

Kartlegging av hydromorfologi i norske elver – erfaringer med ulike metoder i Surna og Gudbrandsdalslågen

Av Peggy Zinke, Markus Lindholm, Børre Dervo, Marie-Pierre Gosselin, Atle Harby, Maia R. Kile, Johan Kling og Håkon Sundt

Peggy Zinke er postdoktor og Håkon Sundt er PhD-stipendiat ved institutt for bygg og miljø på NTNU og forskere på Sintef Energi i Trondheim. *Markus Lindholm* er forskningsleder og *Maia Kile* er forsker ved NIVA i Oslo. *Børre Dervo* er forsker ved NINA på Lillehammer. *Marie-Pierre Gosselin* var seniorforsker ved UNI Research Miljø Bergen og er nå frilansforsker og konsulent innen hydroøkologi. *Atle Harby* er seniorforsker ved Sintef Energi i Trondheim. *Johan Kling* er konsulent ved DHI i Gøteborg (Sverige).

Summary

Five different methods for hydromorphological characterization and classification of rivers were applied to selected reaches of the rivers Surna (35 km) and Gudbrandsdalslågen (15 km) to test their suitability for the development of a Norwegian method for hydromorphological classification complying with the requirements of the European Water Framework Directive (WFD). Three of the methods (River Habitat Survey, Morphological Quality Index and Swedish River Classification) have been used or developed in connection with the WFD. The Environmental Design Method and the system Nature in Norway 2.0 are Norwegian methods designed for other purposes. All methods are based on information from Geographical Information Systems (GIS), albeit to varying degrees. The river classification for Lågen reflected large variations in slope and was similar across the different methods. However it was not in agreement with the WFD-related water body delineation. The classification for Surna revealed larger distinctions across methods, as a result of methodological differences in the handling of

the effects of regulation and human disturbances. The results cannot be generalized as such and further testing of the methods is needed in additional rivers of different characters. The use of high-resolution data from remote sensing is recommended, as is the development of automated routines for hydromorphological classification.

Sammendrag

Fem ulike metoder for hydromorfologisk karakterisering og klassifisering av elver ble testet ut for utvalgte vannforekomster i Surna (35 km) og Gudbrandsdalslågen (15 km), for å teste hvorvidt de er egnet for utvikling av en norsk metode for hydromorfologisk klassifisering i henhold til vannforskriften. Tre metoder (River Habitat Survey, Morphological Quality Index og Swedish River Classification) har blitt brukt eller utviklet med hensyn til EU vanddirektivet. Miljødesignmetoden og systemet Natur i Norge 2.0 er norske metoder som ble utviklet for andre formål. Alle metoder baserer seg i ulik grad på informasjon fra Geografiske Informasjonssystemer (GIS).

Inndelingen i avsnitt for Lågen gjenspeiler store variasjoner i helning og var nesten sammenfallende for de ulike metodene, men ikke med inndelingen som er gjort etter vannforskriften. Avsnittsinndelingen for Surna viste større forskjeller, som gjenspeiler ulik håndtering av reguleringseffekter og menneskelige inngrep i metodene. Resultatene kan ikke generaliseres og metodene må testes i flere vassdrag av ulik karakter. Det anbefales å ta i bruk høytoppløste data fra fjernmåling og utvikle automatiserte rutiner for hydromorfologisk klassifisering.

Innledning

Gjennom implementeringen av EUs Vanddirektiv og etablering av vannforskriften fikk Norge et helt nytt forvaltningsverktøy for vannmiljø. Verktøyet er orientert etter naturens egne premisser, ved at organismene og vannmiljøet de lever i, selv skal legges til grunn for å vurdere hvor påvirket en innsjø eller en elv er av menneskelige aktiviteter. Denne rammen har ledet til etablering av en rekke biologiske indikatorer, basert på organismegrupper som plankton, vannplanter, fisk, bunndyr eller begroingsalger (de kalles da gjerne «biologiske kvalitetselementer») som benyttes til å klassifisere vassdragets «økologiske tilstand». Vannkjemiske data (som f.eks. pH og næringsalter) har en understøttende funksjon ved slike tilstandsklassifiseringer. Man har også delt inn alle norske elve-vannforekomster i ulike typer basert på økoregion, klimasone, kalk- og humusinnhold, og turbiditet (DG, 2015).

Ad denne vei har man kunnet estimere den faktiske graden av påvirkning i en lang rekke vann og vassdrag. Påvirkninger fra fysiske installasjoner og inngrep i elver har så langt ikke blitt vektlagt like mye. Dette kan omfatte kraftverk, kanaliseringer, dammer, forbygninger, diker, flomvern, terskler eller andre inngrep som er viktig for mennesker. Disse inngrepene modifierer elvas naturlige hydrologi og vannføring, og kan i tillegg forandre elveleiets fysiske utforming og morfologi. En elv beskriver en dynamisk fluks av vann, sedimenter, næringsstoffer og organisk materiale (detritus), og egenskapene disse til sammen utgjør, beskriver elvas

hydromorfologi. Begrepet hydromorfologi er i Lovdata definert som «*vannmengde og variasjon i vannføring og vannstand, samt bunnforhold og vannforekomstens fysiske beskaffenhet*». Hydromorfologiske prosesser skaper den fysiske rammen for akvatiske organismer i elver og blir samtidig påvirket av dem. Etter vannforskriften skal «hydromorfologisk tilstand» tjene som støtteparameter, på linje med vannkjemi, men til nå har det ikke vært noen omforent metodikk som gjør det mulig å kvantifisere graden av hydromorfologisk påvirkning.

Siden 2015 har imidlertid en forskergruppe under ledelse av SINTEF arbeidet med å utvikle et rammeverk som skal gjøre det mulig å karakterisere og klassifisere norske elvers hydromorfologiske tilstand i henhold til vannforskriften. Oppdraget har vært todelt: først skulle ulike metodiske tilnærminger som er kjent fra andre europeiske land eller som vi av andre grunner mener kan ha relevans, testes ut og sammenstiltes; deretter skulle en metode for bruk i Norge utvikles og anbefales.

Hydromorfologisk påvirkning klassifiseres ved å sammenligne elvas tilstand med en referansetilstand. De fleste europeiske land har laget egne typologier som beskriver hvordan hydromorfologien for en elv med «svært god» tilstand ser ut, avhengig av geologi, økoregion, nedbørsfelt, helning og andre parameter. I Norge har man ikke utviklet en slik hydromorfologisk elvetytologi enda. I det følgende presenterer vi resultater av ulike metoder som gruppen har testet ut i Surna og Gudbrandsdalslågen (heretter omtalt som Lågen), og diskuterer hvorvidt de er egnet for hydromorfologisk kartlegging, karakterisering og klassifisering.

