NVE

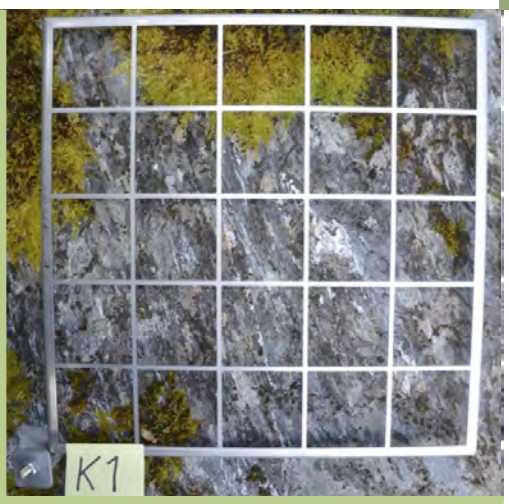
Virkninger av små vannkraftverk på lav- og mosefloraen

- en forundersøkelse

Per G. Ihlen, Rådgivende Biologer AS
Torbjørg Bjelland, Rådgivende Biologer AS
Kjetil Vaskinn, Sweco Norge AS
Geir Helge Johnsen, Rådgivende Biologer AS

9
2012

RAPPORT MILJØBASERT VANNFØRING



FoU-programmet Miljøbasert vannføring

Programmet Miljøbasert vannføring skal styrke det faglige grunnlaget for god forvaltning av regulerte vassdrag. Det skal bidra til at miljøhensyn blir ivaretatt på en balansert og åpen måte med spesiell fokus på fastsettelse av minstevannføring og andre avbøtende tiltak.

Miljøkunnskap er aktuelt i forbindelse med nye vassdragskonsesjoner, revisjon av vilkår i gamle konsesjoner, miljøtilsyn og oppfølging av vannressursloven og EUs vanndirektiv. Programmet finansieres av Olje- og energidepartementet, og er forankret i Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

Programmets fase II har en tidsramme på fem år (2007-2011). Programmet er organisert med en styringsgruppe, bestående av representanter fra NVE, Direktoratet for naturforvaltning og energibransjen. Ressurspersoner fra nasjonale og regionale myndigheter bistår med fagkompetanse. Den daglige ledelsen av programmet er knyttet til Skred- og vassdragsavdelingen i NVE.

Virkninger av small vannkraftverk på lav- og mosefloraen

- en forundersøkelse

Norges vassdrags- og energidirektorat
2012

Rapport nr. 9 – 2012

Virkninger av små vannkraftverk på lav- og mosefloraen - en forundersøkelse

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Forfattere: Per G. Ihlen[1)], Torbjørg Bjelland[1)], Kjetil Vaskinn[2)] og Geir Helge Johnsen[1)]

1. Rådgivende Biologer AS
2. Sweco Norge AS

Trykk: NVEs hustrykkeri

ISSN: 1502-234X

ISBN: 978-82-410-0810-8

Foto: Per G. Ihlen

Forsidefoto: Analyseruter, faksjøkelmose (*Arctoa fulvella*) og skorpelaven *Porpidia contraponenda*

Sammendrag: Det er etablert en oversikt over lav- og mosefloraen i et vassdrag som skal bygges ut til vannkraftproduksjon (Vangjolo) og i et kontrollvassdrag (Roesgrovi), begge i Voss kommune i Hordaland. Vassdragene har lik berggrunn, eksposisjon, vegetasjon og høyde over havet. For å følge en eventuell endring i floraen ble det lagt ut 20 fastruter fra hvert vassdrag hvor lav- og mosefloraen ble registrert. For å knytte dette til overvåking av mulige påvirkninger logges vannføring, luftfuktighet, lufttemperatur, vanntemperatur og duggpunkttemperatur. Det ble registrert 66 arter totalt for Roesgrovi og Vangjolo, fordelt på 32 mosearter, 29 lavarter og 5 karplanter. Resultatene viser at vassdragene har såpass lik lav- og moseflora at de kan danne grunnlag for videre undersøkelser. Dette er også vist ved DCA-analyser. Vassdragene består av en kombinasjon av arter med samme krav til fuktighet, og de inneholder arter med høy og lav Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet. Det er ikke statistisk signifikant forskjell mellom Roesgrovi og Vangjolo i analyserutenes gjennomsnittsverdier for dette. De hydrologiske og lokalklimatiske målingene viser også at vassdragene er sammenliknbare for videre studier av mulige endringer etter utbygging.

Emneord: Lav, moser, bekkekløft, vannføring, lokalklima, hydrologi, Voss.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95 Internett: www.nve.no

November 2012

Innhold

Forord 5
Sammendrag 7
1. Innledning 8
2. Metode 9
Studieområde 9
Naturgrunnlaget 10
Ruteanalyser 12
Statistiske analyser 14
Hydrologi 15
Målinger av lokalklima 16
3. Materiale 16
4. Nomenklatur 16
5. Resultater 17
Naturtyper 17
Lav- og mosefloraen 22
Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet 29
Hydrologi 31
Lokalklima 36
6. Diskusjon 41
Takk til 45
Litteratur 46
Vedlegg artslister 49

Forord

Noen arter av lav og moser stiller helt spesielle krav til voksestedet. Noen er nært knyttet til fossesprøytsoner og andre fuktige miljøer langs elver og bekker. Redusert vannføring ved utbygging av småkraftverk vil påvirke disse voksestedene. Kunnskap om artenes evne til å tolerere endringer i voksestedets mikroklimatiske forhold er imidlertid mangelfull.

I dette prosjektet er det gjennomført en forundersøkelse av lav- og mosefloraen i to nærliggende og sammenliknbare vassdrag på Vestlandet. I ett av dem er det gitt konsesjon for bygging av et småkraftverk, for det andre er det ikke planer om utbygging. Forundersøkelsene vil danne grunnlag for videre oppfølgende undersøkelser av de langsiktige virkningene på lav- og mosefloraen som følge av utbygging og redusert vannføring. Dette vil igjen kunne danne grunnlag for vurdering av lav- og mosefloraen og mulige avbøtende tiltak ved konsesjonsbehandling av småkraftverk.

Porsjektet er gjennomført av Rådgivende Biologer AS i samarbeid med Sweco Norge AS.

Steinar Schanche
leder styringsgruppe

Anne Haugum
programleder

Sammendrag

Kunnskapen om hva slags virkninger redusert vannføring har på lav- og mosefloraen langs og i elver og bekker er generelt mangelfull. Gjennom FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring” lyste NVE derfor ut en invitasjon til å søke midler til undersøkelser av lav og moser ved utbygging av små vannkraftverk. Hovedhensikten med undersøkelsen er å etablere en detaljert oversikt over lav- og mosefloraen i et vassdrag som i nær framtid skal bygges ut til vannkraftproduksjon og i et sammenliknbart kontrollvassdrag som ikke skal bygges ut til dette formålet. Vassdragene Vangjolo (utbygd vassdrag) og Roesgrovi (kontrollvassdrag) i Voss kommune i Hordaland ble valgt fordi de har lik berggrunn, lik eksposisjon, lik vegetasjon og omtrentlig samme høyde over havet. For å følge en eventuell endring i vegetasjon over tid ble det lagt ut fastruter hvor lav- og mosefloraen ble registrert. Det ble utført 20 ruteanalyser fra ulike steder i hvert av vassdragene. For å knytte vegetasjonen opp til overvåking av mulige påvirkningsfaktorer logges vannføringen i begge elvene og i tillegg måles luftfuktighet, lufttemperatur, vanntemperatur og duggpunkttemperatur for begge elvene. Undersøkelsene viser en klar sammenheng mellom disse parametrene.

Vangjolo har noe større nedbørfelt (4,23 km²) enn Roesgrovi (1,35 km²), og med noe større spesifikk avrenning har Vangjolo enda større gjennomsnittlig vannføring på 0,429 m³/s mot Roesgrovi sine 0,111 m³/s. Vanntemperaturen i de to undersøkte vassdragene er samsvarende med samme forløp. Målinger av vannføring, vanntemperatur og lokalklimatiske forhold som lufttemperatur og luftfuktighet med duggpunkt, har pågått i begge undersøkelsesområdene siden tidlig i september 2011. De to nedbørfeltene er godt sammenliknbare.

Det ble registrert 66 arter totalt for Roesgrovi og Vangjolo; 32 mosearter, 29 lavarter og 5 karplanter. De vanligste artene er mattehutre, rødmesigmose, knippegråmose, elvetrappemose, bekketvebladmose, *Ionaspis lacustris* og bekkekartlav. Resultatene viser at Vangjolo og Roesgrovi er såpass like med hensyn til lav og mosefloraen at de er representative for å danne grunnlag for videre undersøkelser. For å få bekreftet dette ble det også utført statistiske analyser. DCA-analysene (Detrended Correspondence Analysis) viser blant annet at artssammensetningene stort sett er like i begge vassdragene. Videre viser analysene at det ikke er statistisk signifikant forskjell i antall arter pr. analyserute mellom vassdragene. Både Vangjolo og Roesgrovi har størst dekning av moser i forhold til lav i analyserutene.

Artssammensetningen viser at vegetasjonen i vassdragene består av en kombinasjon av arter med samme krav til fuktighet. Analyserutene inneholder arter med både høy og lav Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet. Det er heller ikke statistisk signifikant forskjell mellom Roesgrovi og Vangjolo i analyserutenes gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (F).

1. Innledning

Generelt er det mangelfull kunnskap om virkningene av små vannkraftverk på arter og samfunn av moser og lav som opptrer nær elver (Gaarder & Melby 2008, Hassel mfl. 2010, Ihlen 2010, Evju mfl. 2011). Noe av årsaken til dette er at lav- og mosearter har lang responstid (Hale 1973, Glime 2007) i forhold til ulike påvirkningsfaktorer. Av disse er vassdragsregulering (VR) den viktigste tilstandsøkoklinen i forbindelse med vannkraftutbygginger og er i NiN-systemet delt inn i ulike trinn fra ”uregulert vannforekomst” til ”gjennomgripende reguleringseffekt” (Halvorsen mfl. 2009). 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 fuktighetskrevende 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).

Arter som registreres i vassdragstilknyttede naturtyper som bekkekløft og bergvegg og fossesprøytsoner (sensu DN-håndbok 13, 2007), er ofte i fokus ved utarbeidelse av temaet biologisk mangfold i konsekvensvurderinger for små kraftverk (1-10 MW). I NVEs mal for kartlegging av biologisk mangfold ved bygging av små vannkraftverk (Korbøl mfl. 2009), er det også oppgitt retningslinjer for registrering av lav og moser. I en oppdragsrapport bestilt av Olje- og energidepartement (OED) ble det etterlyst sammenliknende studier av vassdrag med og uten utbygging og studier av relevante arters økologi og krav til livsmiljø (Gaarder & Melby 2008).

På bakgrunn av dette inviterte NVE, gjennom FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring”, til undersøkelser av lav og moser ved utbygging av små vannkraftverk. Det var også et mål at undersøkelsene skulle danne grunnlag for lengre og oppfølgende undersøkelser av virkningene av utbygginger. Dette fordi lav og moser har lang responstid og at virkningene for mange artsgrupper sannsynligvis ikke blir synlige umiddelbart etter utbygging.

Målene med prosjektet, slik det var utlyst gjennom FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring”, var derfor:

1. Å gi bedre kunnskap om lav og moser sine krav til livsmiljø og deres tålegrenser for arter som finnes nær elver.
2. Gi kunnskap om hvordan artsmangfold og økosystemer av lav og moser i slike miljøer påvirkes over tid i utbygde vassdrag.
3. Å kunne vurdere aktuelle avbøtende tiltak (for eksempel minstevannføring) ved utbygging av små kraftverk.

Rådgivende Biologer AS har her utarbeidet en forundersøkelse for lav- og mosefloraen i to nærliggende og sammenliknbare vassdrag på Vestlandet, som skal danne

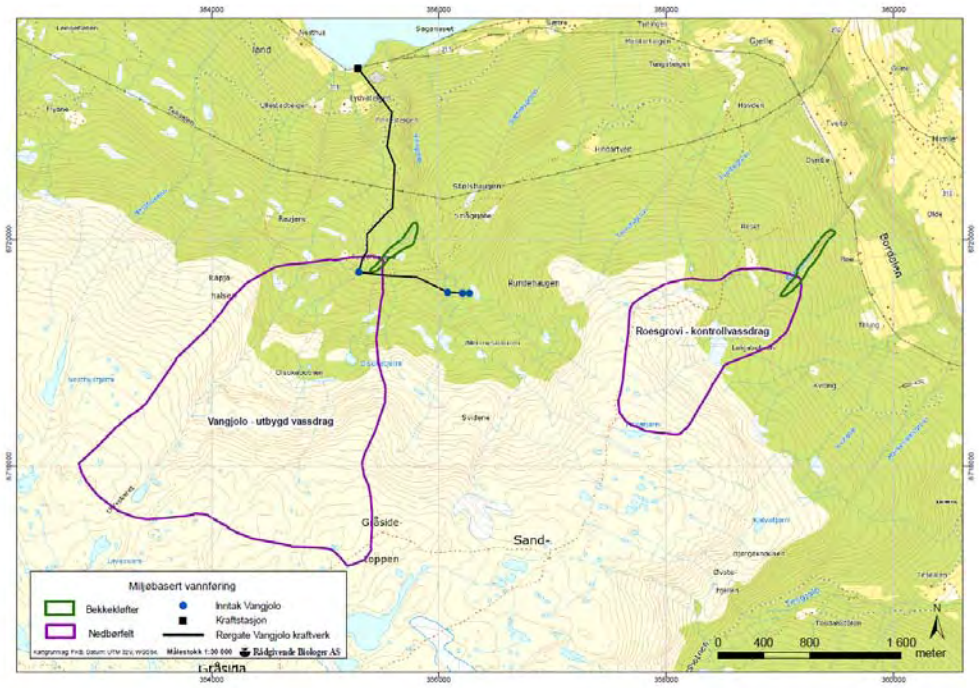
grunnlag for videre overvåking av påvirkningsfaktorer over lengre tid. I det ene vassdraget er det allerede gitt konsesjon for bygging av et småkraftverk, mens det andre vil forbli upåvirket. Vestlandet ble valgt ut fordi det er en viktig region for småkraftutbyggingen i Norge. I undersøkelsen er det derfor lagt vekt på å gi et så nøyaktig bilde som mulig av lav- og mosefloraen i de to vassdragene. Det er også lagt vekt på å kunne gjenfinne de samme rutene for senere ruteanalyser av lav- og mosefloraen. For å knytte dette opp til overvåking av mulige påvirkningsfaktorer logges vannføringen i begge vassdragene, og i tillegg måles luftfuktighet, lufttemperatur, vanntemperatur og duggpunkttemperaturen for begge vassdragene.

2. Metode

Studieområde

Siden alle aktuelle vassdrag for småkraftutbygging vil ha en betydelig høydegradient, vil det være vanskelig å etablere relevante kontrollområder ovenfor eller nedenfor en påvirket elvestrekning. I prosjektet ble det derfor viktig å ha et kontrollvassdrag som er sammenliknbart med det utbygde vassdraget (lik berggrunn, vegetasjon, eksposisjon, høyde over havet, geografisk nærhet etc.). Å ha et kontrollvassdrag er viktig for overvåkningen av lav, moser og plantesamfunn av kryptogamer fordi virkningen av generelle trender, som for eksempel klimaendringer, da kan sorteres ut.

I 2010 ble det i samarbeid med NVE forsøkt å finne to egnede vassdrag for prosjektet. For å sikre at kontrollvassdraget ikke skulle bygges ut ble det fokusert på å finne et verna vassdrag. Det viste seg imidlertid at det var vanskelig å finne et vassdrag i nærheten av kontrollvassdraget som hadde fått konsesjon, og der byggingen ikke var påbegynt. Sommeren 2010 kom vi fram til at et alternativ var Vangjolo (fått konsesjon, skal bygges ut) sammenliknet med det verna vassdraget Bordalselva (kontroll), begge i Voss kommune i Hordaland. Bordalselva ble kartlagt og klassifisert som naturtypen bekkekløft og bergvegg og vurdert som svært viktig (A-verdi) av Oldervik (2007b). Det viste seg raskt at dette vassdraget ikke kunne brukes fordi det med sine bratte gjel nærmest er utilgjengelig, spesielt når det i dette prosjektet var nødvendig å komme til i selve elvestrengen. Derimot fant vi ut at en av sideelvene ned til Bordalselva, nemlig Roesgrovi, kunne være av interesse, dersom vi sammenliknet øvre del av Vangjolo, rett nedstrøms planlagt inntak.



Figur 1. *Beliggenheten av elvene Vangjolo (utbygd vassdrag) og Roesgrovi (kontrollvassdrag) i Voss kommune, med nedbørfeltene inntegnet. Undersøkelsene ble foretatt innenfor naturtypene bekkekløft og bergvegg merket grønt.*

Seinhøsten 2010 fikk Vangjolo, ved utbygger Fjellkraft AS, konsesjon. På det tidspunktet var det for seint på året til å starte feltarbeid. I tillegg var vannføringen for høy. For å få en endelig bekreftelse på at begge vassdragene kunne benyttes i denne undersøkelsen, var det nødvendig å foreta en befaring til området så snart vårflommene i 2011 var over. Etter befaringer til både Vangjolo og Roesgrovi 22. juni 2011 viste det seg at vassdragene var sammenliknbare. Et mulig unntak var at Roesgrovi er et vassdrag med mindre vannføring. På tross av dette er Roesgrovi og Vangjolo (figur 1) de mest sammenliknbare vi har funnet, og disse to vassdragene ble derfor valgt ut til det videre arbeidet.

