.
Etterundersøkelser av flora og naturtyper i elver med planlagt småkraftutbygging.
NVE-rapport 102-2015, 139 sider, ISBN 978-82-410-1154-2.
- HØITOMT, T & J.T. KLEPSLAND 2016.
Kartlegging av naturverdier i nedre deler av Øystesevassdraget i Kvam herad, Hordaland.
Biofokus-rapport 2016-6, 24 sider, ISBN 978-82-8209-502-0
- HENRIKSEN, S. & O. HILMO (red) 2015
Norsk rødliste for arter 2015.
Artsdatabanken, Norge. 193 sider, ISBN 978-82-92838-41-9
- IHLEN, P. G. & L. EILERTSEN 2010.
Bekkekløftprosjektet – naturfaglige registreringer i Hordaland 2009: Ulvik herad.
Rådgivende Biologer AS, rapport 1382, 27 sider ISBN 978-82-7658-809-5.
- IHLEN, P. G., T. BJELLAND, K. VASKINN & G.H. JOHNSEN 2012.
Virkninger av små vannkraftverk på lav- og mosefloraen – en forundersøkelse. NVE-rapport
Miljøbasert vannføring rapport 9-2012, 50. sider, ISBN 978-82-410-0810-8.
Registrert av oss som Rådgivende Biologer AS, rapport 1662, 50 sider.
- MOEN, A. 1998.
Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon.
Statens kartverk, Hønefoss.
- ODLAND, A. 1990.
Endringer i flora og vegetasjon som følge av vannkraftutbyggingen i Aurlandsdalen.
NINA Forskningsrapport 15: 1-76.
- ODLAND, A., BIRKS, H. H., BOTNEN, A., TØNSBERG, T. & VEVLE, O. 1991.
Vegetation change in the spray zone of a waterfall following river regulation in Aurland,
western Norway. Regulated Rivers: Research and management 6: 147-162.
- VEVLE, O. 1970.
Undersøkelser av flora og vegetasjon ved noen av fossene i Aurlandsvassdraget.
Hovedfagsoppgave i spesiell botanikk, Universitetet i Bergen.