Metoder, data og studieområder

Arbeidet har konsentrert seg om fem ulike metoder som har blitt brukt i nordiske land for kartlegging av vassdrags hydromorfologiske utforming: Miljødesignmetoden (MDM), NiN-kartlegging i ferskvann (NiN2.0), River Habitat Survey (RHS), Svensk Metode for Elveklassifisering (SRC) og Morphological Quality Index (MQI), se tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over metodene med nøkkel-referanser og ansvarlige i prosjektet. Målestokk antyder typisk aggregeringsnivå for minste kartleggingsenhet. Et mesohabitat må minst være en elvebredde i lengde. Typisk lengde til en elvestrekning er 10-30 ganger elvebredden.

Navn	Forkortelse	Utviklet i	Nøkkelreferanser	Kartleggingsenhet	Ansvarlig
Miljødesignmetoden	MDM	Norge	<i>Forseth og Harby (2013)</i>	Mesohabitat	SINTEF Energi
NiN-kartlegging i ferskvann	NiN2.0	Norge	<i>Halvorsen mfl. (2015)</i>	Elvestrekning (i denne studien)	NINA
River Habitat Survey	RHS	Storbritannia	<i>Environment Agency (2003)</i>	Punktmålinger hver 50-500 m	UNI Miljø
Svensk metode for elveklassifisering	SRC	Sverige	<i>HaVa (2013), Kling (2016)</i>	Elvestrekning	NTNU
Morphological Quality Index	MQI	Italia / EU	<i>Rinaldi mfl. (2013); Rinaldi mfl. (2015)</i>	Elvestrekning til vannforekomst	NIVA

Ikke alle metodene ble utviklet for det formålet de her skal anvendes til, og de har til dels forskjellig utforming. Metodene orienterer seg også etter noe ulikt aggregeringsnivå og representerer ulike målestokker innenfor det hierarkiske rammeverket som man bruker for å beskrive vassdragshabitater (*Frissell mfl. 1986*). Inndelingen i «avsnitter», dvs. elvestrekninger med antatt lignende hydromorfologiske egenskaper, kan derfor variere mellom metodene. Alle metodene bruker GIS-data og -analyser, der tre metoder (NiN2.0, SRC, MQI) hovedsakelig er basert på GIS-analyser og benytter feltbefaringer for å verifisere resultatene, mens de to andre metodene bruker GIS-data i noe mindre grad.

Miljødesign-metoden, MDM:

Miljødesign-metoden (MDM) er beskrevet i "Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag", eller kort «Miljødesignhåndboka» (*Forseth & Harby 2013*). Metoden bygger på flere komponenter som stammer fra egenutviklede norske metoder for klassifisering av mesohabitater (*Borsanyi 2005*), beskrivelse av substrat og skjul og internasjonal litteratur for hydrologisk variasjon (*Richter mfl. 2006*). Metoden er utviklet for bruk i regulerte vassdrag med fokus på laksefisk. Vassdraget deles først inn i strekninger med lignende hydrologiske forhold eller adskilt av reguleringsinngrep som dammer, inntak og ut-

løp av kraftverk. Hver strekning deles så skjønnsmessig inn i avsnitter som har lignende hydromorfologiske forhold, for eksempel slik at områder med ulik gradient eller svært ulik substratsammensetning blir skilt fra hverandre. Innenfor hvert avsnitt kartlegges enten hele avsnittet eller en representativ strekning, avhengig av omfang og ressurstilgang på studiet. Kartlegging består av registrering av mesohabitat og dominerende og sub-dominerende substratstørrelse. I noen utvalgte områder kartlegges også skjul for fisk og det gjøres kontrollmålinger av vandndyp, vannhastighet og substratstørrelse. Begrepene «mesohabitat», «hydrauliske habitat» eller «fysisk habitat» brukes ofte om hverandre for å beskrive soner med bestemte kombinasjoner av vandndyp, strømningshastighet og turbulens som varierer med vannføring. MDM definerer 10 ulike mesohabitat-typer basert på vannoverflatestruktur, vannspeilgradient, hastighet på vannoverflaten og vandndybde, med brukervalgte grenseverdier det er utviklet standard grenseverdier for elver med laks der dette er hovedfokus (*Borsanyi mfl. 2004*). Metoden benyttes på ulike vannføringer for å vise hvordan spesifikke mesohabitater varierer med vannføring, slik at man kan finne optimale miljøbaserte vannføringer, koblet opp mot sesongkrav hos nøkkelarter. Metoden har blitt utviklet for kartlegging i felt eller ved bruk av flyfoto, men kan også brukes i kombinasjon

med hydrodynamiske modeller (*Casas-Mulet, Alfredsen, og García-Escudero Uribe 2014*), og tillater derfor en effektiv beskrivelse av de ulike hydrauliske habitatene som oppstår ved ulike vannføringer.

Swedish River Classification, SRC:

Den svenske elveklassifiseringsmetoden (Swedish River Classification, SRC) er en videreutvikling av en metode for klassifisering av hydromorfologiske elvetyper som ble publisert av Sveriges Havs- og vattenmyndigheten i 2013 (*HaV 2013*), og som i stor grad relaterer seg til elveklassifisering av *Montgomery og Buffington (1997)*. Metoden ble testet basert på et utkast fra august 2016 (*Kling 2016*). SRC fokuserer på de naturlige landskapsformene som forekommer i ulike typer av vassdrag. Systemet baserer seg på ti morfologiske hoved-elvetyper og 27 undertyper. Viktige parametere for klassifisering er: saltvannspåvirkning, geologi, løsmasser og jordsmonn, helning, antall elve-forgreininger, sinuositet, relasjon mellom elvebredde og -dybde, bunnsubstrat, stabilitet av øyer og deres substrat og vegetasjon, utforming av elvesletta og strømningstype. Kartlegging i felt foretas ved hjelp av et beslutnings-tre. I de fleste tilfeller beskrives ikke menneskeskapt installasjoner og strukturer. SRC-klassifiseringen som ble testet her er del av et større rammeverk som i tillegg inkluderer en metodikk for biotopkartlegging som har kortere strekninger, og en separat retningslinje for vurdering av påvirkninger og inngrep.