I følge utbygger i Vangjolo, Fjellkraft AS, er det uklart når Vangjolo kraftverk kommer til å stå ferdig. Dette vil være avhengig av at kraftverket kan tilkoples linjenettet, som foreløpig ikke er etablert. For dette prosjektet vil dette medføre en førsituasjon som strekker seg mer enn ett år, noe som er positivt for prosjektet fordi vi da får med oss variasjoner i vannføringer mellom ulike år.

Naturgrunnlaget

Vangjolo og Roesgrovi ligger begge i Voss kommune i Hordaland, nærmere bestemt i de lavereliggende fjellområdene i Gråsida. Vangjolo renner ut på sørsiden av Vangsvatnet, mens Roesgrovi renner ut i Bordalen (figur 1). Figur 1 viser også at utbygd vassdrag og kontrollvassdrag ligger omtrent på samme høyde over havet, har

lik eksposisjon og lik berggrunn (figur 2). I det følgende beskrives naturgrunnlaget generelt for begge vassdragene. For videre detaljer henvises til resultatkapittelet.

Geologi

Berggrunnen i begge områdene består av fyllitt og glimmerskifer (figur 2). Dette er relativt myke og noe kalkholdige bergarter som forvitrer lett og avgir en del plantenæringsstoffer. Rett ovenfor de studerte områdene i både Vangjolo og Roesgrovi er det et geologisk skille der områdene videre oppover består av granitt (figur 2), en hard og sur bergart som avgir lite plantenæringsstoffer. Løsmassene i studieområdene består mest av et usammenhengende og tynt morenedekke, men i områdene der selve ruteanalysene er foretatt, er det utelukkende bart fjell. Det er også karakteristisk at harde granittiske steinblokker over tid har gravd seg ned i fyllitten og glimmerskiferen ved at vannet i elva har satt dem i roterende bevegelser. Flere steder er det derfor karakteristiske jettegryter i elva (figur 6).

Klima

Generelt skiller klimaet ved Vossevangen seg fra det typiske vestlandsklimaet ved at området ligger i overgangen mellom det typiske kyst- og innlandsklimaet. Det er kaldere vintre og varmere somre enn det som er vanlig i Hordaland. Til sammenlikning er middeltemperaturen for et år på Voss 2,5 °C lavere enn i Bergen. Om sommeren derimot, gjør skjermingen fra vestaværet at det ofte blir høyere dagtemperaturer. Videre er årsnedbøren flere steder såpass lav som 1250 mm. Mye av nedbøren faller som snø på vinterstid. Lite nedbør ved Vossabygda skyldes at området ligger i regnskyggen bak fjellene og er godt skjermet mot vestaværet (Helland-Hansen 2004, Moe 2005). Studieområdet derimot, som ligger i skogsområdene ned mot Vossevangen, er preget av relativt mye nedbør, men med noe kaldere vintre enn ved kysten. Årsnedbøren ligger på mellom 2000 og 3000 mm, men kan i de høyereliggende delene av studieområdet ligge opp mot 4000 mm i året (www.senorge.no). Middeltemperaturen i studieområdet ligger i snitt på mellom 4 ˚C til 6 ˚C. Det er stabilt snødekke om vinteren.

Figur 2. *Berggrunnen i studieområdet. Grønt indikerer områder med fyllitt og glimmerskifer og rødt indikerer områder med granitt. Fra www.ngu.no/kart/arealis/.*

Vegetasjonssoner og vegetasjonsseksjoner

Klimaet er i stor grad styrende for både vegetasjonen og dyrelivet og varierer mye både fra sør til nord og fra vest til øst i Norge. Denne variasjonen er avgjørende for inndelingen i vegetasjonssoner og vegetasjonsseksjoner (Dahl 1998). Studieområdene ligger i den mellomboreale vegetasjonssonen (se Moen 1998), en sone dominert av barskoger. Lavurtutforminger, gråor-heggeskoger samt en del varmekjære samfunn har sin høydegrense i denne sonen. Vegetasjonssoner gjenspeiler hovedsakelig forskjeller i temperatur, spesielt sommertemperatur, mens vegetasjonsseksjoner henger sammen med oseanitet der fuktighet og vintertemperatur er de viktigste klimatiske faktorene. I Moen (1998) går grensen mellom den klart oseaniske og den svakt oseaniske seksjonen ved vestsiden av Vangsvatnet. Influensområdet ligger derfor innenfor den svakt oseaniske seksjonen hvor det ofte finnes mer varmekjære og østlige arter (se Moen 1998).

Ruteanalyser

Eksisterende forundersøkelser av biologisk mangfold i forbindelse med små kraft-utbygginger er alle kvalitative og dermed ikke egnet som utgangspunkt for opp-følging. I dette prosjektet er alle registreringene utført kvantitativt. I tillegg er det viktig å ta hensyn til at lav og moser vokser sent og at det derfor er viktig med overvåking av virkningene av påvirkningsfaktorene fra slike tiltak over en betydelig

tidsperiode. Det ble derfor utført 20 ruteanalyser fra ulike steder i det utbygde vassdraget og 20 ruteanalyser i kontrollvassdraget. Koordinatene for hver av disse er gitt i tabell 1.

Tabell 1. *Geografiske koordinater (UTM_{WGS84}) for analyserutene i utbygd vassdrag (Vangjolo) og kontrollvassdrag (Roesgrovi).*

Rute nr.	Utbygd vassdrag Vangjolo	Kontroll Roesgrovi
1	32 V 355447 6719749	32 V 359037 6719522
2	32 V 355462 6719768	32 V 359055 6719544
3	32 V 355498 6719790	32 V 359058 6719557
4	32 V 355569 6719887	32 V 359058 6719557
5	32 V 355600 6719884	32 V 359078 6719565
6	32 V 355619 6719909	32 V 359096 6719592
7	32 V 355615 6719912	32 V 359094 6719596
8	32 V 355643 6719934	32 V 359094 6719596
9	32 V 355643 6719934	32 V 359094 6719596
10	32 V 355643 6719934	32 V 359115 6719605
11	32 V 355553 6719852	32 V 359125 6719632
12	32 V 355671 6719969	32 V 359135 6719630
13	32 V 355671 6719969	32 V 359163 6719646
14	32 V 355671 6719969	32 V 359163 6719646
15	32 V 355731 6720010	32 V 359173 6719648
16	32 V 355731 6720010	32 V 359179 6719658
17	32 V 355768 6720081	32 V 359182 6719704
18	32 V 355768 6720081	32 V 359182 6719704
19	32 V 355768 6720081	32 V 359175 6719714
20	32 V 355796 6720134	32 V 359175 6719714

En hovedrute som vist i figur 3 består av 25 ruter, hver på 5 cm × 5 cm. I felt ble det montert fastskrudde bolter i fjell (figur 3), og analyseruten ble for det meste lagt slik at hjørnet nede til høyre på analyseruten ble plassert på bolten. Ruten ble videre orientert slik at den lå omtrent parallelt med elva. I tilfeller der det var mistanke om usikkerhet, ble det boret et nytt hull som lå omtrent diagonalt med den fastskrudde bolten. Hver av analyserutene ble også koordinatfestet ved hjelp av GPS, slik at et fast stasjonsnett kan bli fulgt opp årlig. For lettere å gjenfinne analyserutene ved eventuelle oppfølgende undersøkelser, ble terrenget rundt fotodokumentert ved å få med et kjent landemerke på bildet (figur 3). Dekningene av de ulike artene ble estimert ved å angi alle smårutene i hver analyserute de ble registrert i. Dekningen for de ulike artene er derfor oppgitt i en skala fra 1 til 25.

De registrerte lav- og mosearter ble for det meste bestemt *in situ*. Mange ble også samlet inn for bestemmelse (mikroskopundersøkelser), men da ble det prioritert å samle tilsvarende art fra arealene rett utenfor analyseruten. Dersom dette ikke var mulig, ble det samlet inn fragmenter av arten fra smårutene. I tillegg ble det samlet inn individer av arter som kunne bestemmes *in situ* for dokumentasjon. Innsamlete prøver ble bestemt ved hjelp av stereolupe og mikroskop.

Figur 3. *Venstre: Hver analyserute (rød pil) er koordinatfestet med GPS og beliggenhet fotodokumentert ved å få med et kjent landemerke på bildet. Høyre: Fastskrudd bolt med analyserute der den ene hjørnet legges på bolten og blir orientert slik at den ligger parallelt med elva.*

Statistiske analyser

For å gi en oversikt over hvordan artene fordeler seg i analyserutene for de to undersøkte vassdragene, ble artssammensetningen undersøkt ved hjelp av en *Detrended Correspondence Analysis*, DCA (Hill og Gauch 1980). Denne multivariate analysen vil identifisere akser med størst variabilitet i artskomposisjon, og ruter vil plasseres i slike plan etter artssammensetningen. Dersom vassdragene har liknende artssammensetning, vil de observerte rutene i stor grad overlappe. Analysene er utført ved hjelp av CANOCO versjon 4 for Windows (ter Braak & Šmilauer 1998). Det ble brukt standard valg i analysen. Videre ble det testet om det fantes statistiske forskjeller mellom elvene med hensyn til:

1. Antall arter i rutene via generelle lineære modeller (GLM)
2. Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet via lineær modell (LM). Disse analysene ble utført i programmet R (R Development Core Team 2011).

Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet

For å dokumentere eventuelle endringer i fuktighetsforholdene til vegetasjonen langs de to vassdragene etter utbygging har vi beregnet rutenes gjennomsnitts indikator-verdi for fuktighet. Ulike planter vokser under ulike fuktighetsforhold. Ellenberg Indikator Verdien for fuktighet (F) indikerer fuktighetsgraden de ulike artene

vanligvis vokser i (Hill mfl. 1999, 2007). Skalaen går fra 1 til 12, der 1 indikerer ekstremt tørt og 12 indikerer høyeste fuktighet, dvs. vokser hovedsakelig under vann. Det eksisterer Ellenberg Indikator Verdier for karplanter (Hill mfl. 1999) og for blad- og levermoser (Hill mfl. 2007). I denne beregningen er verdien som er gitt for De britiske øyer brukt, ettersom den er mest lik forholdene i elvene på Voss (Vedlegg 1).

I hver undersøkte analyserute er det beregnet en gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet ($\overline{\mu}$). Arter uten Ellenberg verdi er ikke tatt med i beregningen. Gjennomsnitts Ellenberg verdi for fuktighet ($\overline{\mu}$) i hver analyserute er beregnet via et vektet snitt, med vekter gitt av frekvensen til artene i analyseruten (w = artsfrekvens i en rute, y = Ellenberg Indikator Verdi, i = 1, 2,……, n = antall arter):

$$\overline{\mu} = \frac{\sum_{i=1}^{n} w_i y_i}{\sum_{i=1}^{n} w_i}$$

Etter utbygging kan en på ny beregne gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet ($\overline{\mu}$) for hver rute i begge vassdragene og dermed få en indikasjon på om vegetasjonen har endret seg pga. endrede fuktighetsforhold.

Hydrologi

I tilknytning til begge feltene gjennomføres det nå målinger med automatiske loggere. Målingene startet opp 1. september 2011. Vannstanden og vanntemperaturen registreres én gang pr. time. For å etablere vannføringskurver for de to målestedene gjennomføres det i tillegg vannføringsmålinger. Basert på gjennomførte vannførings-målinger er det etablert foreløpige vannføringskurver for stedene. Med utgangspunkt i vannføringskurvene er vannstandene regnet om til vannføring. Det må presiseres at de etablerte vannføringskurvene er noe usikre pga. få målinger. Flere målinger vil bli gjennomført for å øke nøyaktigheten i kurvene og dermed nøyaktigheten i vann-føringsdataene.

I tillegg til egne målinger er det også benyttet data som er stilt til disposisjon av Fjellkraft AS. I forbindelse med planene om bygging av småkraftverk i Vangjolo gjennomfører Fjellkraft AS vannføringsmålinger i nedre deler av Vangjolo. Disse målingene er sammenliknet med data fra loggeren i forsøksfeltet i Vangjolo. Ved hjelp av disse dataene har det vært mulig å forlenge dataserien for forsøksfeltet i Vangjolo. Dataserien for Roesgrovi er ikke forlenget.

For å si noe om de meteorologiske forholdene i området er det benyttet data fra målestasjoner hos Meteorologisk institutt (basen E-klima).

Målinger av lokalklima

Det er flere abiotiske faktorer som kan endre seg etter en utbygging, og det er derfor viktig å få avklart hvordan disse kan være med på å endre mikroklimaet for moser og lav. Disse artsgruppene har ikke rotsystemer og det forventes derfor at de er spesielt utsatt for langvarig endring av fuktighetsforhold. Fuktigheten langs vassdraget bestemmes ikke kun av vannføringen i elva, men også temperatur og solinnstråling er viktig, i tillegg til selve topografien og eksposisjonsforholdene. For å fange opp de lokalklimatiske forholdene ble det satt ut 10 målere/loggere som registrerer luft-temperatur, luftfuktighet og duggpunkttemperatur hver time. 5 av disse ble plassert i Vangjolo og 5 ble plassert i Roesgrovi. Loggerne er av typen EL-USB-2+ fra LascarElectronics Inc (figur 4). Disse ble enten festet til skruer boret fast i fjell (figur 4) eller til greiner på trær.

Figur 4. *Loggerne av typen EL-USB-2+ fra LascarElectronics Inc for målinger av lufttemperatur, luftfuktighet og duggpunkt-temperatur festet til skruer boret fast i fjell.*

3. Materiale

Alle innsamlingene av moser og lav er belagt ved De Naturhistoriske samlinger, Universitetet i Bergen.

4. Nomenklatur

Navnsettingen på artene følger Artsnavnebasen til Artsdatabanken (www.artsdatabanken.no), med unntak av *Hydropunctaria aethiobola* som følger Gueidan mfl. (2009). Første gang en art er nevnt i teksten står både norsk og vitenskapelig navn, deretter kun det norske navnet. De fleste skorpelav har ikke norske navn. Navnsettingen på vegetasjonstyper følger Fremstad (1997).

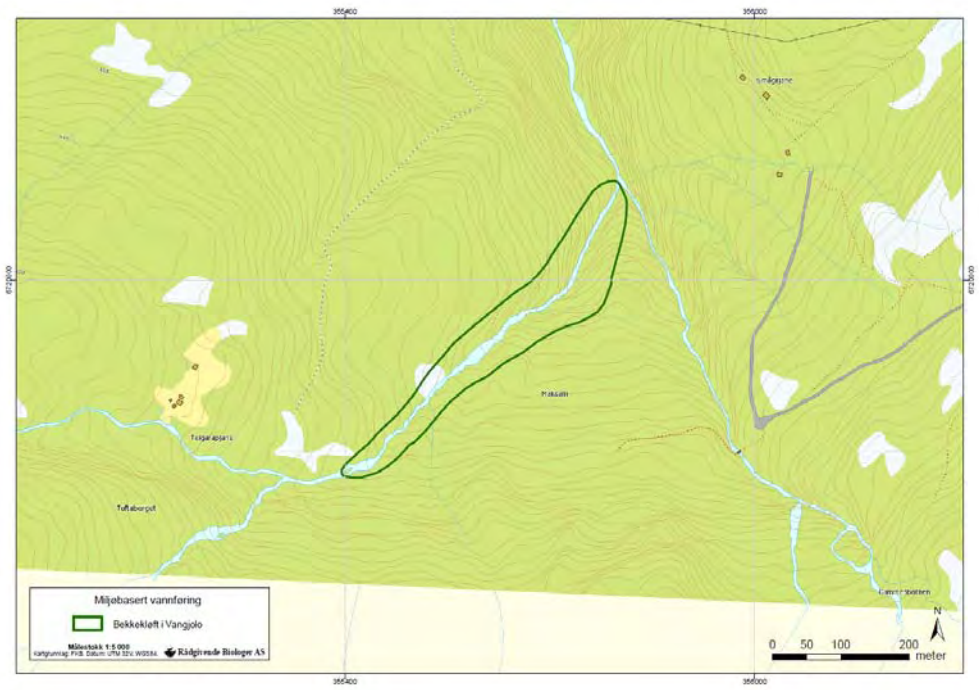
5. Resultater

I det følgende presenteres resultatene fra undersøkelsene ved å dele dem opp i temaene naturtyper, lav- og moseflora, Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet, hydrologi og lokalklima.

Naturtyper

Vangjolo

I Vangjolo er det beskrevet og avgrenset et område med naturtypen bekkekløft og bergvegg (F09) basert på feltarbeid utført av Per G. Ihlen 22. juni og 11. og 12. august 2011. Den avgrensa bekkekløften (figur 5) ligger sør for et sidevassdrag til hovedelva Vangjolo og strekker seg fra samløpet omtrent ved høydekote 390 m og opp til høydekote 535 m. Bekkekløften går nedenfor her over i en annen bekkekløft beskrevet av Oldervik (2007a). Denne strekker seg omtrent helt ned til utløpet i Vangsvatnet (47 moh.). Oldervik (2007a) avgrenset også en gammel løvskog (F07) på nordsiden og en gammel barskog (F08), utforming furuskog, på sørsiden. Begge naturtypene (med C-verdi), beskrevet av Oldervik (2007a), vender ned mot denne sideelva som her er kartlagt som en bekkekløft og som de nevnte naturtypene delvis overlapper med.