River Habitat Survey, RHS:

River Habitat Survey (RHS) er et vanddirektivkonform metode som ble utviklet i Storbritannia og har vært brukt i flere Europeiske land til hydromorfologisk karakterisering, samt analyser av hydromorfologisk tilstand som følge av påvirkninger. Metoden kan brukes 1) for karakterisering av elvetyper og 2) for vurdering av konsekvensene av menneskelig aktiviteter på habitat i elver (økologisk tilstand). Metoden ble brukt siden 1997 med en ny versjon i 2003, og består av fire ulike komponenter: (i) en standard feltmetodologi; (ii) en database, for innlegging

av resultater fra undersøkelsen og sammenligne dem med informasjon fra andre steder og referanseelver, (iii) en pakke med metoder for å vurdere habitat-kvalitet; og (iv) et system for å beskrive graden av menneskeskapt endringer. Ved utprøving av metoden i Gudbrandsdalslågen og Surna har det imidlertid kun vært fokus på habitat-karakteristikk (komponenter (i) og (ii)), og ikke på tilstandsvurderinger. Med RHS ble 15 ulike referanseelvetyper karakterisert i Storbritannia.

Elvetypen bestemmes ved å sammenligne de viktigste egenskapene med parameter fra referanse-elvetyper og verifiseres i felt. Man bruker geologi, høyde over havet, helning, avstand til kilden og høyde til kilden som hovedattributter og beliggenhet i forhold til tregrensen, planimetrisk mønster, avstand til innsjø, dalform, elvas størrelse og basisavrenning som sekundære attributter.

Feltundersøkelsene forutsetter systematisk registrering av fysiske egenskaper i og langs elvestrekningen, opptil 50 m fra bredden. Registreringene blir gjort hver 50. meter langs et 500 m langt avsnitt (*Raven mfl. 1998*). Elvas bredde, vanddybde, elvesubstrat, leveområde-trekk, akvatiske vegetasjonstyper, kompleksiteten i kantvegetasjonen langs bredden og modifikasjonstype til elvestrekningen og breddene er alle registrert på hver 50m. Antall og type av mesohabitat og spesielle kanaltrekk samt strømningstyper som finnes i området registreres også.

Morphological Quality Index (MQI):

MQI er en metode for å karakterisere og klassifisere hydromorfologisk tilstand i elver, og ble opprinnelig utviklet i Italia i forbindelse med vannforskriften, og så videreutviklet i EU-prosjektet REFORM. Metoden består av en hydromorfologisk indeks som i prinsippet skal være tilpasset alle typer vassdrag i Europa, og den har vært brukt i ni europeiske land (*Rinaldi mfl. 2013; 2015*).

Arbeidet starter med bruk av GIS, flybilder og kartdata. Først inndeles det aktuelle vassdraget i hovedsegmenter og avsnitt som har en enhetlig hydromorfologisk utforming, og som ofte

er sammenfallende med vannforskriftens «vannforekomst». Dette gjøres ved en grov typologisk inndeling, basert på landskapsgeografiske rammer, elveløpets laterale begrensning («confinement»), og elveløpets morfologi. Til sammen leder dette til en karakterisering av vannforekomster i tråd med inndelingen i Vann-Nett, samt en første vurdering av hvorvidt vannforekomsten er i risikozonen for ikke å få god eller svært god hydromorfologisk tilstand.

Deretter samles informasjon om inngrep i og langs vassdraget (reguleringer, demninger, terskler, erosjonssikring, flomforbygning, veier og annet), der disse kan hentes fra flyfotos, NVE atlas og kart. Dataene verifiseres og kompletteres ved feltbefaringer. Viktige hydromorfologiske markører i felt kan være forekomst av grusbanker og øyrer, kantvegetasjonens tilstand, elveleiets helningsgrad, tegn til sideerosjon (der slike forventes), flomslettenes utforming, bunnsubstrat, mengden døde trær i elveleiet eller tegn til nylig graving (innskjæring) ved forsterket bunnerosjon.

På grunnlag av innsamlet informasjon foretas hydromorfologisk tilstandsklassifisering ved hjelp av 28 ulike indikatorer, inndelt i tre hovedkategorier (hydromorfologisk kontinuitet, kunstighet og kanalisering), som hver kan standardiseres, kvantifiseres og vektet. En summering av alle indikatorene leder så til endelig fastsettelse av MQI-indeks, som definerer «tilstandsklasse», sensu vannforskriften. Indeksen strekker seg fra 0 til 1, der 1 er referansetilstand, uten noen hydromorfologiske inngrep fra mennesker, mens 0 er karakterisert av maksimal hydromorfologisk påvirkning og tilsvarer svært dårlig hydromorfologisk tilstand.

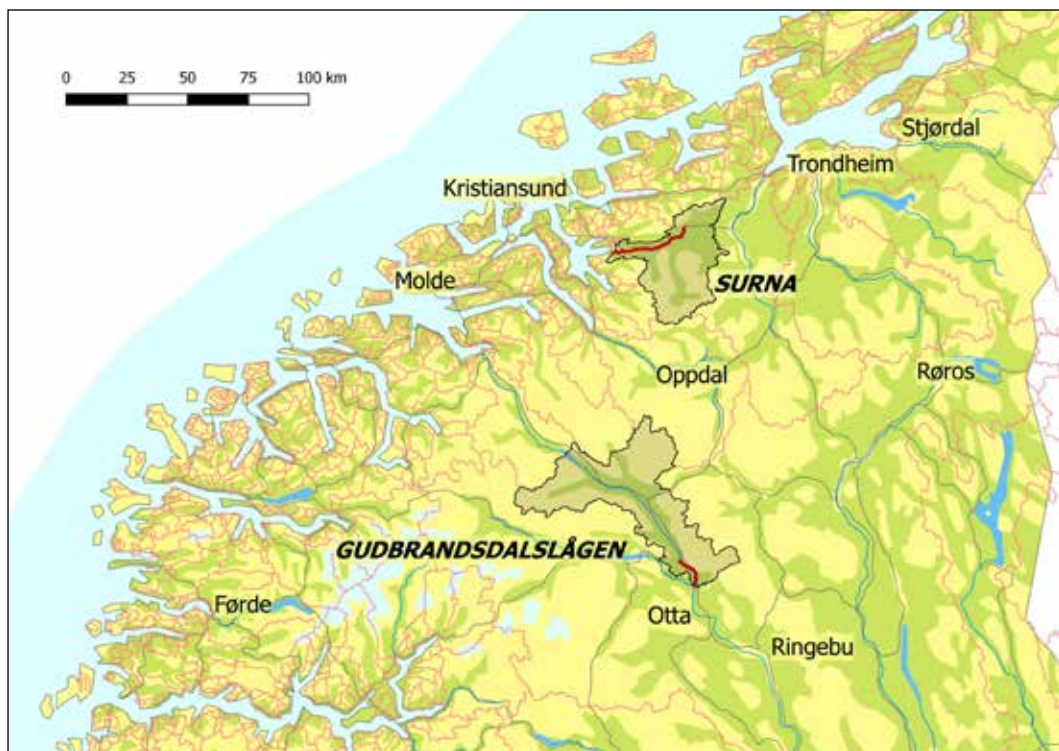
Natur i Norge, NiN2.0:

NiN (Natur i Norge) er et verdinøytralt system som beskriver og type-inndeler norsk natur i ulike «naturtyper» på hele Norges land- og vannareal. Systemet er hierarkisk oppbygd i tre nivåer. Inndelingen skjer på bakgrunn av forskjeller i artssammensetningen (økologisk avstand) ved bruk av en standardisert metode. Den forutsetter at det finnes spesielt tilrettelagt datamateriale, det

vil si «generaliserte artslistedata». Det er disse økologiske avstandene som bestemmer inndelingen i hovedtypegrupper, hovedtyper og grunntyper. «Verktøyet» for å dele inn i ulike typer på alle de tre nivåene er de «lokale komplekse miljøvariablene» (LKM). En LKM er definert som «én blant få, vanligvis en, to eller tre, lokale miljøvariabler som gir et vesentlig bidrag til å forklare variasjon i artssammensetning», for eksempel kalkinnhold, turbiditet og vannpåvirkningsintensitet for elvevannmasser. Totalt er det beskrevet 61 lokale LKM. Beskrivelsessystemet brukes til ytterligere å karakterisere naturvariasjonen innenfor alle hovedtyper og grunntypene. NiN har egne typer for sterkt endret natur. Systemet er i stadig utvikling og nåværende versjon (*Halvorsen mfl. 2015*) som er i bruk benevnes «NiN 2.0». NiN i ferskvann er delt inn i to hovedtypegrupper; 1) limnisk vannmasser (F) og 2) ferskvannsbunnsystemer (L). Disse to hovedtypegruppene er igjen delt inn i 13 hovedtyper og 83 grunntyper, herav med seks hovedtyper som er mest relevant for elv og bekk. Informasjonen tas fra ulike kilder, som for eksempel Vann-nett og NVE-Atlas. Kartleggingen i felt hadde hovedfokus på bunnsystemet (L).

Studieområder og testing av de fem metodene

De fem metodene skissert ovenfor ble testet 9. til 11. oktober 2016 i Gudbrandsdalslågen (Oppland fylke) langs strekningen Rosten-Otta («Selsvollene») og 31. oktober til 2. november 2016 i Surna (Møre og Romsdal), fra Rindal nedover til utløpet i fjorden (figur 1). Disse elvestrekningene ble valgt fordi det fantes en del data fra tidligere undersøkelser, og fordi de representerer et vassdrag med anadrome fiskearter (Surna) og et innlandsvassdrag (Lågen). De fem metodene ble testet samtidig i forbindelse med prosjektworkshoper. For alle metoder ble det gjennomført GIS-analyser eller andre forberedelser i forkant av feltinnsatsen. Eksisterende flomsøndata fra NVE ble analysert i forhold til flomsletter og saltvannspåvirkning (Surna). Noen metoder ble tilpasset de lokale eller norske forholdene. For NiN-kartleggingen ble det tatt



Figur 1: Oversikt over elvestrekningene som ble kartlagt, med tilhørende nedbørsfelt.

utgangspunkt i veilederen for kartlegging av terrestriske naturtyper, og den ble tilpasset forholdene i ferskvann.

MQI og SRC kunne dekke nesten hele strekningene under kartlegginger i felt, mens de mer detaljerte metodene ble benyttet på utvalgte delstrekninger. I Gudbrandsdalslågen var det gode hydrologiske forhold for feltarbeid med lav vannføring ($17,3 \text{ m}^3/\text{s}$), mens det var skiftende og til dels høy vannføring ($45\text{--}80 \text{ m}^3/\text{s}$ ved Skjermo) under kartleggingen i Surna, noe som satte grenser for mulighetene for substratkartlegging.

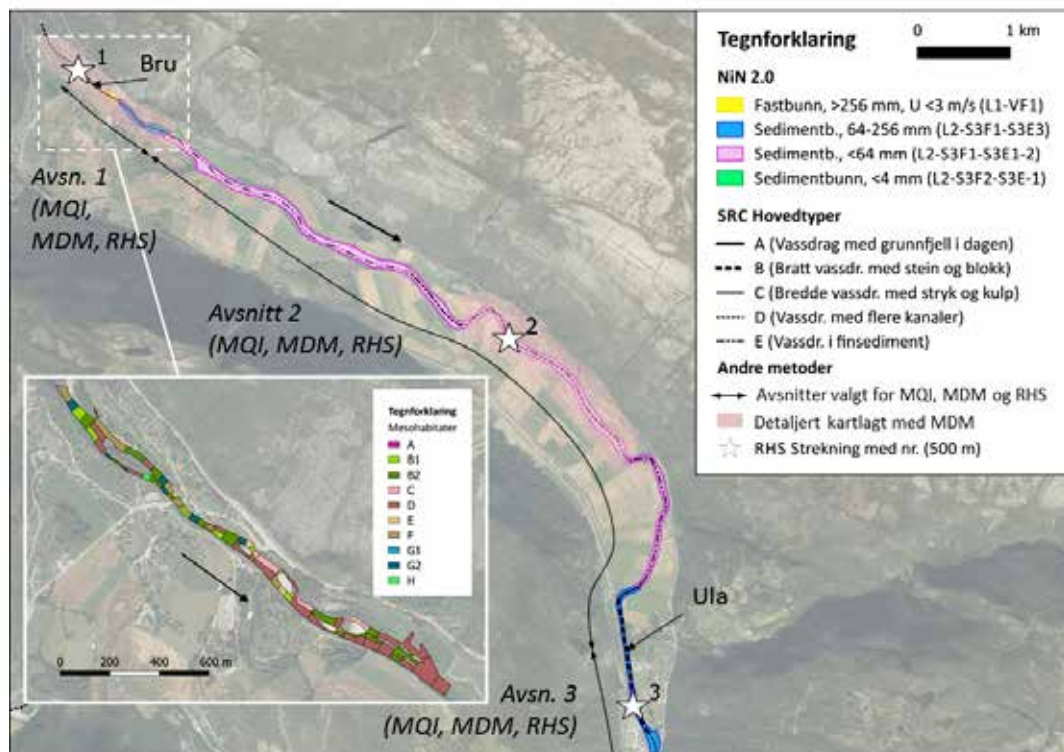
Tabell 2 viser noen rammedata for de to elvestrekningene. Strekingen i Surna kjenntegnes av at nedbørsfeltet vokser betraktelig på den 36 km lange strekingen, fra av 207 km^2 øverst til 1199 km^2 ved utløpet. Store deler av nedslagsfeltet er regulert for vannkraftutbygging. Det fører til sterkt redusert middelvannføring mellom Rinna og utløpet fra Trollheimen kraftverk ved Harang, og til noe forhøyet middelvannføring derfra til munningen av sideelva

Vindøla. De siste tiårene har man observert en rekke morfologiske endringer i elveleiet: elva har gravd seg ned noen steder (Bævre and Øydvin 2007), og det har blitt betydelig mer vegetasjon i elveleiet etter reguleringen, i kombinasjon med endringer i sedimenttransport. En rekke tiltak har vært gjennomført for å motvirke dette, særlig etablering av djupål, og fjerning av vegetasjon og humus på grusører.