Figur 5. *Geografisk avgrensing av naturtypen bekkekløft og bergvegg i Vangjolo.*

Berggrunnen i naturtypen består av fyllitt og glimmerskifer. I bunnen av bekkekløften er det flere til dels store granittiske steinblokker som trolig har kommet fra områdene ovenfor bekkekløften. Disse steinblokkene er årsaken til at det flere steder i bekkekløften er dannet karakteristiske jettegryter (figur 6). I nedre halvdel av den avgrensa

bekkekløften er det flere til dels store og bratte bergvegger og enkelte steder med tydelige gjel (figur 6). Øvre del er mer åpen (figur 6). De aller nederste delene av bekkekløften er utsatt for ras. Disse områdene har også noe sigevannspåvirkning og her er forholdene noe rikere. Løsmassene i bekkekløften består mest av et tynt morenedekke over berggrunnen, mens områdene nær elvestrengen for det meste består av bart fjell.

Naturtypen er bekkekløft og bergvegg, utforming bekkekløft (F0901). I øvre deler består bekkekløften av fattige vegetasjonstyper (figur 6) som røsslyng-blokkebær-furuskog (A3), dominert av furu (*Pinus sylvestris*) og bjørk (*Betula pubescens*) på noe næringsfattig og litt fuktig jord og grasdominert fattigskog (A7), også med dominans av furu i tresjiktet på mer fuktig og skrånende grunn i overgangen til myrområdene. Myrområdene finnes mest på små arealer innimellom de nevnte vegetasjonstypene og kan best klassifiseres som fattige fastmattemyrer (K3). I områdene ned mot elvestrengen overtar blåbærskoger (A4), mest med furu og bjørk i tresjiktet. Noe småbregneskog (A5) finnes også. I nedre del av bekkekløften er det fortsatt mye blåbærmark, men her dominerer småbregneskogene i lisidene ned mot elva (figur 6). I tresjiktet er det også mye osp (*Populus tremula*) og rogn (*Sorbus aucuparia*) i denne delen av bekkekløften (figur 6).

Artsmangfold: I røsslyng-blokkebærfuruskogen dominerer røsslyng (*Calluna vulgaris*), blokkebær (*Vaccinium uliginosum*), blåbær (*Vaccinium myrtillus*), krekling (*Empetrum nigrum*) og tyttebær (*Vaccinium vitis-idaea*) i feltsjiktet, mens det i områdene med blåbærskog kommer inn smyle (*Avenella flexuosa*), skrubbær (*Chamaepericlymenum suecicum*) og skogstjerne (*Trientalis europaea*) i feltsjiktet. I områdene med grasdominert fattigskog finnes en del blåtopp (*Molinia caerulea*). Av arter fra bunnsjiktet i disse vegetasjonstypene kan nevnes svartfotreinlav (*Cladonia stygia*), grå reinlav (*Cladonia rangiferina*), etasjemose (*Hylocomium splendens*), furumose (*Pleurozium schreberi*), fjærmose (*Ptilium crista-castrensis*) og kystkransmose (*Rhytidiadelphus loreus*). Omtrent fra høydekote 450 m og ned til bekkekløftens nedre del, er det mest blåbærskog i de høyestliggende delene av liene, mens småbregneskoger med hengeving (*Phegopteris connectilis*), fugletelg (*Gymnocarpium dryopteris*) og bjønnkam (*Blechnum spicant*) dominerer i områdene nærmest elvas nordside. På sørsiden er det for det meste blåbærskog med furu i tre-sjiktet.

Epifyttfloraen i bekkekløften er samlet sett relativ fattig på furu og bjørk. På disse substratene finnes mest vanlige arter som vanlig kvistlav (*Hypogymnia physodes*), grå fargelav (*Parmelia saxatilis*) og vanlig papirlav (*Platismatia glauca*) etc. På osp (figur 6) i bekkekløftens nedre deler derimot, er epifyttfloraen rikere med arter som for eksempel vanlig blåfiltlav (*Degelia plumbea*), lungenever (*Lobaria pulmonaria*), skrubbenever (*Lobaria scrobiculata*) og stiftfiltlav (*Parmeliella triptophylla*). På rogn (figur 6) i de lavereliggende områdene ned mot elva ble det registrert arter som barkravnlav (*Lopadium disciforme*), kystfiltlav (*Pannaria rubiginosa*) og den rødlista arten skorpefiltlav (*Fuscopannaria ignobilis*, NT). For artssammensetningen av kryptogamer langs, og delvis nedsenket i elva, henvises til eget kapittel om lav- og

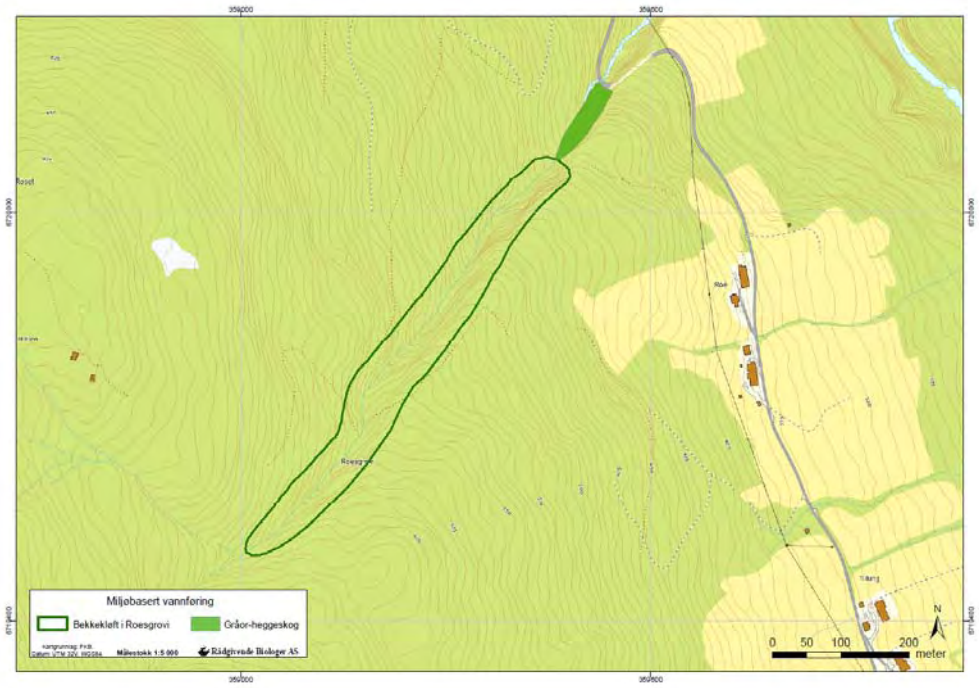
mosefloraen. Her nevnes bare de store forekomstene av kystkolve (*Pilophorus strumaticus*) som ble observert rett nedstrøms planlagt inntak, fordi arten ikke ble registrert i analyserutene.

Figur 6. *Bekkekløft og bergvegg i Vangjolo. Furuskog på blåbærmark (øverst til venstre), småbregneskog (øverst til høyre), vertikale bergvegger med jettegryter i elva (nede til venstre) og områder med osp og rogn med skorpefiltlav (nede til høyre).*

Bortsett fra enkelte spor etter hogst og beite, er bekkekløften intakt. Ingen fremmede arter ble registrert i naturtypen. På bakgrunn av en relativ rik kryptogamflora, der en art (skorpefiltlav) er rødlistet som ”nær truet” (Kålås mfl. 2010), flere vegetasjonstyper og liten påvirkning, verdisettes naturtypen som viktig (B-verdi).

Roesgrovi

Også i Roesgrovi ble det kartlagt og avgrenset (figur 7) et område med naturtypen bekkekløft og bergvegg (F09). Dette er basert på feltarbeid utført av Per G. Ihlen 22. juni og Per G. Ihlen og Torbjørg Bjelland 13. og 18. august 2011. Bekkekløftens øvre grense er satt rett nedstrøms samløpet, ved høydekote 600 m. Den strekker seg ned til den øvre grensen for naturtypen gråor-heggeskog (F05), omtrent ved høydekote 400 m, kartlagt av Moe (2005) og vurdert som lokalt viktig (C-verdi).



Figur 7. *Geografisk avgrensing av naturtypen bekkekløft og bergvegg i Roesgrovi.*

Berggrunnen består også her av fyllitt og glimmerskifer. Bergartene finnes både som fast berg og som steinblokker i elva. I tillegg finnes spredte, små til store granittiske steinblokker i elveløpet (figur 8). Bare enkelte steder har disse steinblokkene gravd ut små jettegryter i elva. Bekkekløften skifter fra både mer åpne områder til områder med bratte lisider og vertikale bergvegger (figur 8). Typiske gjel mangler her. Løsmassene i bekkekløften består mest av et tynt morenedekke som er synlig helt ned til elvestrengen. Større sammenhengende områder med bart fjell er fraværende.

Naturtypen er bekkekløft og bergvegg, utforming bekkekløft (F09). Bekkekløften domineres av blåbærskoger (A4), mest med bjørk og delvis noe furu i tresjiktet

(figur 8). En og annen gråor (*Alnus incana*), rogn og selje (*Salix caprea*) finnes også nær elvestrengen. Innimellom er det noe småbregneskog (A5), som enkelte steder delvis sammenfaller med storbregneskoger (C1). Disse opptrer på lokalt noe fuktigere områder ned mot elvestrengen.

Figur 8. *Bekkekløft og bergvegg i Roesgrovi. Blåbærskog og noe småbregneskog (øverst), plantefelt rett oppstrøms stien som krysser elva (nede til venstre) og bergvegger (nede til høyre).*

Artsmangfold: Av arter fra blåbærskogene kan nevnes blokkebær, blåbær, smyle, skrubbær og skogstjerne i feltsjiktet og etasjemose, fjærmose og kystkransmose i

bunnsjiktet. I områdene med småbregneskoger finnes hengeving, fugletelg og bjønnkam. Av arter på storbregnemark ble skogburkne (*Athyrium filix-femina*) og strutseving (*Matteuccia struthiopteris*) registrert. Epifyttfloraen på bjørk er fattig med arter som vanlig kvistlav, grå fargelav og vanlig papirlav etc. På de andre treslagene ble det ikke observert noen spesiell epifyttflora. For lav- og mosefloraen langs og delvis nedsenket i elva henvises til eget kapittel nedenfor.

Bekkekløften er påvirket av et granplantefelt som strekker seg helt ned til elvestrengen rett oppstrøms stien som krysser elva. Noe beite og plukkhogst ser ut til å foregå, men dette påvirker ikke helheten i bekkekløften. I tillegg krysser en tursti nedre del av bekkekløften. Ingen fremmede arter ble registrert i naturtypen. På bakgrunn av en relativ rik kryptogamflora og at bekkekløften stort sett er intakt, verdisettes naturtypen som viktig (B-verdi).

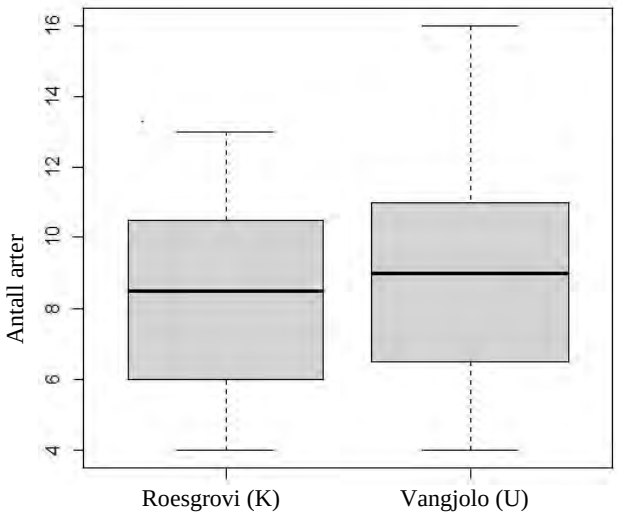
Lav- og mosefloraen

Generelt

I omtalen av de to undersøkte elvene nedenfor, tilsvarer ”K” Roesgrovi (kontroll) og ”U” Vangjolo (utbygd vassdrag). Et utvalg av artene registrert i ruteanalysene, og som viser noe ulike krav til fuktighet, er gitt i figur 16. Det ble registrert 66 arter totalt for Roesgrovi (kontroll) og Vangjolo (utbygd). Disse fordeler seg på 32 mosearter (blad- og levermoser samlet), 29 lavarter (inkludert 2 ubestemte) og 5 karplanter (Vedlegg 1). Rutene domineres generelt av mosevegetasjon (figur 12 og figur 13). I gjennomsnitt er det moser i 22 av de 25 smårutene pr. analyserute, mens det er mindre dekning av lav; i gjennomsnitt 11 av 25 småruter. Karplanter forekommer kun sporadisk i rutene (i gjennomsnitt 0,4 av 25 småruter).

Resultatene av artssammensetningene i analyserutene er sammenfattet i tabell 2 og tabell 3. Mattehutre (*Marsupella emarginata*) er den arten som forekommer i flest analyseruter både i Vangjolo (14 av 20 analyseruter) og i Roesgrovi (16 av 20 analyseruter). Av andre arter som ofte forekommer i analyserutene i begge elvene er rødmesigmose (*Blindia acuta*), knippegråmose (*Racomitrium fasciculare*), elvetrappemose (*Nardia compressa*, figur 16), bekketvebladmose (*Scapania undulata*), *Ionaspis lacustris* og bekkekartlav (*Rhizocarpon lavatum*). Av de 66 registrerte artene forekommer 22 (~33 %) av disse kun i én av de totalt 40 rutene i Roesgrovi og Vangjolo.

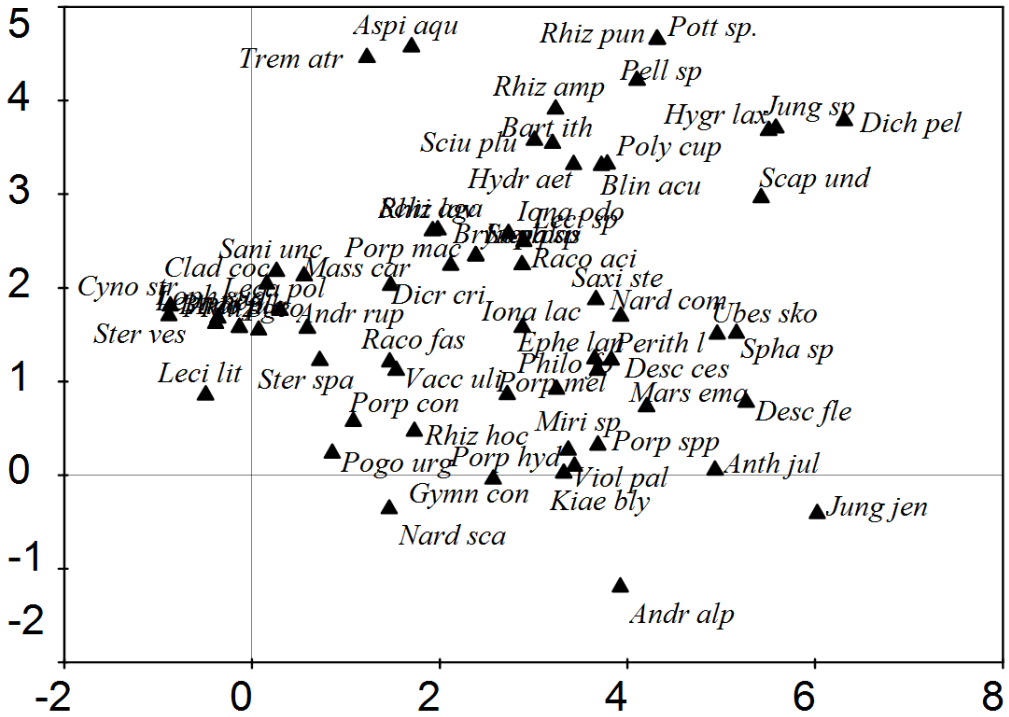
Gjennomsnitts antall arter pr. rute i elvene er 8,75. For Roesgrovi er det i gjennomsnitt 8,2 arter pr. rute (K1-K20), mens det er 9,3 for Vangjolo (U1-U20). Det er ikke signifikant forskjell i antall arter pr. rute for de to elvene (p=0,2835, figur 9).



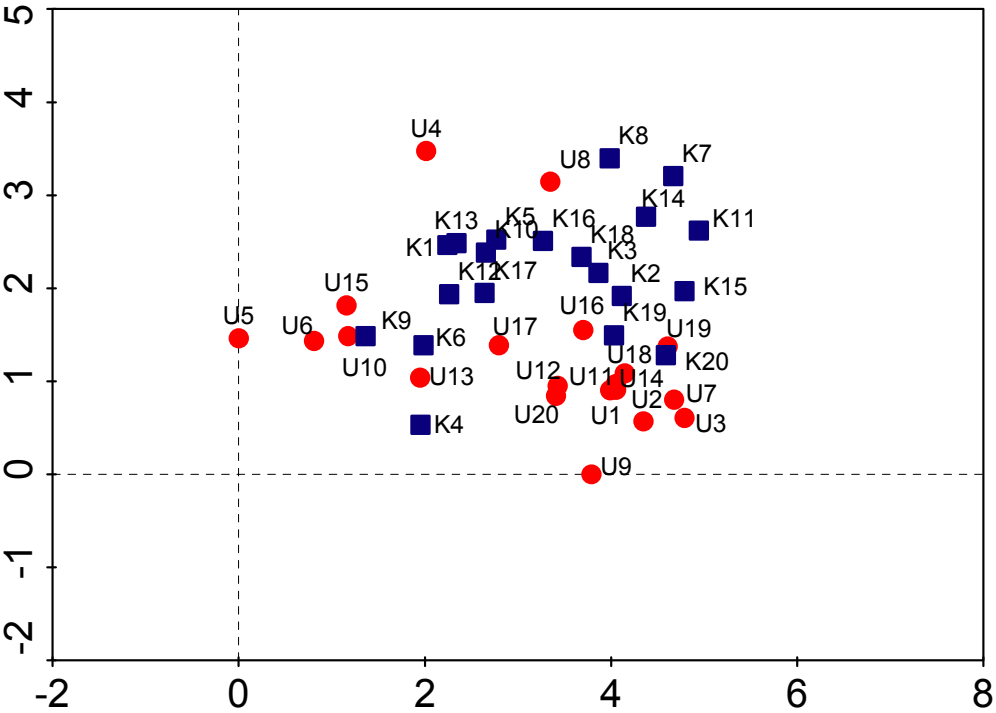
Figur 9. *Box plot av antall arter pr. rute ved Roesgrovi (K) og Vangjolo (U), med verdier for minimum, 1st kvartil, median, 3 kvartil og maksimum.*

I figur 10 er det gjengitt en ordinasjon av alle arter langs DCA akse 1 (horisontal) og DCA akse 2 (vertikal). I denne ordinasjonen er artssammensetningen for begge elvene samlet analysert. DCA resultatene viser at DCA aksenes egenverdi er større enn 0,6. Dette indikerer en god spredning i artsdataene og en assosiasjon med lange og sterke gradienter. De to første aksene i figur 10 forklarer henholdsvis 10,8 og 7,3 % av artsdataene. Det indikerer at mesteparten av informasjonen i artsdataene ligger langs den første aksen. 27,2 % av artsvariasjonen forklares langs de fire første aksene. I midtre del av diagrammet (figur 10) finnes vanlige arter som er representert i de fleste rutene, som for eksempel knippegråmose, *Ionaspis lacustris* og elvetrappe-mose. Artene som er i motsatt ende av aksene forekommer sjelden i samme rute (figur 10). På samme måte her vil analyseruter i motsatt ende vanligvis ikke ha felles arter i inventaret.