Den undersøkte strekingen i Lågen ligger i øvre del av Gudbrandsdalen og har et nedbørsfelt som er større enn i Surna (ca. 2000 km^2), med økningen er bare 13 % langs den 15 km lange strekingen. Ved Selvollene er elva påvirket av menneskelig aktivitet. Etter Storofsen i 1789 ble området våtere og mer myrlendt. Sideelva Ula førte med seg så mye stein- og grusmasser at vannmassene i Lågen oppstrøms ble presset helt vest mot dalsiden, lengre vest enn elva går i dag. I 1850 startet planleggingen av tiltak for gjenvinning av Selsmyrene (som de het den gang) som jordbruksareal. Fram til i dag ble det utført

Tabell 2: Karakteristika til de to elveavsnittene som ble undersøkt, basert på data fra NEVINA (www.nevina.no, med vannføring for tidsserien 1961-90). MQ = Middelvannføring

Elvestrekning	Nedbørsfelt A_N (km ²)	Middelvannføring (m ³ /s)	Middelflom (m ³ /s)	Høyde (m.o.h.)	Lengde (km)	Merknad målestasjon
Surna	207-1199	8,2 - 57,3	109 - 536	92 - 1	35,5	MQ Skjermo = 41.3 m ³ /s (112.27; A_N 925 km ²)
Gudbrandsdalslågen	1834-2103	32,2 - 36,2	366 - 406	318-287	14.5	MQ Rosten = 32.2 m ³ /s (2.614; A_N 1830 km ²):



Figur 2: Den kartlagte strekningen i Gudbrandsdalslågen, med resultater for NiN2.0 (Bunntype), SRC og merking av strekninger og lokaliteter for MQI, MDM og RDH. Avsnittsinndelingen var den samme for MQI, MDM og RHS. Detaljkartet viser kartleggingsresultater for MDM for den øvre delen. Flyfoto fra Norgebilder (www.norgebilder.no).

følgende tiltak: Uladammen (1879, ombygd 1999), flytting og senking av Lågen (etter 1900), flomforbygninger langs Lågen, kanaler på elve-slettene og flytting av utløp for Selsbekken (Høydal 2002, Ulvolden 2002).

Resultater og diskusjon

Resultatene fra kartleggingen i testområdene viste at de ulike metodene hadde noe ulikt aggregeringsnivå (figur 2). I denne artikkelen er

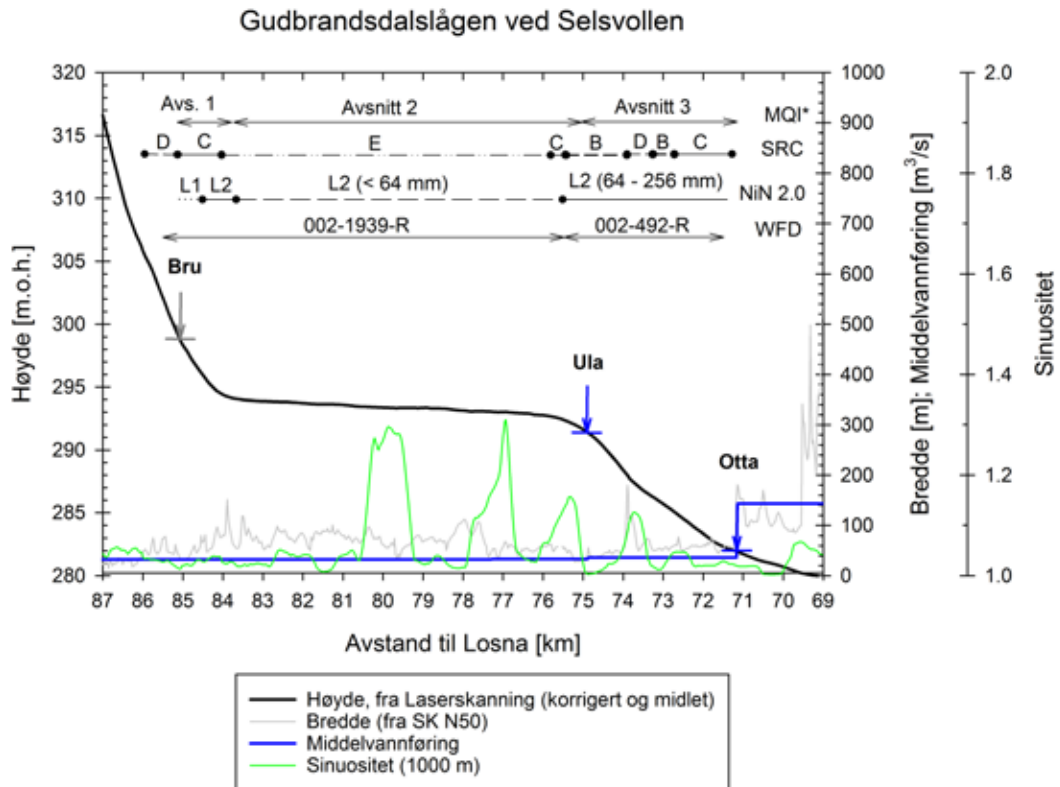
bare utvalgte resultater fra RHS og MDM, som ble oppsummert i tabeller og grafikker i prosjekt-rapporter, tatt med.