Den samme ordinasjonen er også vist i figur 11, men med alle ruter på DCA akse 1 (horisontal) og DCA akse 2 (vertikal). Figur 11 viser at artssammensetningen i de to undersøkte elvene overlapper. Det er litt større spredning på rutene som tilhører Vangjolo (U) langs DCA akse 1 og DCA akse 2 enn rutene som tilhører Roesgrovi (K). Disse indikerer at det muligens er en litt større variabilitet i artsvariasjonen mellom rutene i Vangjolo enn de i Roesgrovi.



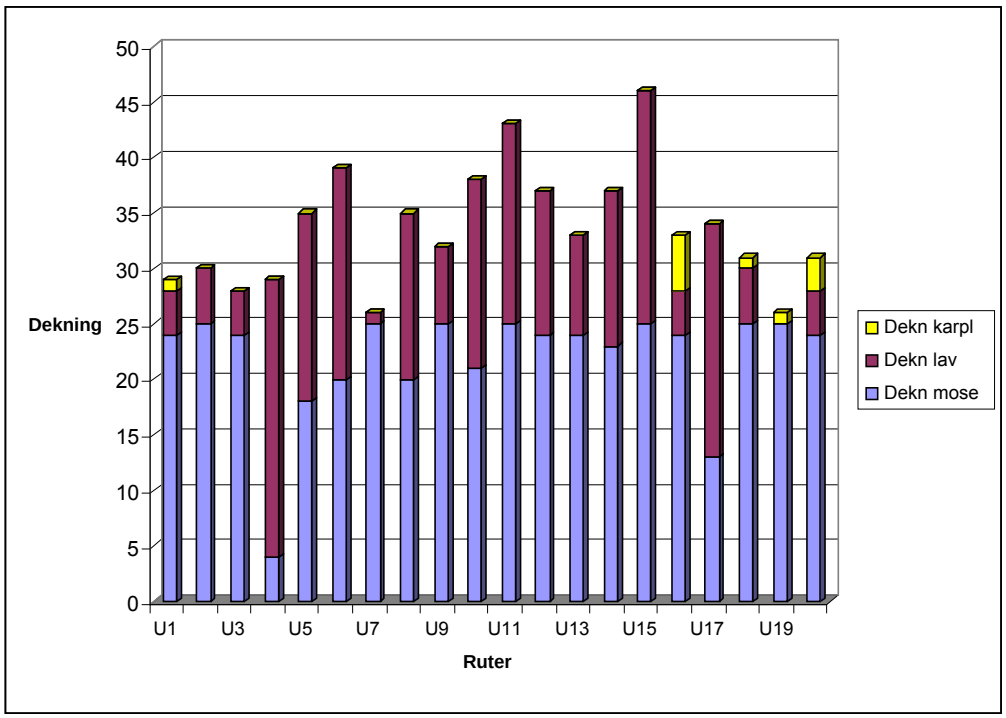
Figur 10. *Ordinasjon av alle arter langs DCA akse 1 (horisontal) og DCA akse 2 (vertikal). Forkortelser av artsnavn er forklart i vedlegg 1.*



Figur 11. *Ordinasjon av alle ruter på DCA akse 1 (horisontal) og DCA akse 2 (vertikal). K= ruter i Roesgrovi (blå) og U= ruter i Vangjolo (rød).*

Vangjolo (utbygd vassdrag)

Av kryptogamer langs, og delvis nedsenket i elva, ble det i analyserutene registrert totalt 49 arter i Vangjolo. Av disse var det 23 blad- og levermoser, 24 lavarter og 2 karplanter. Rutene domineres generelt av mosevegetasjon (figur 12). Lav har kun større dekning enn blad- og levermoser i 2 av rutene. I gjennomsnitt er det moser i 22 av de 25 smårutene pr. analyserute. For lav er dekningen mindre. I gjennomsnitt opptrer lav i 11 av 25 småruter. Karplanter forekommer kun sporadisk i rutene (i gjennomsnitt 0,6 av 25 småruter).



Figur 12. *Dekningsforholdet (antall småruter) mellom blad- og levermoser, lav og karplanter pr. rute i Vangjolo.*

De 10 artene som forekommer i flest analyseruter i Vangjolo er mattehutre (14 av 20 analyseruter), bekkekartlav (13), ranksnømose (*Anthelia julacea*, 11), rødmesigmose (11), knippegråmose (10), *Rhizcarpon hochstetteri* (9), *Ionaspis lacustris* (8), elvetrappemose (8), bekketvebladmose (7) og rabbeåmemose (*Gymnomitrion concinnatum*, 6). Disse forekomstene og forekomstene til de andre artene er sammenfattet i tabell 2. Av de 49 registrerte artene i Vangjolo forekommer 15 (~31 %) av disse kun i én av de 20 rutene.

Mattehutre er den arten som har størst dekning totalt i Vangjolo (234 av 500 småruter), deretter kommer ranksnømose (170), knippegråmose (113) og elvetrappemose (100). Det er 8 arter som bare forekommer i én av de 20 rutene og har en dekning i denne ruta som er maksimalt 4 % (dvs. forekommer i én av de totalt 500 smårutene i Vangjolo).

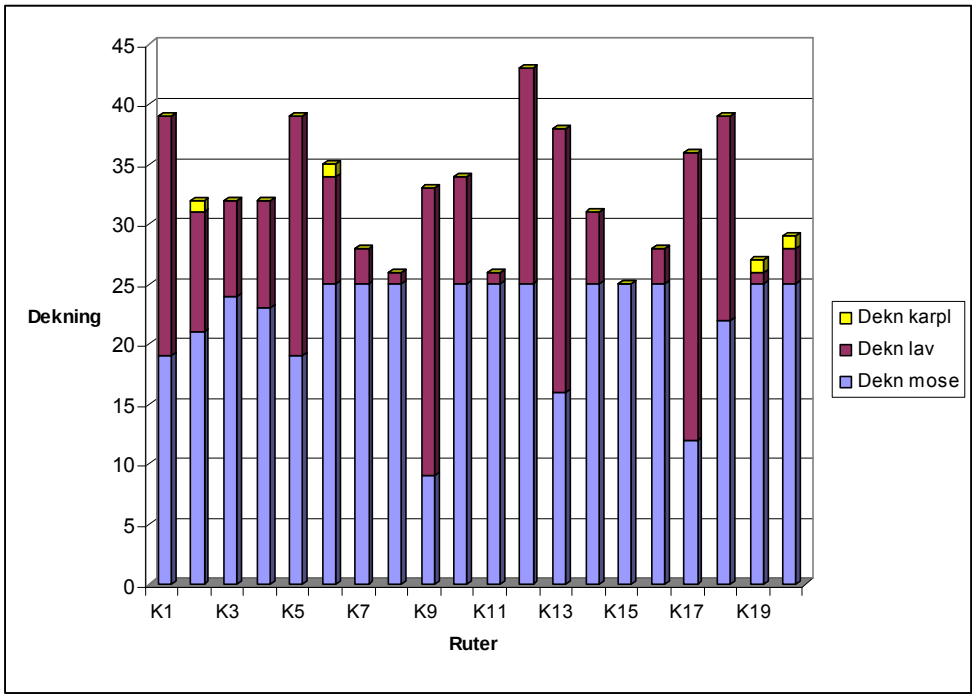
Tabell 2. *Resultater fra analyserutene i Vangjolo. Mengden er gitt ut fra hvor mange av de 25 smårutene arten forekommer i. Forkortelser er forklart i vedlegg 1.*

	Vangjolo																			
	U 1	U 2	U 3	U 4	U 5	U 6	U 7	U 8	U 9	U 10	U 11	U 12	U 13	U 14	U 15	U 16	U 17	U 18	U 19	U 20
Mars ema	14	25	14				25		19		17	14	1	20		23	5	24	13	20
Rhiz lav				20	2	1		3	2	5		5	4	5	9	3	3			1
Anth jul	15	10	7				25		13		18	13		20				17	21	11
Blin acu	1		1	4			1	20			6	3	8	4			2			1
Raco fas					13	15			3	18		4	10		24	10	7			9
Rhiz hoc	4		3		1	6							1	1	1	1	1			
Nard com	17		1								5	7				15		20	23	12
Iona lac	1							3	3		3	3	4			1	17			
Scap und		1	6				8									8		5	18	1
Gymn con					1	3			8			15	15							10
Porp spp		5							1	2	5							1		1
Andr rup	1					8				12			4		12					
Desc ces																5		1	1	2
Porp cont					1				1	2										1
Dicr cri						1				1					10			2		
Ephe lan								2	1		17	9								
Rhiz amp				2				7				1		1						
Porp hyd			2														6	4		
Raco aci													1				1	6		
Porp mel										2				7	1					
Cyno str					16					1					3					
Ster spa						5				2		2								
Aspi aqu				11				1		1										
Rhiz geo					1	1				7										
Philo fon											5									8
Loph sud					18															3
Porp mac												1					2			
Mass car						11									14					
Clad coc						1									3					
Pogo urg					7								18							
Ster ves					14	5														
Leca pol					4	4														
Lepr neg					1	3														
Trem atr				5	1															
Kiae bly																				3
Perith lav																				1
Viol pal																				1
Pell sp																3				
Saxi ste																1				
Sciu plu															3					
Sani unc															1					
Miri sp												2								
Andr alp									25											
Ubes sko							1													
Arct ful						1														
Baeo pla						1														
Leci lit					7															
Jung jen			14																	
Aven fle	1																			

Av arter som opptrer mer spredt, kan nevnes bergsotmose (*Andreaea rupestris*), *Ephebe lanata*, *Lecidea lithophila* (figur 16), *Porpidia contraponenda* (figur 16), buttgråmose (*Racomitrium aciculare*) og *Rhizocarpon amphibium*. Av arter med få funn, men som er av mer biogeografisk interesse, kan nevnes faksjøkelmose (*Arctoa fulvella*, figur 16), *Aspicilia aquatica*, som her rapporteres som ny for Hordaland (Santesson mfl. 2004) og *Tremolecia atrata*. Funnet av kystsotmose (*Andreaea alpina*), med sub-oseanisk utbredelse, i samtlige småruter i analyserute U9 er også verdt å merke seg.

Roesgrovi (kontroll)

Langs, og delvis nedsenket i elva, ble det registrert totalt 47 arter i analyserutene i Roesgrovi. Disse fordeler seg på 27 blad- og levermoser, 19 lavarter og 1 karplante. Rutene domineres generelt av mosevegetasjon (figur 13). Figur 13 viser også at lav kun har større dekning enn blad- og levermoser i 5 av analyserutene. I gjennomsnitt er det moser i 22 av de 25 smårutene pr. rute, mens det er mindre dekning av lav; i gjennomsnitt 10 av 25 småruter. Karplanter forekommer kun sporadisk i rutene (i gjennomsnitt 0,2 av 25 småruter).



Figur 13. *Dekningsforholdet (antall småruter) mellom blad- og levermoser, lav og karplanter pr. rute i Roesgrovi.*

Hvordan de ulike artene opptrer i analyserutene er sammenfattet i tabell 3. De 10 artene som forekommer i flest analyseruter i Roesgrovi er mattehutre (i 16 av 20 analyseruter), rødmesigmose (15), *Ionaspis lacustris* (12), knippegråmose (10), bekketvebladmose (10), bekkekartlav (9), buttgråmose (8), *Hydropunctaria*

aethiobola (7), elvetrappemose (6) og bekkelundmose (*Sciuro-hypnum plumosum*, 6). Av de registrerte artene forekommer 21 (~45 %) av disse kun i én av de 20 rutene.

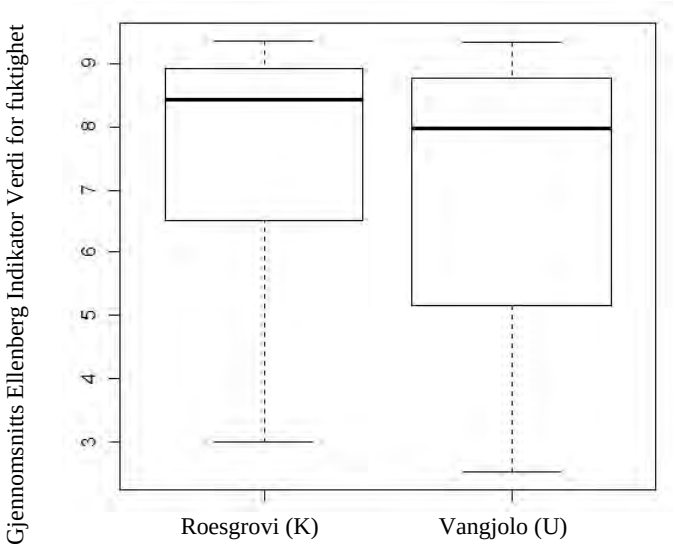
Tabell 3. *Resultater fra analyserutene i Roesgrovi. Mengden er gitt ut fra hvor mange av de 25 smårutene arten forekommer i. Forkortelser er forklart i vedlegg 1.*

	Roesgrovi																			
	K 1	K 2	K 3	K 4	K 5	K 6	K 7	K 8	K 9	K 10	K 11	K 12	K 13	K 14	K 15	K 16	K 17	K 18	K 19	K 20
Mars ema		15	11	14	2	2		5	2	2	9			6	22	4	2	8	25	21
Blin acu	1	7	3		13	2	24	6	1		6	2		23	1			18	10	5
Iona lac	9	10			9	8		1			1	11	1				21	10	1	3
Scap und		13	13				24	13			25			25	23	5		7		13
Raco fas	5	1		17	1	25			4	11		20	6			3				
Rhiz lav	13				11	1			9	1		15	19				16	6		
Raco aci			16		3			4		6		18	8			1	12			
Sciu plu	14		7		4			25		25			6			25				
Hydr aet					6		3				1		5	6				3	1	
Nard com								10	1	8						20		3	19	
Philo fon				7						4				5	2				2	
Ephe lan			8		1	3												4		
Dicr cri	1			1	4											1				
Andr rup	1				1	4			1											
Porp mac	6				7				2											
Porp cont				6		1			12											
Anth jul																			2	17
Aven fle																			1	1
Porp spp			1															1		
Leca pol									14							2				
Leci sp																1	1			
Porp mel													2				4			
Jung sp								2							3					
Dich pel							5				4									
Mass car	4									4										
Rhiz hoc				5					4											
Spha sp																			1	
Poly cup																		3		
Ubes sko																		1		
Loph sud																2				
Bart ith																2				
Hygr lax														1						
Schi aga													5							
Ster pas										5										
Loph sp										4										
Bryu pal										4										
Rhiz pun								22												
Pell sp								9												
Pott sp								2												
Vacc uli						1														
Iona odo					2															
Nard sca				18																
Pogo urg				9																
Leci lit				3																
Gymn con				1																
Desc ces		1																		
Perith lav		1																		