MDM delte strekningen i Lågen i tre segmenter. Det var størst variasjon i mesohabitater i segmentet lengst oppstrøms bestående av til sammen syv ulike mesohabitater. Her ble derfor hele segmentet kartlagt (eget utsnitt i figur 2), mens bare et utsnitt ble kartlagt på de andre to segmentene. RHS fant også et høyt mangfold av

strømningstyper på samme strekningen (nr. 1) og i mindre grad på strekning nr. 3, mens det ble funnet bare en strømningstype langs strekning nr. 2. RHS tok dessuten hensyn til mange parametere, for eksempel typer av elvbredd (bratt, dominert av store steiner og trær), og vannvegetasjonen, som i dette tilfelle hovedsakelig besto av mose. RHS-kartleggingen klassifiserte både Gudbrandsdalslågen og Surna som «fjeldalselfer». Denne RHS-elvetypen er karakterisert gjennom en høyde av >100 m o.h., en høydeforskjell mellom elvestrekning og kilden av større enn 300 m, «unconfined» forhold (elv i alluviale sedimenter uten fast fjell, og ikke lateralt begrenset), en gradient av mindre enn 1 prosent, og bredd- og bunns substrat dannet av småstein, større stein og blokkmark.

De andre metodene inndelte også strekningen i Lågen i minst tre avsnitt, basert på forskjeller i bunns substrat og vannhastighet. Inndelingen var imidlertid ikke sammenfallende for de ulike metodene, og tilsvarte heller ikke i alle tilfeller inndelingen i vannforekomst etter vannforskriften. Dette blir tydelig når man ser på lengdeprofil av elva (figurene 3 og 4). De inkluderer data for middelvannføring, elvbredd og sinuositet basert på data fra Statens kartverk (SK) og Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE; nettapplikasjon NEVINA: www.nevina.no).

Alle metoder setter avsnitts- eller typegrenser der hvor det er store endringer på nøkkelparameterne helning og/eller vannføring (figur 3). Det er ikke alltid tilfelle for vannforskriftens inndeling, som kan omfatte strekninger med



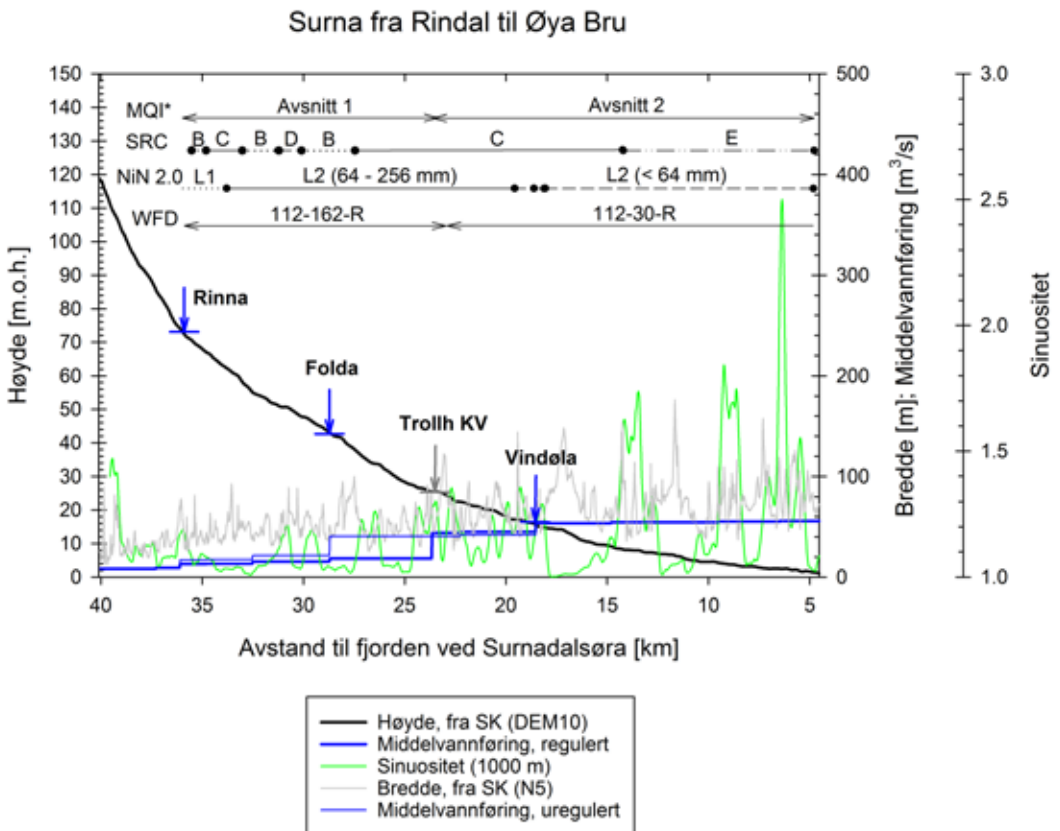
Figur 3: Lengdeprofil av Gudbrandsdalslågen ved Selsvollene. Linjer for helning (høyde), middelvannføring, sinuositet og bredde er markert. Vannføring er fra NEVINA, tidsserie 1961-90. Øverst er det vist hvordan metodene ledet til inndeling i ulike avsnitt. Inndelingen i vannforekomster etter vanddirektivet (WFD) i Vann-nett er også vist. * MDM og RHS valgte de samme avsnittsgrensene som MQI.

lokalt forskjellig helningsgrad. MQI-oppdeling i to avsnitt (1 og 2) i Lågen (figur 3) ble gjort etter feltbefaringen, med grenser der hvor man i felt kunne identifisere tydelige forskjeller mellom strømnings-hastigheter og sedimenter. MDM og RHS valgte de samme avsnittsgrensene som MQI. Inndelingen gjort etter disse metodene var ellers i overensstemmelse med vannforskriften.

SRC skilte ut flere avsnitter enn MDM, RHS, MQI og NiN, og typegrensene korresponderte blant annet med endringer i sinuositeten (Lågen), eller med gjennomførte tiltak som graving av djupål (Surna). Elvestrekningene tilhører SRC-hovedtypene B (bratt og meget turbulent vassdrag med stein og blokk), C (bredde vassdrag med regelmessig vekslende stryk og kulp), D

(vassdrag med flere parallelle kanaler) og E (vassdrag i finsediment).

NiN-kartleggingen la stor vekt på variabelen «bunnsystem»: Metoden identifiserte fastbunn (L1; gul på figur 2) på en kort strekning i øvre del av Lågen og ulike typer sedimentbunn (L2) for øvrig. NiN systemet deler elvas hydromorfologi etter ”vannmasser” (F) og ”bunnsystemer” (L). Resultatene av kartleggingen i Surna (figur 4) viser at NiN-bunntypene korresponderer med endringen i sinuositeten, med en grense cirka der hvor Vindøla renner inn. Verken SRC eller NiN-bunnsystemet klarte imidlertid å fange opp noen typegrense knyttet til utløpet av Trollheim kraftverk, som har vært i drift siden 1968. Morfologiske endringer som gjenspeiles i bunn-



Figur 4: Lengdeprofil av Surna fra Rindal til Øya Bru. Linjer for helning (høyde), middelvannføring, sinuositet og bredde er markert. Vannføring er fra NEVINA, tidsserie 1961-90. Øverst er det vist hvordan metodene ledet til inndeling i ulike avsnitt, sammen med inndelingen i vannforekomster etter vandirektivet (WFD) i Vann-nett. * MDM og RHS valgte de samme avsnittsgrensene som MQI.