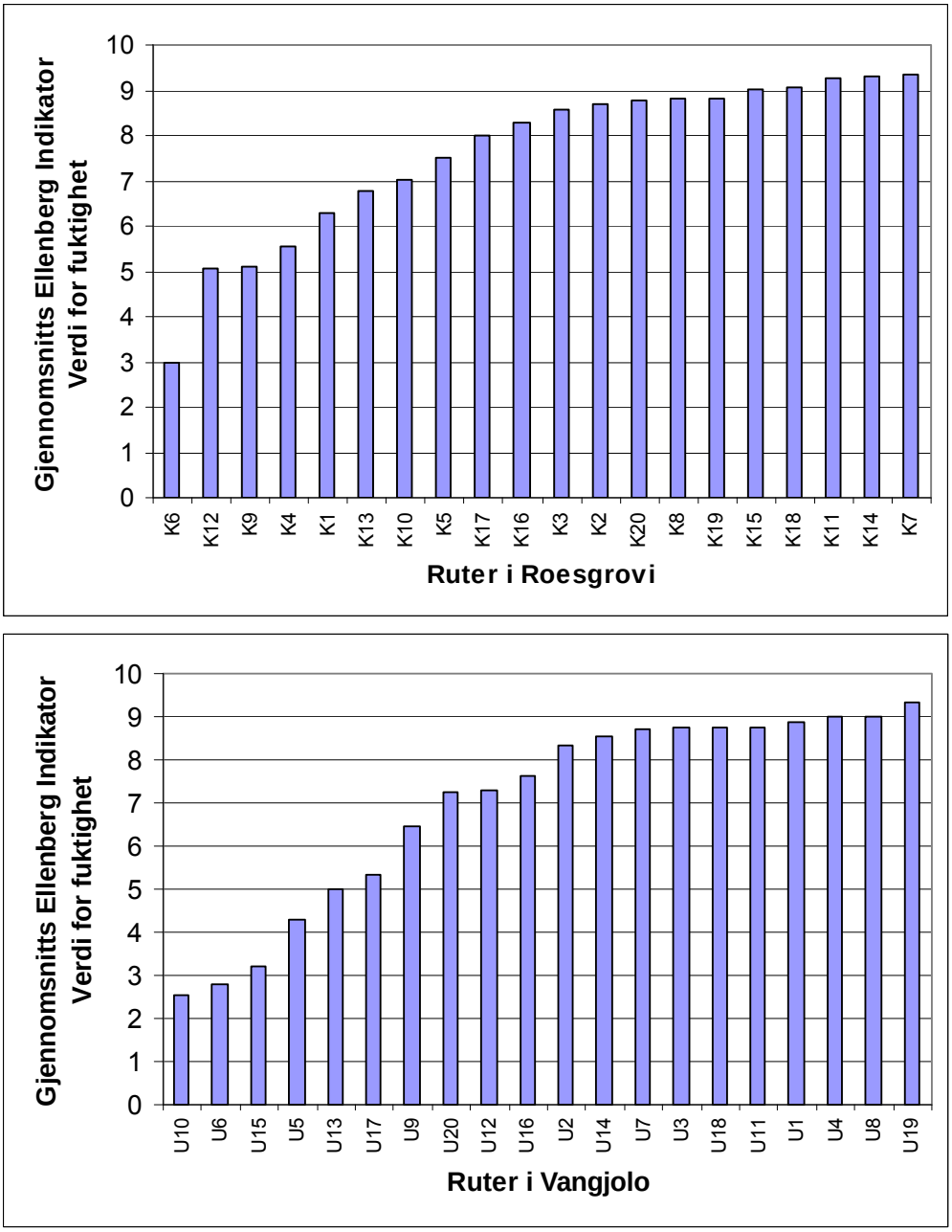
Bekketvebladmose er den arten som har størst dekning totalt i Roesgrovi (161 av 500 småruter), deretter følger mattehutre (150), rødmesigmose (122) og bekkelundmose (106). Det er 7 arter som bare forekommer i én av de 20 rutene og har en dekning i denne ruta som er maksimalt 4 % (dvs. forekommer i én av de totalt 500 smårutene i Roesgrovi). Av arter som opptrer mer spredt, kan nevnes bergsotmose, *Ephebe lanata* og flere *Porpidia*-arter. Av mer biogeografiske interessante funn kan nevnes bekkesildremose (*Dichodontium pellucidum*), puslingmose (*Hygrobiella laxifolia*) og *Ionaspis odora*, som alle bare har spredte funn på Vestlandet (www.artsdatabanken.no).

Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet

Artenes ulike Ellenberg Indikator Verdi (F) er gitt i eget vedlegg (1). Av de registrerte artene er det elvetrappemose og bekketvebladmose som har høyest Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (F=10), mens knippegråmose har lavest verdi (F=2). Gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet ($\overline{\mu}$) i rutene i Roesgrovi (K) og Vangjolo (U) er vist i figur 15.



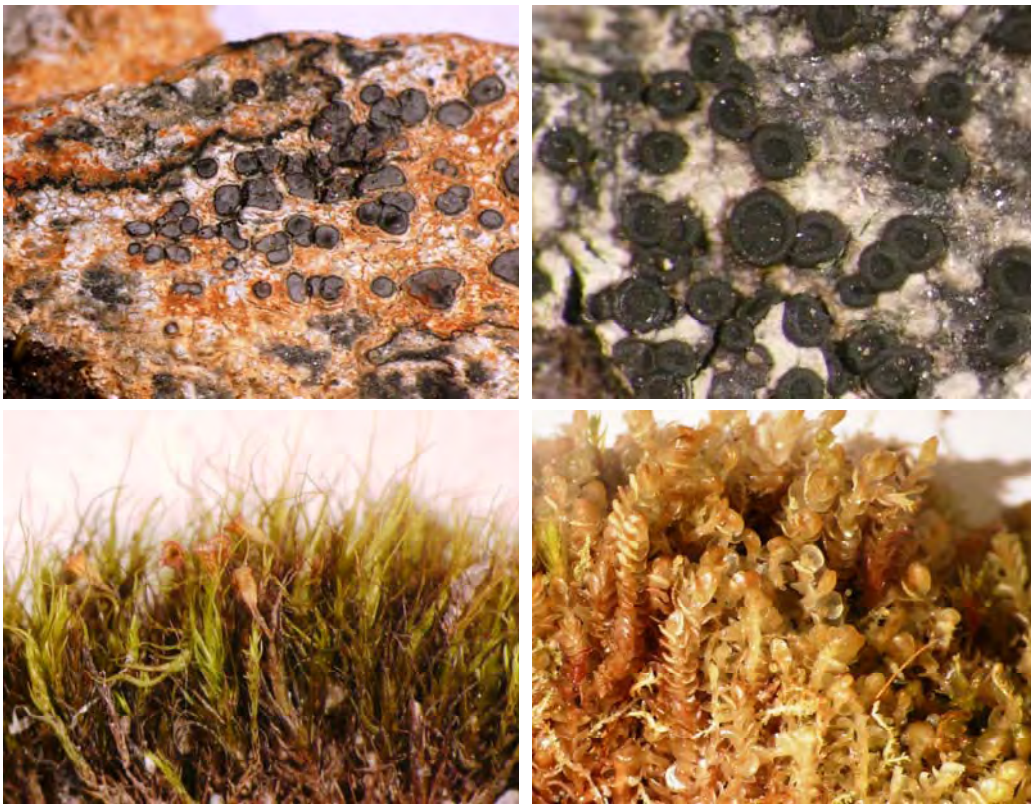
Figur 14. *Box plot av rutenes gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdier for fuktighet ($\overline{\mu}$) ved Roesgrovi (K) og Vangjolo (U), med verdier for minimum, 1st kvartil, median, 3 kvartil og maksimum.*



Figur 15. *Gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for hver rute sortert fra lavest til høyest verdier for fuktighet ($\overline{\mu}$) for Roesgrovi (øverst) og Vangjolo (nederst).*

De to elvene er relativt like, og det er ikke signifikant forskjell mellom elvene i rutenes gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (p=0,3457, figur 14). Gjennomsnittsverdien for henholdsvis Vangjolo og Roesgrovi er 7,0 og 7,6. Vangjolo har generelt litt lavere verdier enn Roesgrovi. Beregningene viser blant annet at Vangjolo har flere ruter med verdier på $\overline{\mu} = \leq 5$ (5 ruter) enn Roesgrovi (1 rute), se figur 15. Roesgrovi har 5 ruter med verdier $\overline{\mu} \geq 9$, mens Vangjolo har kun 3 ruter med verdi $\overline{\mu} = \geq 9$.

Analyseruter med lave verdier har stor dekning av knippegråmose, som har lav Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (F=2); for eksempel U10 ($\overline{\mu}$ =2,5) og U6 ($\overline{\mu}$ =2,8) i Vangjolo og K6 i Roesgrovi ($\overline{\mu}$ = 3). Rute K7 i Roesgrovi og rute U19 i Vangjolo har de høyeste gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdiene for fuktighet, med verdier på henholdsvis 9,4 og 9,3. Årsaken til den høye verdien i rute K7 i Roesgrovi er stor dekning av både rødmesigmose (F=9) og bekketvebladmose (F=10). Rute U19 i Vangjolo har stor dekning av både ranksnømose (F=9), mattehutre (F=8), elvetrappemose (F=10) og bekketvebladmose (F=10).



Figur 16. *Et utvalg av de registrerte lav- og moseartene som viser ulike krav til fuktighet. Øverst: Skorpelaven Lecidea lithophila (t.v.), som vokser noe tørrere enn Porpidia contraponenda (t.h.). Nederst: Faksjøkelmose (Arctoa fulvella, t.v.) og elvetrappemose (Nardia compressa, t.h.) med Ellenberg verdier for fuktighet på henholdsvis 5 og 10. Foto: Per G. Ihlen og Torbjørg Bjelland.*

Hydrologi

Detaljer om nedbørfeltet til Vangjolo og Roesgrovi er gitt i tabell 4. Her framkommer det at nedbørfeltet til Vangjolo er 3,1 ganger større i areal enn feltet til Roesgrovi. Spesifikk avrenning i feltet til Vangjolo er 116 l/s/km², mens det er 82 l/s/km² for Roesgrovi (tabell 4).

Tabell 4. *Feltparametre for feltene i Vangjolo og Roesgrovi.*

		Vangjolo	Roesgrovi
Alminnelig lavvannføring	l/s/km²	3,54	2,49
5-persentil (hele året)	l/s/km²	3,06	2,18
5-persentil (1/5 – 30/9)	l/s/km²	34,44	12,17
5-persentil (1/10 – 30/4)	l/s/km²	3,26	2,24
Middelvannføring (61-90)	l/s/km²	116	82
Midlere årsavrenning	mm/år	3660	2583
Klimaregion		Vest	Vest
Areal (km²)	km²	4,23	1,35
Minimum høyde (moh.)	moh.	518	538
Maksimum høyde (moh.)	moh.	1302	1067
Sjø (%)	%	0,49	0,23
Bre (%)	%	0	0
Skog (%)	%	17,76	38,66
Dyrket mark (%)	%	0	0
Myr (%)	%	0,71	4
Snaufjell (%)	%	80,87	57,24
Urban (%)	%	0	0
Effektiv sjø (%)	%	0,02	≈0
Sommertemperatur (Mai – september) (°C)	°C	6,2	8,5
Vintertemperatur (Oktober – april) (°C)	°C	-2,0	-0,6
Sommernedbør (Mai – september) (mm)	mm	820	675
Vinternedbør (Oktober – april) (mm)	mm	1555	1275
Temperatur Juli (°C)	°C	8,1	10,5
Temperatur August (°C)	°C	8,4	10,6
Årstemperatur (°C)	°C	1,4	3,2
Årsnedbør (mm)	mm	2375	1950
Feltlengde (km)	km	3,2	2,0
Elvelengde (km)	km	2,7	1,97
Elvegradient (m/km)	m/km	252	240
Elvegradient (10-85) (m/km)	m/km	261	258

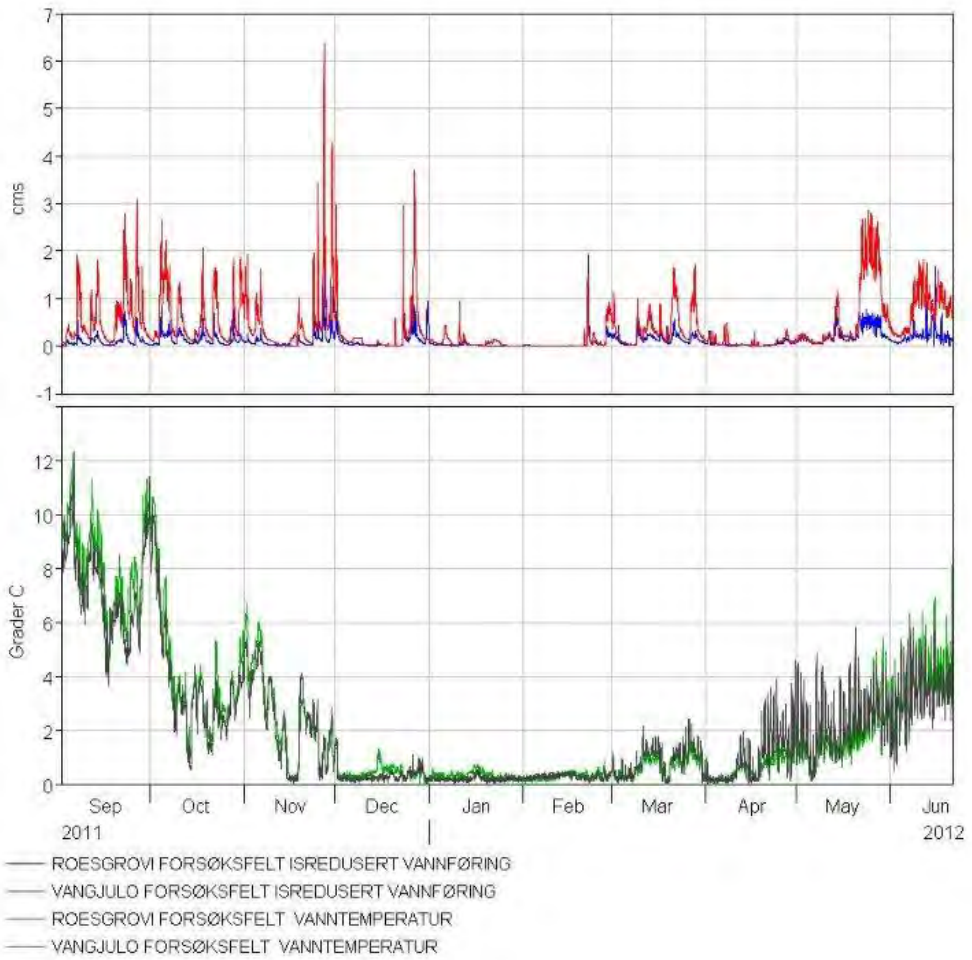
Den studerte delen av Vangjolo har et 4,23 km² stort nedbørfelt og vassdraget har en middelvannføring på 0,492 m^3/s. Vangjolo får hovedsakelig tilført vann fra store deler av feltet som ligger over den klimatiske tregrensen og i overgangen til tregrensen (ca. 750-1100 moh.).

Roesgrovi har et mindre nedbørfelt på 1,35 km², og med lavere spesifikk avrenning har vassdraget en middelvannføring på 0,111 m^3/s. Vassdraget får hovedsakelig vann fra områdene i Løkjabotnen og områdene øst for Rundehaugen. Områdene ligger mellom 700 moh. til 1000 moh. I tabellene 4 og 5 er det tatt med en del nøkkeltall for avrenningen.

Tabell 5. *Nøkkeltall for vannføring i Vangjolo og Roesgrovi.*

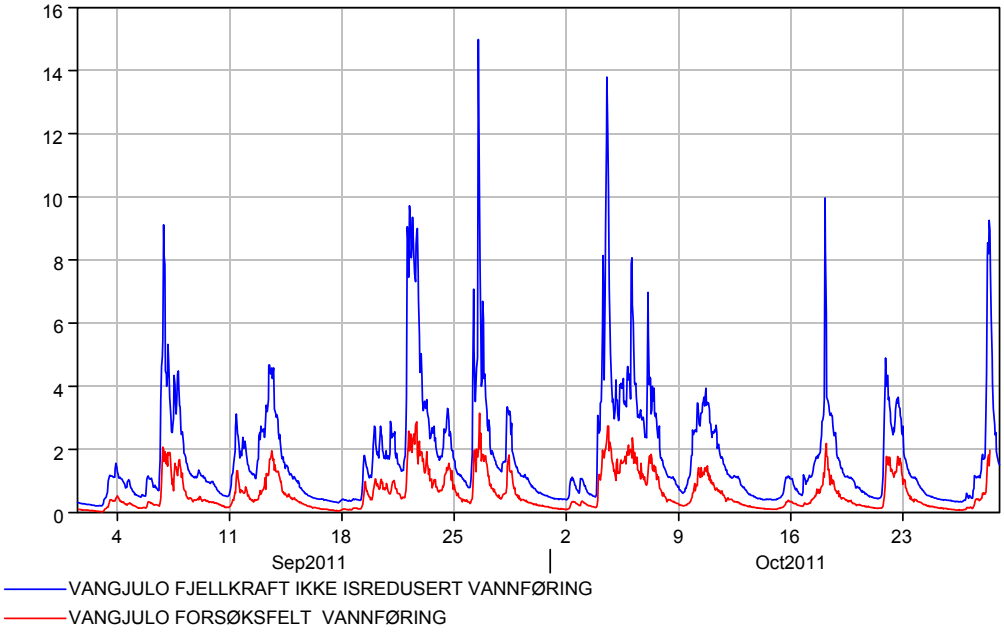
		Vangjolo	Roesgrovi
Areal	km^2	4,23	1,35
Avrenning gjennomsnitt for året	m^3/s	0,492	0,111
5-persentil året	m^3/s	0,013	0,003
5-persentil sommer	m^3/s	0,146	0,016
5-persentil vinter	m^3/s	0,014	0,003
Alminnelig lavvannføring	m^3/s	0,015	0,003

Figur 17 gjengir de utførte målingene av vannføring og temperatur for Vangjolo og Roesgrovi fra september 2011 til juni 2012. Det er noe større variasjon i vannføringen i Vangjolo enn i Roesgrovi, selv om det meste av forskjellene i figur 17 skyldes at middelvannføringen i Vangjolo er 4,4 ganger høyere enn i Roesgrovi (tabell 5). Vanntemperaturen viser omtrent samme forløp i begge elvene, men Vangjolo er i perioder noe kaldere.



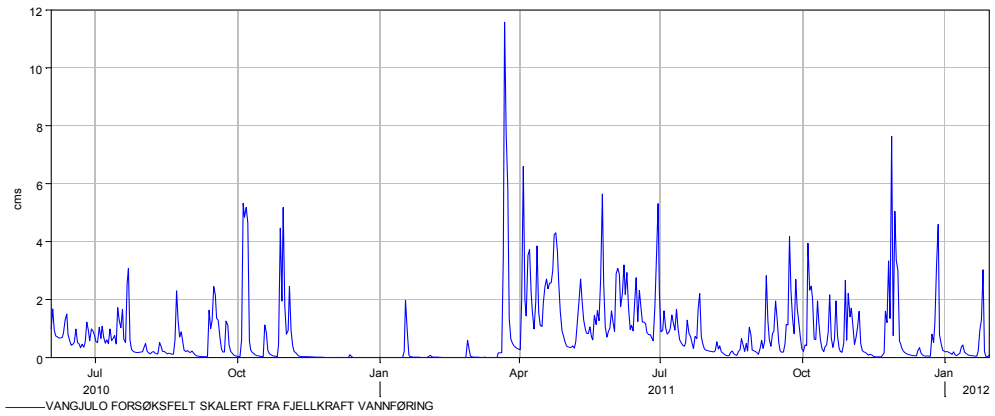
Figur 17. *Vannføring og vanntemperatur i Vangjolo og Roesgrovi (cms= m^3/s).*

I forbindelse med planene om bygging av småkraftverk i Vangjolo har Fjellkraft AS fått gjennomført vannføringsmålinger i nedre deler av Vangjolo. For sammenlikningens skyld er data fra denne stasjonen vist sammen med data fra loggeren i forsøksfeltet i Vangjolo (figur 18). Som figur 18 viser, er det god overensstemmelse av variasjonen i vannføring på de to stedene, men forskjellen på de to seriene skyldes at Fjellkraft AS måler mye lenger nede i vassdraget, mens målingene i forsøksfeltet foregår i en sidegren lenger oppe i vassdraget. De to seriene er sammenliknet statistisk med en korrelasjonskoeffisient på 0,848.

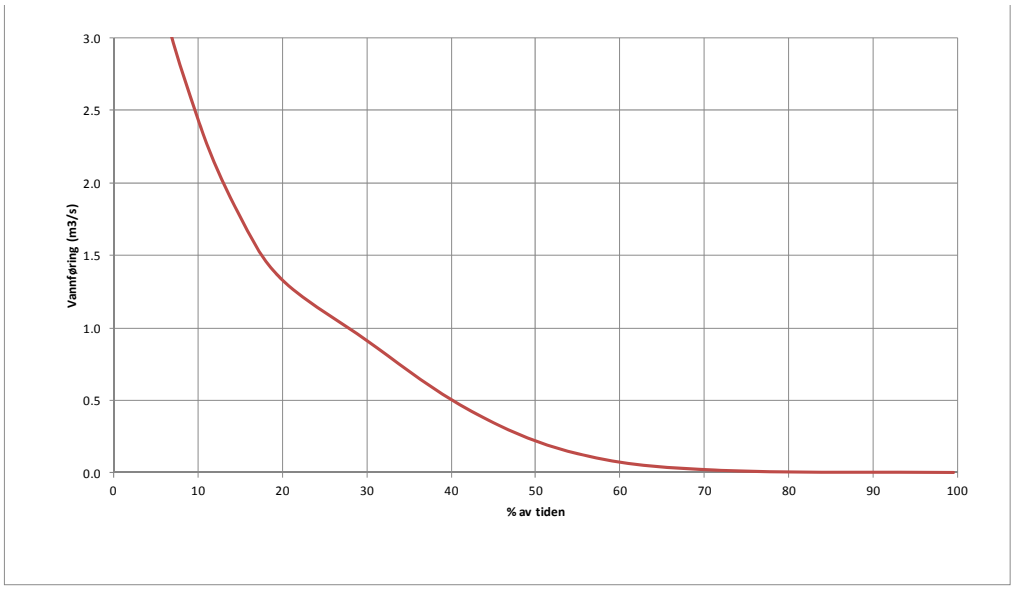


Figur 18. *Vannføring i forsøksfeltet og i nedre deler av Vangjolo.*

Med litt lengre måleperiode som dekker et større vannføringsområde, vil en kunne gjennomføre en regresjonsanalyse mellom disse seriene for dermed å oppnå lengre dataserie ved forsøksfeltet i Vangjolo. I denne omgang er det, basert på egne målinger og målingene utført av Fjellkraft AS, beregnet en oversikt over hvordan variasjonen over et år vil være. I denne forbindelse er det utført en regresjonsanalyse mellom seriene ved forsøksfeltet og dataserien fra målestasjonen til Fjellkraft AS. Korrelasjonskoeffisienten i regresjonsanalysen er på 0,9. I figur 19 er den forlengede vannføringsserien vist og i figur 20 er det vist en varighetskurve for det hydrologiske året 2010 til 2011. Det er ikke gjort forsøk på korrelasjonsanalyse mellom den målte serien i Roesgrovi og dataserien fra Fjellkraft AS.

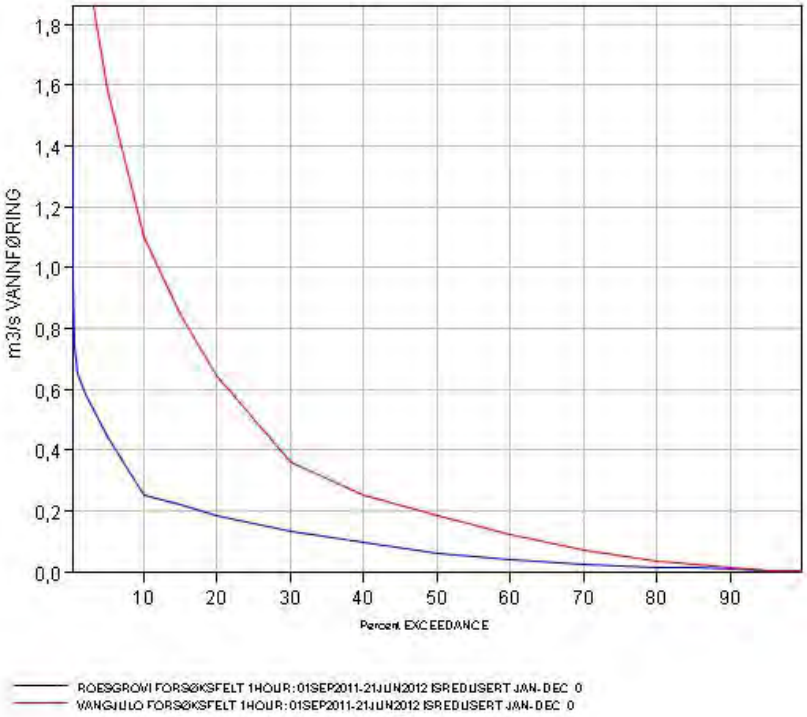


Figur 19. *Konstruert vannføringsserie for Vangjolo forsøksfelt basert på måledata fra Fjellkraft AS (cms= m^3/s).*



Figur 20. *Varighetskurve for Vangjolo for perioden 1. september 2010 til 31. august 2011. Fra Fjellkraft AS.*

Figur 21 viser varighetskurver for vannføringen i Vangjolo og Roesgrovi basert på målte data i dette prosjektet. Kurvene samme form, men middelvannføringen i Vangjolo er 4,4 ganger høyere enn i Roesgrovi (tabell 5).



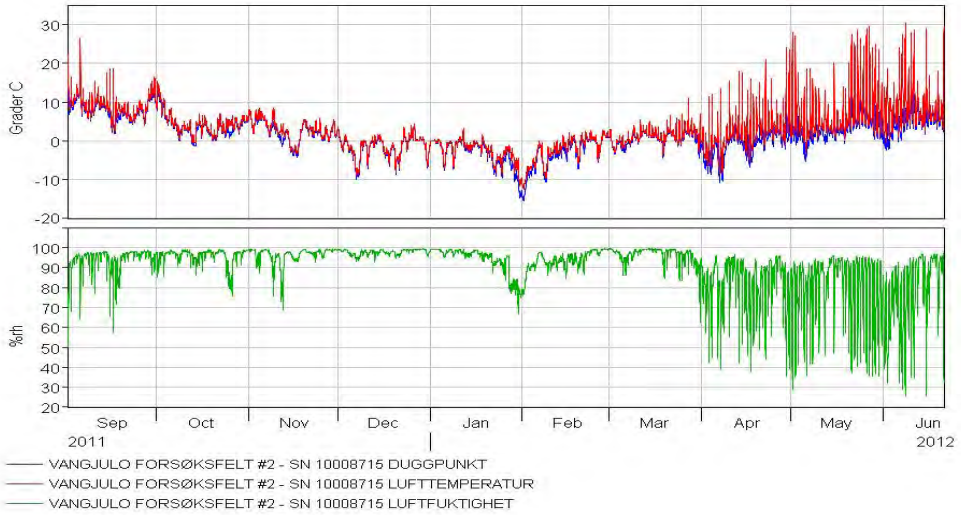
Figur 21. *Varighetskurver i prosent av tiden, basert på egne måledata for perioden 1. september 2011 til 21. juli 2012.*

Lokalklima

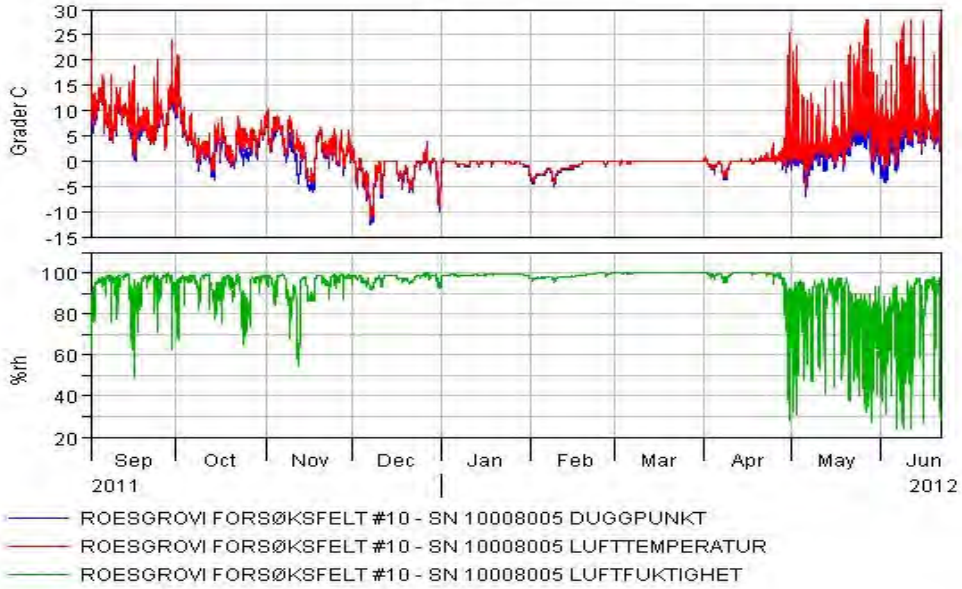
Foreløpige resultater av målingene av lufttemperatur, luftfuktighet og duggpunkt-temperatur er basert på data fra 2 av loggerne som hver er representative for begge bekkekløftene. Resultatene er vist i figur 22 og figur 23. Det må presiseres at luft-temperaturen trolig er noe lavere enn den som er angitt her. De viste temperaturene angir til en viss grad også temperaturen på bakken pga. manglende skjerming av temperaturmåleren.

Begge figurene viser en kuldeperiode i månedsskiftet januar/februar. I forhold til Roesgrovi, viser Vangjolo en lengre periode med døgnvariasjon i luftfuktighet og temperatur. Vangjolo får trolig en noe tidligere innstråling av sol allerede tidlig i april, mens det i Roesgrovi synes å skje en måned senere, først helt i slutten av april.

Forskjellen kan muligens også forklares ved at loggeren kan ha vært dekket av snø fra januar og ut mars i Roesgrovi, siden temperaturen her bare unntaksvis kom under frysepunktet tidlig i februar. Tidlig på høsten ser det også ut til å være noe mer temperatursvingninger i Roesgrovi enn i Vangjolo (figurene 22 og 23).

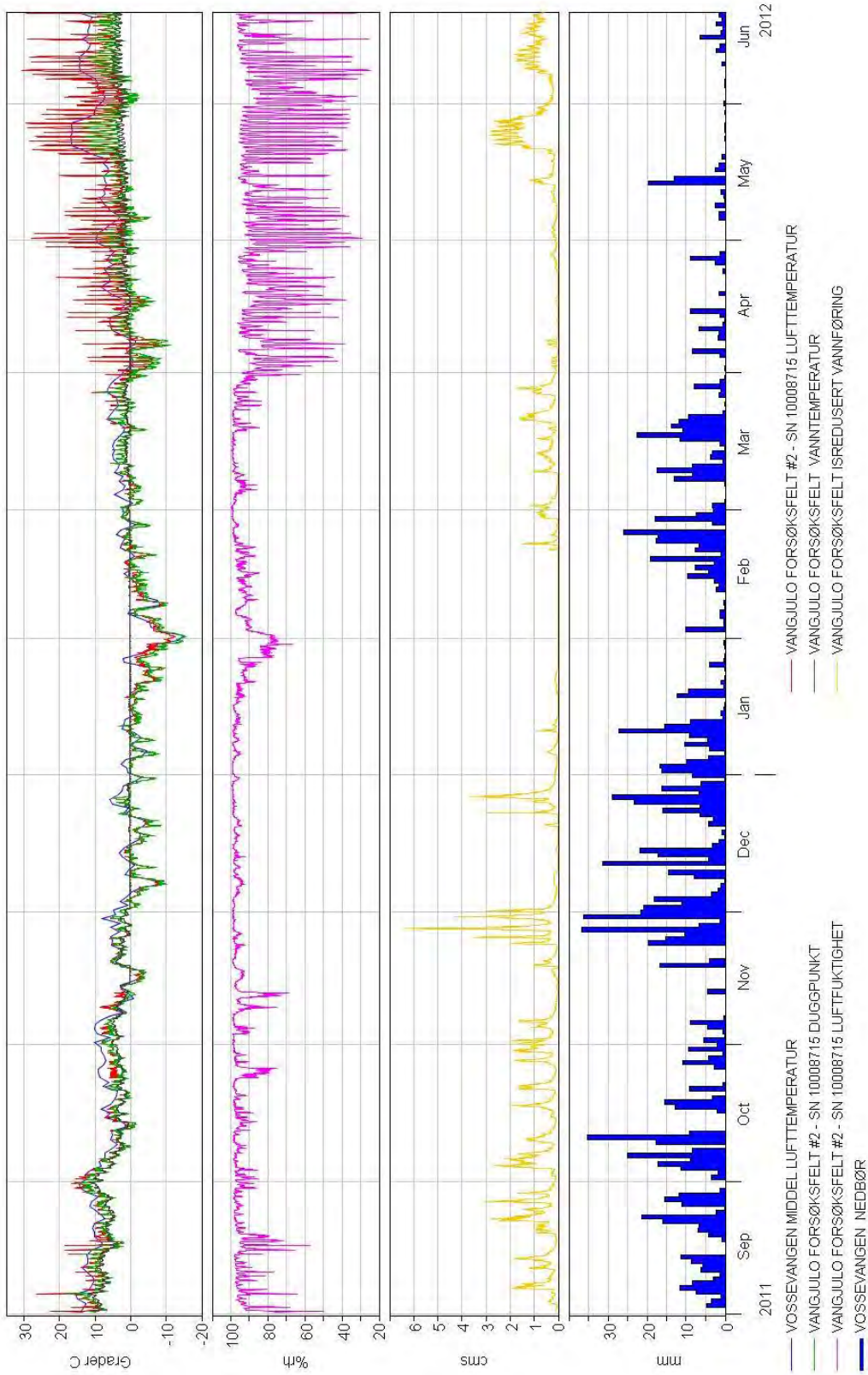


Figur 22. *Lufttemperatur, duggpunkt og relativ fuktighet for en måler som er plassert i Vangjolo.*