Tabell 3: Oversikt over vektlagte parametre og tilpasningsbehov for de fem metodene

Metode	Særlig relevante elementer	Begrensninger og behov for tilpasninger
MDM	<ul style="list-style-type: none"> • Kartlegging av fysiske habitater som varierer med vannføring; viktig kunnskap for kobling mot fisk og bunndyr • God mulighet for direkte kobling til fjernmåling og modellering • God metodikk for kartlegging av forhold ved ulike vannføringer • Grenseverdier kan tilpasses type vassdrag 	<ul style="list-style-type: none"> • Deler inn vassdraget etter hydrologi og fysiske forhold i selve elveløpet (tar ikke direkte hensyn til faktorer som dalføre, geologi, kantvegetasjon eller utforming av flomsletter) • Mest brukt for elver med stein og grus på bunnen
RHS	<ul style="list-style-type: none"> • Inkluderer parametere for strømning, bredde, kantsone og flommark på et detaljert nivå • De fleste parametere kartlegges uavhengig av vannføring • Fleksibelt detaljerings-nivå • Kartlegging av ulike elvetyper 	<ul style="list-style-type: none"> • Lite integrasjon med GIS for en strekning • Relaterer her til 15 elvetyper fra Storbritannia
NiN	<ul style="list-style-type: none"> • Kobling mot biologi via artslister • Klart definert system for håndtering av ulike kartleggingsoppdrag/målestokk 	<ul style="list-style-type: none"> • Ikke tilstrekkelig testet enda • Grenseverdier må verifiseres
SRC	<ul style="list-style-type: none"> • Elvetyperne representerer typiske kombinasjoner av flere hydromorfologiske parametere og kan produseres ved hjelp av GIS-analyser • Prosess-basert typologi 	<ul style="list-style-type: none"> • Krever flere tester og tilpasning for norske elver • Tiltak i elva kan påvirke klassifisering
MQI	<ul style="list-style-type: none"> • Helhetlig hydromorfologisk konsept • Etablert metodikk for klassifisering av hydromorfologisk tilstand etter vannforskriften med indekser • Testet i mange elver i flere land 	<ul style="list-style-type: none"> • Lite fokus på vannkraftregulering, som er en viktig påvirkningsfaktor i Norge • Ingen grundig beskrivelse av fysisk habitat i elveløpet

systemet skjer over lange tidsrom, ofte flere tiår, og kan være mindre synlige, mens vannføringsendringer utløser umiddelbare endringer i biota som lever i bestemte typer strømningsforhold.

Tabell 3 oppsummerer noen egenskaper og parametre som er særlig vektlagt i de ulike metodene, og peker på begrensninger eller momenter der det er behov for kompletterende kunnskap.

Både MQI og NiN2.0 er tilrettelagt for å beskrive ulike påvirkninger eller inngrep og baserer seg i stor grad på GIS-analyser. En styrke fra NiN er det klart definerte system for opp- og nedskalering mellom ulike kartleggingsmålestokk. Dagens NiN er imidlertid hovedsakelig et beskrivende system i forhold til hydromorfologi og lite testet for ferskvann, mens MQI har en

helhetlig hydromorfologisk tilnærming som ser etter prosessene i hele vassdraget (for eksempel sedimenttransport) og har blitt testet i mange elver. Det er behov for videreutvikling av NiN for ferskvann, for eksempel i forhold til typer og LKMer, valg av kartleggings-målestokk for svært dynamiske vannsystemer og grenseverdier for LKMer (*Dervo mfl. 2017*).

SRC-systemet virker forholdsvis komplisert, men erfaringer fra Sverige viser at man kan finne SRC-elvetyper bare ved hjelp av automatiserte GIS-analyser, hvis man inkluderer informasjon fra en detaljert høydemodell og moderne fjernmålingsmetoder. Disse dataene er ikke landsdekkende tilgjengelig i Norge i dag, men blir sannsynligvis standard om få år. Sensitiviteten i forhold til morfologiske inngrep er forskjellig

for ulike SRC-typer. Dermed kan det bli et nyttig verktøy for analyse av effekter fra påvirkninger eller restaureringstiltak, hvis det blir bedre testet og videreutviklet for norske forhold.

Tilgang til høyoppløselige data fra fjernmåling og større beregningskapasitet åpner nye muligheter for å bruke hydrologiske og hydrodynamiske modeller direkte for å beregne strømningsparametere, hydrauliske habitater og deres endringer ved vannføringsregulering eller andre inngrep (f.eks. *Bentley mfl. 2016*). RHS og MDM er metoder som ble utviklet da det ikke fantes slike muligheter, men som i dag kan kobles mot eller genereres ved hjelp av GIS- eller modelldata (*Naura mfl. 2016, Casas-Mulet mfl. 2014*).

Kartleggingen som ble gjort i denne studien omfattet kun fire vannforekomster. Norge har mer enn 19.000 elvevannforekomster, som i gjennomsnitt er 23 km lange. Dette betyr at resultatene fra den gjennomførte testkartleggingen ikke kan generaliseres, men de antas å representere aktuelle problemstillinger som har overføringsverdi til det videre arbeidet med kartlegging av hydromorfologi i norske elver. Det trengs flere undersøkelser med samme tilnærming, og som inkluderer også mindre vassdrag eller bekkefelt inkludert små elver og bekker i leire og torv.

Det neste skrittet som skal tas i utviklingen av en metode for kartlegging, karakterisering og klassifisering av hydromorfologi, er å foreslå en metodikk for bruk i Norge. Metoden må kunne brukes både der man har gode data, og der det finnes svært lite enkelt tilgjengelige data. Metoden skal gjøre det mulig å klassifisere hydromorfologisk tilstand etter en fem-delt skala.

Konklusjoner

Fem ulike metoder for kartlegging av vassdrags hydromorfologiske utforming ble testet for bruk til kartlegging, karakterisering og klassifisering av hydromorfologi på vannforekomstnivå.

Resultatene for to test-seksjoner i Surna (35 km) og Gudbrandsdalslågen (15 km) med totalt fire vannforekomster gjenspeilet at metodene ble utviklet for ganske ulike formål, har forskjellig

utforming og ulik detaljering av romlig skala. Alle metodene er basert på kartanalyser i forkant av målinger i felt. To metoder (MDM og RHS) brukte feltmålinger med fokus på fysisk habitat på utvalgte delområder. De tre andre metodene (MQI, NiN, SRC) brukte feltbefaringer som verifisering av kartlegging av hele test-avsnittet utført i GIS på forhånd. MDM og RHS valgte de samme avsnittsgrensene som MQI. Inndelingen i avsnitt for Lågen gjenspeilet store variasjoner på helning og var nesten sammenfallende for de ulike metodene, men ikke med inndelingen som er gjort etter vannforskriften. Avsnittsinndelingen for Surna viste større forskjeller, noe som gjenspeiler ulik håndtering av reguleringseffekter og menneskelige tiltak i metodene.

Resultatene fra den gjennomførte test-kartleggingen i fire forholdsvis store vannforekomster kan neppe generaliseres, men de antas å representere problemstillinger som har overføringsverdi til videre studier. Det er behov for utprøving i flere vassdrag av litt ulik karakter.

Tilgang på høyoppløselige data fra fjernmåling og større beregningskapasitet åpner nye muligheter for GIS-analyser og for å bruke hydrologiske og hydrodynamiske modeller for å beregne strømningsparametere og deres endringer ved vannføringsregulering eller andre inngrep. Det vil trolig bli mulig å utføre deler av arbeidet med kartlegging, karakterisering og klassifisering automatisk i fremtiden.

Takk

Kartleggingen i Surna og Lågen ble gjennomført som del av prosjektet «Videreutvikling av verktøy for hydromorfologi (HyMo)» med finansiering fra Miljødirektoratet. Ressurser fra prosjektet SusWater (Forskningsrådets prosjekt 244050) har også bidratt til denne artikkelen. Vi takker Wenche Larsen (Miljødirektoratet) for laser-skanning-dataene for Lågen.

Referanser

Bævre, I. og Øydvin, E.K. 2007. *Flomsonekart. Delprosjekt Surnadal*. NVE rapport 10/2007. Flomsonekartet. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.

- Bentley, S.G., England, J., Heritage, G., Reid H., Mould D. og Bithell, C. 2016. Long-reach biotope mapping: deriving low flow hydraulic habitat from aerial imagery. *River Research and Applications* 32: 1597-1608.
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. og Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic Salmon in Norway. *Hydroecology appliquee* 1(14), 38 p.
- Borsányi, P. 2005. *A classification method for scaling river biotopes for assessing hydropower regulation impacts*. Doctoral Thesis, Norwegian University of Science and Technology 2005:14.
- Casas-Mulet, R., Alfredsen K. og García-Escudero Uribe, A. 2014. A Cost-Effective Approach to Predict Dynamic Variation of Mesohabitats at the River Scale in Norwegian Systems. *International Journal of River Basin Management* 12 (2): 145–59. doi:10.1080/15715124.2014.917314.
- DG 2015. Direktoratgruppen for vanddirektivet. Veileder 02:2013, *Klassifisering av miljøtilstand i vann*. Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann, grunnvann, innsjøer og elver. Direktoratgruppen for gjennomføringen av vanddirektivet (Revidert 2015).
- Dervo, B.K., Erikstad, L., Blumentrath, S. og Nygård, M. 2017. *NiN i ferskvann. Utprøving av kartleggingsmetodikk i elv og kobling til typologi i vannforskriften*. NINA kort-rapport 68. Norsk institutt for naturforskning, Trondheim.
- Environment Agency 2003. *River Habitat Survey in Britain and Ireland*. Field Survey Guidance Manual: 2003 Version. Environment Agency.
- Frissell, C.A., Liss, W.J., Warren, C.E. og Hurley, M.D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: Viewing streams in a watershed context. *Environmental Management* 10(2): 199-214.
- Forseth, T. og Harby, A. 2013. *Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag*. NINA Temahefte 52. Trondheim.
- Halvorsen, R., Bryn, A., Erikstad, L. og Lindgaard, A. 2015. "Natur i Norge - NiN. Versjon 2.0.0." Trondheim: Artsdatabanken. <http://www.artsdatabanken.no/nin>.
- HaV 2013. *Havs- Och Vattenmyndighetens Föreskrifter Om Klassificering Och Miljö kvalitetsnormer Avseende Ytvatten*. HVMFS 2013:19. Havs- Och Vattenmyndighetens Författningssamling. Havs- og vattenmyndigheten.
- Høydal, Ø. 2002. *Flomsonekart. Delprosjekt Selsmyrene*. NVE rapport 11/2002. Flomsonekartprosjektet. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Kling, J. 2016. *Vattendrag Morfologi* 0826. Göteborg. Unpublished draft 08/2016.
- Montgomery, D.R. og Buffington, J.M. 1997. Channel-Reach Morphology in Mountain Drainage Basins. *Geological Society of America Bulletin* 109 (5): 596–611.
- Naura, M., Clark, M.J., Sear, D.A., Atkinson, P. M., Hornby, D.D., Kemp, P., England, J., Peirson, G., Bromley, C. og Carter, M.G. 2016. Mapping Habitat Indices across River Networks Using Spatial Statistical Modelling of River Habitat Survey Data. *Ecological Indicators* 66 (July): 20–29. doi:10.1016/j.ecolind.2016.01.019.
- Raven, P.J., Holmes, N.T.H., Dawson, F.H. og Everard, M. 1998. Quality Assessment Using River Habitat Survey. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 8: 477–99.
- Richter, B.D., Baumgartner, J.V., Powell, J., og Braun, D.P., 1996. A Method for Assessing Hydrologic Alteration within Ecosystems. *Conservation Biology* 10, 1163-1174
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. og Bussetti, M. 2013. A Method for the Assessment and Analysis of the Hydromorphological Condition of Italian Streams: The Morphological Quality Index (MQI). *Geomorphology* 180–181 (January): 96–108. doi:10.1016/j.geomorph.2012.09.009.
- Rinaldi, M., Surian, N., Comiti, F. og Bussetti, M. 2015. A Methodological Framework for Hydromorphological Assessment, Analysis and Monitoring (IDRAIM) Aimed at Promoting Integrated River Management. Emerging Geomorphic Approaches to Guide River Management Practices. *Geomorphology* 251 (December): 122–36. doi:10.1016/j.geomorph.2015.05.010.
- Ulvolden, S. 2002. *Historiske glimt fra Selsverket. I: Gåmålt og nytt frå Sel*, bind 2 (tilgjengelig på selhistorie.no)