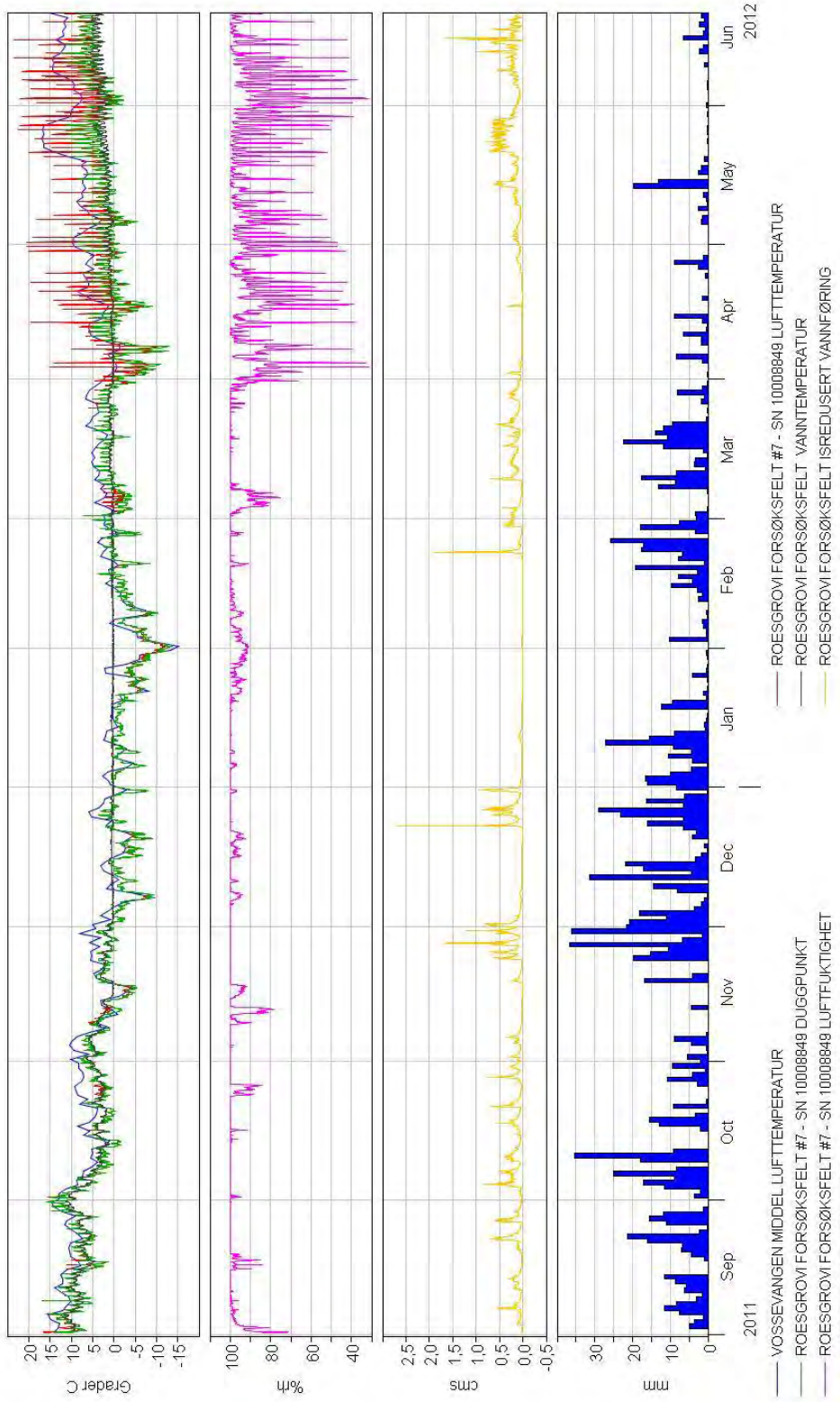


Figur 23. *Lufttemperatur, duggpunkt og relativ fuktighet for en måler som er plassert i Roesgrovi.*

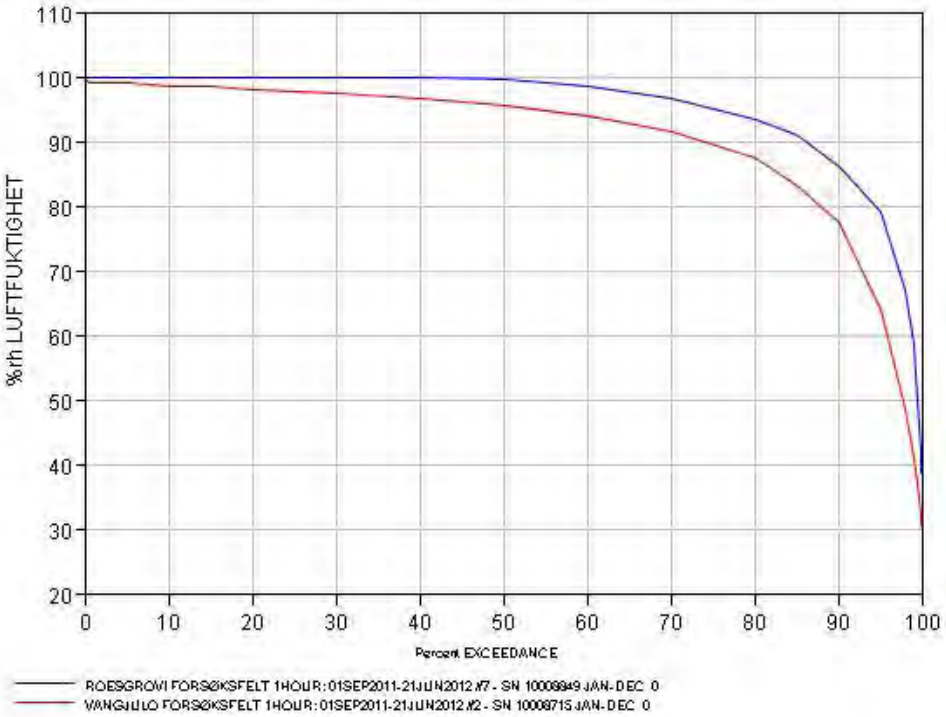
Det er en klar sammenheng mellom lufttemperatur og doggpunkttemperatur. Som figurene 24 og 25 viser, er det ikke overraskende at nedbør og vannføring i elvene er det to viktigste faktorer som påvirker luftfuktigheten ved elven. Når nedbøren kommer i form av snø, øker ikke vannføringen direkte. Og motsatt vil vannføringen på vår og tidlig sommer kunne gå opp ved snøsmelting selv om det ikke er nedbør. Også i slike situasjoner øker luftfuktigheten. I vårperioden er det generelt store variasjoner i luftfuktigheten, noe som henger sammen med solinnstrålingen.



Figur 24. *Vannføring, temperatur og luftfuktighet for Vangjolo. Nedbøren er målt på Vossevangen, og lufttemperatur derfra er også med (cms= m^3/s).*



Figur 25. *Vannføring, temperatur og luftfuktighet for Roesgrovi. Nedbøren er målt på Vossevangen, og lufttemperatur derfra er også med (cms= m^3/s).*



Figur 26. *Varighetskurve for luftfuktighet i måleperioden.*

I figur 26 er det satt opp en varighetskurve for luftfuktighet for en av målerne i forsøksfeltet Vangjolo og en fra Roesgrovi. Varighetskurven viser hvor stor del av tiden luftfuktigheten er over visse verdier. I dette tilfellet viser kurvene at luftfuktigheten i måleperioden alltid er over ca. 30 % rh. Kurvene viser også at det er forskjell i fuktighet på de to målestedene.

Dersom en sammenlikner temperaturdata for Vossevangen med data fra Vangjolo og Roesgrovi, ser en at selv om temperaturene følger samme mønstret er det relativt stor variasjon i temperaturen på stedene. Sammenliknet med temperaturen på Vossevangen er temperaturen i Vangjolo fra 0 til 5 grader lavere enn temperaturen på Vossevangen. Denne variasjonen gjør det vanskelig å benytte temperaturen fra Vossevangen til å forlenge tidsseriene for temperatur i forsøksfeltene.

Selv om det er noe variasjon i vannføring, lufttemperatur, duggpunkt og luftfuktighet mellom Vangjolo og Roesgrovi i løpet av et år, er variasjonen allikevel innenfor det som er akseptabelt for å studere mulige endringer i disse parameterne over tid.

6. Diskusjon

Kunnskapen om hva slags virkninger redusert vannføring har på lav- og mosefloraen langs og i elver og bekker er generelt mangelfull. Noe av årsaken til dette er at lav og moser har lang responstid (Hale 1973, Glime 2007) i forhold til påvirkningsfaktoren vassdragsregulering (VR i Halvorsen mfl. 2009). Hovedhensikten med denne undersøkelsen har derfor vært å etablere en detaljert oversikt over lav- og mosefloraen i et vassdrag som i nær framtid skal bygges ut til vannkraftproduksjon og i et nærliggende og sammenliknbart kontrollvassdrag som ikke skal bygges ut. I Voss kommune ble elvene Vangjolo og Roesgrovi valgt ut.

Fjellkraft AS har fått konsesjon til at Vangjolo skal bygges ut til småkraftverk og Roesgrovi kan benyttes til kontrollvassdrag fordi den er en sideelv til Bordalen som er et verna vassdrag. Vangjolo og Roesgrovi ble også valgt ut fordi de har lik berggrunn (fyllitt og glimmerskifer), lik eksposisjon (nordøstvendte), lik vegetasjon (blåbærskog og småbregneskog) og omtrentlig samme høyde over havet. Begge undersøkelsesområdene i Vangjolo og Roesgrovi ligger også innenfor naturtypen bekkekløft og bergvegg, som strekker seg fra henholdsvis 390 moh. til 535 moh. og 400 moh. til 600 moh. Sommeren 2011 ble det etablert 20 faste analyseruter med 25 småruter på hver 5 × 5 cm i hvert vassdrag. Disse er merket med fastskrudde bolter slik at de lett kan letes opp ved senere oppfølgende undersøkelser.

For å få en bekreftelse på at vassdraget som skal bygges ut (Vangjolo), har en lav- og moseflora som er sammenliknbar med kontrollvassdraget (Roesgrovi), ble det utført flere statistiske analyser. Blant annet viste det seg at Vangjolo og Roesgrovi har et gjennomsnittlig antall arter på henholdsvis 9,3 og 8,2 pr. analyserute. Analysene viste at det ikke er statistisk signifikant forskjell i antall arter pr. rute mellom elvene. Begge elvene har også størst dekning av moser i forhold til lav i analyserutene. I gjennomsnitt er omlag 88 % av analyserutene dekket av blad- og levermoser, mens 43 % av analyserutene er dekket av lav. Karplanter forekommer bare sporadisk (2 %). Dette gjenspeiles for øvrig også i den høye dekningen av blad- og levermoser i rutene hvor det forekommer karplanter (ofte 100 % dekning). Generelt øker dekningen av blad- og levermoser ofte med økende stabilitet (Suren & Ormerod 1998).

Videre bekrefter DCA analysene at også artssammensetningene stort sett er like i begge vassdragene. Den vanligste arten i begge vassdragene er mattehutre, en art som er vanlig på fuktig berg (Damsholt 2002). Av andre arter som ofte forekommer i analyserutene i begge elvene er rødmesigmose, elvetrappemose, bekketvebladmose, *Ionaspis lacustris*, bekkekartlav og delvis også bergsotmose. Disse artene er knyttet til fuktige berg og steinblokker nær og delvis nedsenket i elver og bekker (Wyspianska 2000, Damsholt 2002, Hill mfl. 2007, Atherton mfl. 2010) og i tilsvarende miljøer i bekkekløfter i Hordaland (Ihlen 2011).

Artssammensetningene i de to vassdragene viser også en del forskjeller. Blant annet opptrer buttgråmose, bekkelundmose og *Hydropunctaria aetheoalba* mer hyppig og med større dekning i Roesgrovi i forhold til Vangjolo. Buttgråmose, som ofte opptrer

sammen med bekkelundmose (Weibull 2006), opptrer vanligvis på øvre deler av steinblokker i bekker (Atherton mfl. 2010), noe som passer med forholdene i Roesgrovi, som har noe mer steinblokker enn Vangjolo. Motsatt opptrer ranksnømose og rabbeåmemose hyppigere og med større dekning i Vangjolo i forhold til Roesgrovi. Mer smeltevann i nedbørfeltet til Vangjolo kan muligens forklare dette. Av arter som opptrer sporadisk i Vangjolo, men ikke i Roesgrovi, kan nevnes kystsotmose, faksjøkelmose, *Aspicilia aquatica* og *Tremolecia atrata*. Bekkesildremose, puslingmose og *Ionaspis odora* derimot, opptrer bare i Roesgrovi.

Artssammensetningen viser at vegetasjonen i vassdragene består av en kombinasjon av arter med samme krav til fuktighet. Analyserutene inneholder arter med både høy og lav Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet. Det er ikke statistisk signifikant forskjell mellom Roesgrovi og Vangjolo i analyserutenes gjennomsnitts Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (F). At analyserutene inneholder arter med forskjellige fuktighetskrav gjenspeiler at det er flere mikrohabitat langs den sterke gradienten fra under vann til et terrestrisk miljø, og at disse er fanget opp av rutenettet. Det er fluktuasjonen av vann-nivået som blant annet er en viktig faktor for den vertikale soneringen (Glime & Witt 1987). Artsdiversiteten er ofte høyest i sonen hvor det er overgang mellom akvatisk og terrestrisk miljø, på grunn av at det her forekommer arter fra begge miljøene (Naiman & Décamps 1997). Ved en eventuell vassdrags-regulering er det trolig denne artsrike sonen som tidvis blir oversvømmet, hvor artsrikheten reduseres mest. Årsaken til dette er at art-arealforholdet endres, og sonen hvor disse artene vokser blir smalere (Englund mfl. 1997).

Elvetrappemose, bekketvebladmose og rødmesigmose forekommer ofte i begge elvene og er arter med høy Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet (F=10 og F=9). De foretrekker å vokse i og nær vannkanten hvor de kun periodevis ikke er i kontakt med vann. Andre studier av vegetasjon i bekker på Vestlandet har funnet tilsvarende resultat. Wyspianska (2000) viser at bekketvebladmose er en vanlig art som ofte vokser dypere enn 5 cm under vannivået, men at arten også tåler å bli tørrlagt i lengre perioder. Rødmesigmose og bekketvebladmose er også arter som forekommer i store mengder i regulerte vassdrag i Sverige (Englund mfl. 1997).

Den vanligste arten i de to vassdragene, mattehutre, er en art som vokser litt tørrere enn elvetrappemose, bekketvebladmose og rødmesigmose. Mattehutre og elvetrappemose foretrekker ofte vassdrag med relativt stor vannføring (Wyspianska 2000).

Sammenlikner en økologien til kystsotmose og bergsotmose har bergsotmose mindre strenge krav til miljøet enn kystsotmose (Heegaard 1997). Dette er en mulig årsak til at kystsotmose forekommer i kun én analyserute i Vangjolo, mens bergsotmose er en vanlig art i analyserutene i begge elvene. Kystsotmose er en art som oftest vokser ved bekker og på sigeflater (kun periodevis oversvømt) på Vestlandet (Størmer 1969, Heegaard 1997). Arten har Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet på 5 (Hill mfl. 2007). I motsetning vil bergsotmose etablere seg lettere også på tørrere berg/ stein-

flater, noe som reflekteres av artens Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet på 3 (Hill mfl. 2007).

Ifølge Ellenberg Indikator Verdien for fuktighet er det stor forskjell i fuktighetskravene til de to gråmose-artene som vokser i vassdragene. Buttgråmose har Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet på 8, mens knippegråmose har en verdi på 2. Resultatene fra ruteanalysene viser at det er forskjell i de to artene i fuktighetskrav, men ikke så stor som Ellenberg Indikator Verdien for fuktighet indikerer. Buttgråmose vokser fuktigst av de to gråmose-artene, og andre undersøkelser på Vestlandet viser at arten forekommer hovedsaklig i de 5 øverste cm av vann-nivået eller over (Wyspianska 2000). Knippegråmose forekommer i 50 % av alle rutene i Vangjolo og i Roesgrovi. Det er verdt å merke seg at knippegråmose ser ut til å vokse noe fuktigere på Vestlandet enn på De britiske øyer.

Det er samme type berggrunn i begge vassdragene, artssammensetningen indikerer også at det er relativt like forhold med hensyn til surhetsgraden i elvene. Ser en på artenes Ellenberg Indikator Verdi for reaksjon (R) (Hill mfl., 2007), som indikerer surhetsgraden i miljøet artene vanligvis vokser i, ligger verdiene stort sett under 5 (Vedlegg 1). Skalaen går fra 1 til 9, hvor 1 indikerer ekstremt surt miljø og 9 indikerer basisk miljø. R-verdiene til mosene indikerer at miljøene i begge elvene er moderat sure i inndelingen til Hill mfl. (2007). Områdene med granitt høyere oppe i nedbørfeltet, der mye av vannet i elveløpet kommer fra, kan forklare noe av dette. Bergsotmose, faksjøkelmose, rabbeåmemose, bergfrostmose, rødflik, elvetrappemose, buttgråmose og knippegråmose er arter som tåler å vokse i sure miljøer. De har Ellenberg Indikator Verdi for reaksjon (R) på 2. Faksjøkelmose og rabbeåmemose forekommer kun i Vangjolo, ellers forekommer de andre nevnte artene i begge elvene. Arter som ofte er assosiert med basisk jord, er filtvrangmose og bekkesildremose. De har Ellenberg Indikator Verdi for reaksjon (R) på 6 (Hill mfl. 2007). Begge disse artene forekommer kun i Roesgrovi.

Selv om det er enkelte forskjeller i artssammensetning og dekning, bekrefter analysene at lav- og mosefloraen i elvene er såpass like at de er representative til å danne grunnlag for videre undersøkelser av hvordan artsmangfoldet, artssammensetningen og plantesamfunn av lav og moser kan påvirkes over tid ved utbygging av et vassdrag i forhold til et kontrollvassdrag. Artssammensetningen i begge vassdragene er også representative for andre vassdrag i bekkekløfter i regionen (Oldervik 2007a, b, Bjelland mfl. 2011).

For å knytte vegetasjonen opp til overvåking av mulige påvirkningsfaktorer logges vannføringen i begge elvene, og i tillegg måles luftfuktighet, lufttemperatur, vanntemperatur og duggpunkttemperatur for begge elvene. Undersøkelsene viser en klar sammenheng mellom disse parametrene.

Vangjolo har større nedbørfelt (4,23 km²), større spesifikk avrenning og derfor også større gjennomsnittlig vannføring (0,492 m³/s) enn Roesgrovi, som har et nedbørfelt på 1,35 km² og en gjennomsnittlig vannføring på 0,111 m³/s. Det er også større variasjon i vannføringen i Vangjolo enn i Roesgrovi. Dette er de eneste tydelige

forskjellene mellom de undersøkte vassdragene. Vanntemperaturen derimot, viser omtrent samme forløp i begge vassdragene. På grunn av den korte tiden målingen har pågått, er det få målinger, og vannføringskurvene er derfor noe usikre.

Økt fokus på vannkraftutbygging har gitt et økt behov for kunnskap om hva fuktighetskrevende arter som registreres i og langs vassdrag tåler av redusert vannføring. Dette var, som nevnt, noe av bakgrunnen for FoU-programmet ”Miljøbasert vannføring”. Som påpekt tidligere, trenger kryptogamer lang responstid og overvåkingsstudier av hvilke endringer dette medfører for artssammensetningen av lav- og moser er derfor viktige. Vi har tidligere trukket fram studiene i en fossesprøytsone i Aurland 20 år etter utbygging til vannkraftverk (Vevle 1970, Odland 1990, Odland mfl. 1991). Av andre studier kan nevnes det til Hassel (2009) som undersøker endringer av forekomster av fakkeltvebladmose etter vannkraftutbygginger i Grytbakk i Rindal kommune.

Det er altså få slike studier i Norge, og forundersøkelsen vi her har utført danner et grunnlag for videre og oppfølgende studier av endringer av lav- og mosefloraen ved redusert vannføring.

Takk til

Takk til Kristian Hassel (Vitenskapsmuseet, NTNU) og Leif Appelgren (AMBIO Miljørådgivning AS) for kontrollbestemmelser av enkelte mosearter. Hans H. Blom (Norsk institutt for skog og landskap) takkes for innspill om enkelte mosearters økologi. Takk også til Linn Eilertsen (Rådgivende Biologer AS) for utarbeidelse av kartene.

Litteratur

Andersen, K. M. & Fremstad, E. 1986. Vassdragsreguleringer og botanikk. En oversikt over kunnskapsnivået. Økoforsk utredning 1986-2: 1-90.

Atherton, I., Bosanquet, S. & Lawley, M. (red.). 2010. Mosses and Liverworts of Britain and Ireland - A Field Guide. 848 sider. British Bryological Society, Stafford.

Bjelland, T., Ihlen, P. G. & Hellen, B. A. 2011. Gosland Kraftverk, Voss kommune. Konsekvensutredning. Rådgivende Biologer AS rapport, 1531: 1-51.

Dahl, E. 1998. The phytogeography of Northern Europe : British isles, Fennoscandia and adjacent areas. University Press, Cambridge.

Damsholt, K. 2002. Illustrated Flora of Nordic Liverworts and Hornworts. Nordic Bryological Society, Lund.

Direktoratet for naturforvaltning. 2007. Kartlegging av naturtyper. Verdsetting av biologisk mangfold. DN-håndbok 13, 2. utg.

Englund, G., Jonsson, B.-G. & Malmqvist, B. 1997. Effects of flow regulation on bryophytes in North Swedish rivers. Biological Conservation 79: 79-86.

Evju, M., Hassel, K., Hagen, D. & Erikstad, L. 2011. Småkraftverk og sjeldne moser og lav. Kunnskap og kunnskapsmangler. NINA Rapport 696: 33 sider. Norsk instutt for naturforskning (NINA), Oslo.

Fremstad, E. 1997. Vegetasjonstyper i Norge. NINA Temahefte 12: 1-279.

Gaarder, G. & Melby, M. W. 2008. Små vannkraftvek. Evaluering av dokumentasjon av biologisk mangfold. Miljøfaglig utredning, rapport 2008: 20. 78 sider, pluss vedlegg.

Glime, J. M. & Vitt, D. H. 1987. A comparison of bryophyte species diversity and niche structure of montane streams and stream banks. Canadian Journal of Botany 65: 1824-1837.

Glime, J. M. 2007. Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology. Ebook sponsored by Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. <http://www.bryoecol.mtu.edu/>

Gueidan, C., Savić, S., Thüs, H., Roux, C., Keller, C., Tibell, L., Prieto, M., Heiðmarsson, S., Breuss, O., Orange, A., Fröberg, L., Amtoft Wynns, A., Navarro-Rosinés, P., Krzewicka, B., Pykälä, J., Grube, M. & Lutzoni, F. 2009. Generic classification of the Verrucariaceae (Ascomycota) based on molecular and morphological evidence: recent progress and remaining challenges. Taxon 58: 184-208.

Hale, M. E. 1973. Growth. I: Ahmadjian, V. & Hale, M. E. (red.) 1973. The Lichens, pp. 473-492. New York: Academic Press.

Halvorsen, R., Andersen, T., Blom, H. H., Elvebakk, A., Elven, R., Erikstad, L., Gaarder, G., Moen, A., Mortensen, P. B., Norderhaug, A., Nygaard, K., Thorsnes, T. & Ødegaard, F. 2009. Tilstandsvariasjon (tilstandsøkokliner og objektinnhold). Naturtyper i Norge. Bakgrunnsdokument 9: 1-97.

Hassel, K. 2009. Overvåkning av fakkeltvebladmose Scapania apiculata ved Grytbakk i Rindal kommune. NTNU, Vitenskapsmuseet. Bot. notat 2009-2: 1-8.

Hassel, K., Blom, H. H., Flatberg, K. I., Halvorsen, R. & Johnsen, J. I. 2010. Moser. Anthocerophyta, Marchantiophyta, Bryophyta. I: Kålås, J. A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjelseth, S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter 2010. Artsdatabanken, Norge.

Heegaard, E. 1997. Ecology of *Andreaea* in western Norway. Journal of Bryology 19: 527-636.

Helland-Hansen, W. 2004. Naturhistorisk veibok, Hordaland. Bergen Museum – Nord 4. 568 sider.

Hill, M. O. & Gauch, H. G. 1980. Detrended correspondence analysis: an improved ordination technique. Vegetatio 42: 47-58.

Hill, M. O., Mountford, J. O., Roy, D. B. & Brunce, R. G. H. 1999. Ellenberg's indicator values for British plants. ECOFACT Volume 2 Technical Annex. Huntingdon, Institute of Terrestrial Ecology. (ECOFACT, 2a). 46 sider.

Hill, M. O., Preston, C. D., Bosanquet, S. D. S. & Roy, D. B. 2007. BRYOATT: attributes of British and Irish mosses, liverworts and hornworts. Cambridge, Centre for Ecology and Hydrology. 88 sider.

Ihlen, P. G. 2010. Botaniske verdier og småkraft. I: Frilund, G. (red.) 2010. Etterundersøkelser ved små kraftverk. Norges vassdrags- og energidirektorat, Rapport Miljøbasert vannføring 2010-2. 113 sider, pluss vedlegg.

Ihlen, P. G. 2011. Bekkekløftprosjeket – naturfaglige registreringer i Hordaland 2009 – 2010: Oppsummering. Rådgivende Biologer AS, rapport 1408: 1-85.

Korbøl, A. Kjellevold, D. & Selbo, O. K. 2009. Kartlegging og dokumentasjon av biologisk mangfold ved bygging av småkraftverk (1-10 MW) – revidert utgave. Veileder nr. 3/2009. Norges vassdrags- og energidirektorat, Oslo & Direktoratet for naturforvaltning, Trondheim.

Kålås, J. A., Viken, Å., Henriksen, S. & Skjeldseth, S. (red.) 2010. Norsk rødliste for arter 2010. Artsdatabanken, Norge.

Moe, B. 2005. Kartlegging og verdisetting av naturtypar i Voss. – Voss kommune og Fylkesmannen i Hordaland, MVA-rapport 7/2005: 1-89.

Moen, A. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon. Statens kartverk, Hønefoss.

Naiman, R. J. & Décamps, H. 1997. The ecology of interfaces: Riparian Zones. Annual Review of Ecology and Systematics 28: 621-658.

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.

Oldervik, F. 2007a. Vangjolo kraftverk, Voss kommune. Verknader på biologisk mangfald. Miljøfaglig utredning, rapport 2007: 18, 37 sider.

Oldervik, F. 2007b. Naturverdiar i nedre del av Bordalselva på Voss i Hordaland fylke. Bioreg AS rapport 2007: 1, 14 sider.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org/.

Santesson, R., Moberg, R., Nordin, A., Tønsberg,T. & Vitikainen, O. 2004. Lichen-forming and Lichenicolous Fungi of Fennoscandia. Museum of Evolution, Uppsala University, Uppsala, Sweden. 359 sider.

Störmer, P. 1969. Mosses with a Western and Southern Distribution in Norway. Oslo: Universitetsforlaget.

Suren, A. M. & Ormerod, S. J. 1998. Aquatic bryophytes in Himalayen streams: testing a distribution model in a highly heterogeneous environment. Freshwater Biology 40: 697-716.

ter Braak, C.J.F. & Šmilauer, P. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4). Microcomputer Power, Ithaca, NY, US.

Vevle, O. 1970. Undersøkelser av flora og vegetasjon ved noen av fossene i Aurlandsvassdraget. Hovedfagsoppgave i spesiell botanikk, Universitetet i Bergen.

Weibull, H. 2006. *Racomitrium aciculare* bäckraggmossa, side 142. Nationalnyckeln till Sveriges flora och fauna. Bladmossor: Sköldmossor-blåmossor. Bryophyta: *Buxbaumia- Leucobryum*. ArtDatabanken, SLU, Uppsala.

Wyspianska, A. 2000. Ecology of aquatic bryophytes in lowland streams in Hordaland, Western Norway. Hovedfagsoppgave i kvantitativ økologi, Botanisk institutt, Universitetet i Bergen.

Vedlegg artslister

Artslister for karplanter, blad- og levermoser og lav med forkortete vitenskapelige navn og hele vitenskapelige og norske navn. F= Ellenberg Indikator Verdi for fuktighet for karplanter (Hill mfl. 1999) og blad- og levermoser (Hill mfl. 2007). Skalaen går fra 1 til 12, der 1 er det tørreste og 12 er nedsenket i vann. R= Ellenberg Indikator Verdi for reaksjon for karplanter (Hill mfl. 1999) og blad- og levermoser (Hill mfl. 2007). Skalaen går fra 1 til 9, der 1 er det sureste og 9 det mest basiske miljøet.

Karplanter

Forkortelser	Vitenskapelige navn	Norske navn	F	R
Desc ces	*Deschampsia cespitosa*	Sølvbunke	6	5
Aven fle	*Avenella flexuosa*	Smyle	5	2
Saxi ste	*Saxifraga stellaris*	Stjernesildre	8	5
Vacc uli	*Vaccinium uliginosum*	Blokkebær	6	2
Viol pal	*Viola palustris*	Myrfiol	9	3

Lav

Forkortelser	Vitenskapelige navn	Norske navn
Aspi aqu	*Aspicilia aquatica*	
Baeo pla	*Baeomyces placophyllus*	
Clad coc	*Cladonia coccifera*	Grynrødbeger
Ephe lan	*Ephebe lanata*	
Hydr aet	*Hydropunctaria aethiobola*	
Iona lac	*Ionaspis lacustris*	
Iona odo	*Ionaspiso odora*	
Leca pol	*Lecanora polytropa*	
Leci lit	*Lecidea lithophila*	
Leci sp	*Lecidea sp.*	
Lepr neg	*Lepraria neglecta*	
Mass car	*Massalongia carnosa*	Moseskjell
Miri sp	*Miriquidica sp.*	
Peri lav		Perithecie lav
Poly cup	*Polyblastia cupularis*	
Porp con	*Porpidia contraponenda*	
Porp hyd	*Porpidia hydrophila*	
Porp mac	*Porpidia macrocarpa*	
Porp mel	*Porpidia melinodes*	
Porp spp	*Porpidia spp.*	
Rhiz amp	*Rhizocarpon amphibium*	
Rhiz geo	*Rhizocarpon geographicum*	Vanlig kartlav
Rhiz hoc	*Rhizocarpon hochstetteri*	
Rhiz lav	*Rhizocarpon lavatum*	Bekkekartlav
Ster pas	*Stereocaulon paschale*	Vanlig saltlav
Ster spa	*Stereocaulon spathuliferum*	Spatesaltlav
Ster ves	*Stereocaulon vesuvianum*	Skjoldsaltlav
Trem atr	*Tremolechia atrata*	Mønjelav
Ubes sko		Ubestemt skorpelav

Blad- og levermoser

Forkortelser	Vitenskapelige navn	Norske navn	F	R
Andr alp	*Andreaea alpina*	Kystsotmose	5	3
Andr rup	*Andreaea rupestris*	Bergsotmose	3	2
Anth jul	*Anthelia julacea*	Ranksnømose	9	3
Arct ful	*Arctoa fulvella*	Faksjøkelmose	5	2
Bart ith	*Bartramia ithyphylla*	Stivkulemose	6	4
Blin acu	*Blindia acuta*	Rødmesigmose	9	5
Bryu pal	*Bryum pallescens*	Filtvrangmose	5	6
Cyno str	*Cynodontium strumiferum*	Halsbyllskortemose	5	3
Dich pel	*Dichodontium pellucidum*	Bekkesildremose	8	6
Dicr cri	*Dicranoweisia crispula*	Krusputemose	4	3
Gymn con	*Gymnomitrion concinnatum*	Rabbeåmemose	5	2
Hygr lax	*Hygrobiella laxifolia*	Puslingmose	8	5
Jung jen	*Jungermannia jenseniana*	Trådsleivmose		
Jung sp	*Jungermannia sp.*	Sleivmose-art		
Kiae bly	*Kiaeria blytti*	Bergfrostmose	4	2
Loph sp	*Lophozia sp.*	Flikmose-art		
Loph sud	*Lophozia sudetica*	Rødflik	5	2
Mars ema	*Marsupella emarginata*	Mattehutremose	8	3
Nard com	*Nardia compressa*	Elvetrappemose	10	2
Nard sca	*Nardia scalaris*	Oljetrappemose	6	3
Pell sp	*Pellia sp.*	Vårmose-art		
Philo fon	*Philonotos fontana*	Teppekildemose	9	4
Pogo urg	*Pogonatum urnigerum*	Vegkrukkemose	5	3
Pott sp	*Pottia sp.*	Ubestemt *Pottiaceae*		
Raco aci	*Racomitrium aciculare*	Buttgråmose	8	2
Raco fas	*Racomitrium fasciculare*	Knippegråmose	2	2
Sani unc	*Sanionia uncinata*	Klobelikmose	6	4
Scap und	*Scapania undulata*	Bekketvebladmose	10	4
Schi aga	*Schistidium agassizii*	Tungeblomstermose	9	5
Sciu plu	*Sciuro-hypnum plumosum*	Bekkelundmose	8	4
Spha sp	*Sphagnum sp.*	Torvmose-art		

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i rapportserien Miljøbasert vannføring, fase II

2009

Nr. 1-09 Evaluering av ordningen med prøvereglement. Brian Glover, John Brittain, Svein Jakob Saltveit (49 s.)

Nr. 2-09 Pilotstudie tilsigsstyrt minstevassføring. Knut Alfredsen, Tommi Linnansaari, Atle Harby, Ola Ugedal (41 s.)

Nr. 3-09 Miljøvirkninger av vannkraft - forslag til undersøkelsesmetodikk. Lars Størset (51 s.)

Nr. 4-09 Hvor viktig er vatn og vassføring for friluftsliv? Brukerstudier om aktiviteter, opplevelser, holdninger, kraftutbygging og konsesjonsvilkår. Odd Inge Vistad, Joar Vittersø, Oddgeir Andersen, Hogne Øian, Tore Bjerke (84 s.)

Nr. 5-09 Modeller for simulering av miljøkonsekvenser av vannkraft. Atle Harby (red.) (51 s.)

2010

Nr. 1-10 Ål og konsekvenser av vannkraftutbygging - en kunnskapsoppsummering. Eva B. Thorstad (red.) (135 s.)

Nr. 2-10 Etterundersøkelser ved små kraftverk. Sumvirkninger på landskap. Botaniske verdier og småkraft, Bunndyr og småkraft, Konsesjonsfrie mikro- og minikraftverk. Gunn E. Frilund (red.) (113 s.)

Nr. 3-10 Temperaturforhold i elver og innsjøer. Tiltak for regulering av temperatur. Simuleringsmodeller. Kjetil Vaskinn (89 s.)

2011

Nr. 1-11 Vassdrag, vannføring og landskap. Trond Simensen, Priska Helene Hiller, Kjetil Vaskinn (55 s.)

Nr. 2-11 Blodsugende knott og vassdragsreguleringer: Kan masseforekomst predikeres? Åge Brabrand, Trond Bremnes, Henning Pavels (34 s.)

Nr. 3-11 Fossekall og småkraftverk. Bjørn Walseng, Kurt Jerstad (35 s.)

2012

Nr. 1-12 Miljøkonsekvenser av raske vannstandsendringer. Atle Harby, Jim Bogen (82 s.)

Nr. 2-12 Kriterier for bruk av omløpsventil i små kraftverk. Lars Størset (red.) (57 s.)

Nr. 3-12 Er det mulig å bli kvitt krypsivproblemene på Sørlandet? Torbjørn Danielsen, Edgar Vegge, Per Øyvind Grimsby (33 s.)

Nr. 4-12 Suksesjoner i et terskelbasseng. Langtidstrender i utvikling av bunndyrsamfunn. Arne Fjellheim, Godtfred A. Halvorsen (37 s.)

Nr. 5-12 Konsekvenser og avbøtende tiltak for ørret i forbindelse med utbygging av små kraftverk. Svein Jakob Saltveit, Ragnhild Wendelbo (40 s.)

Nr. 6-12 Evaluering av celleterskler som avbøtende tiltak. Jo Vegar Arnekleiv (red.) (74 s.)

Nr. 7-12 Vanntemperatur i kraftverksmagasiner. Ånund Kvambekk, Norges vassdrags- og energidirektorat (31 s.)

Nr. 8-12 Elvemusling og konsekvenser av vassdragsreguleringer - en kunnskapsoppsummering. Bjørn Mejdell Larsen, Norsk institutt for naturforskning (165 s.)

Nr. 9-12 Virkninger av små vannkraftverk på lav- og mosefloraen - en forundersøkelse. Per G. Ihlen, Rådgivende Biologer AS, Torbjørg Bjelland, Rådgivende Biologer AS Kjetil Vaskinn, Sweco Norge AS, Geir Helge Johnsen, Rådgivende Biologer AS (50 s.)

Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no