

Vassføring og vassdekka areal i Skjoma

Karl Øystein Gjelland

Tromsø, 16. mai 2019

UPUBLISERT

TILGJENGELIGHET
Åpen

PROSJEKTLEDER
Karl Øystein Gjelland

ANSVARLIG FORSKNINGSSJEF
Cathrine Henaug

OPPDRAGSGIVER(E)/BIDRAGSYTER(E)
Statkraft Energi AS

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER/BIDRAGSYTER
Sjur Gammelsrud

Innhald

Føreord	3
1 Samandrag	3
2 Bakgrunn	4
3 Materiale og Metode	4
3.1 Bildemateriale	4
3.2 Vannstand og vassføring	5
3.3 Vassdekka areal.....	10
3.3.1 Vassdekka areal som ein funksjon av vassføring	10
3.3.2 Arealanalysar for brekkhabitata i kulpane med trykkloggerar	11
3.3.3 Elvegårdsbrua – Hallarhølla	12
3.3.4 Hallarhølla-Lillefallet	15
3.3.5 Lillefallet-Orhølla og Sjørdalselva.....	18
3.4 Vassdekt areal i prosent av areal ved $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	19
3.5 Samla vassdekt areal.....	21
4 Diskusjon	21
5 Referansar	25

Føreord

Skjoma er inne i ein revisjonsprosess, og NVE har i samband med dette bedt Statkraft Energi AS om å utgreie høvet mellom vassføring og vassdekka areal i Skjoma og Sjørdalselva. Statkraft Energi AS gav dette oppdraget til NINA. Me takkar for oppdraget, og håpar notatet vil kome til nytte i revisjonsprosessen.

Tromsø, 16. mai 2019

Karl Øystein Gjelland, prosjektleiar

1 Samandrag

Dette notatet samstiller berekningar av vassdekka areal i Skjoma for vassføringane 1,0, 1,9, 2,5, 3,0 og 8,8 m³ s⁻¹, basert på digitalisering av elvbreidda gjennom ortofoto-analyser. Desse arealestimata blir i sin tur brukt til å ekstrapolere vassdekka areal ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0 og 1,5 m³ s⁻¹. Forma på kurvene blir også samanlikna med data frå trykkloggerar på 4 lokalitetar i Skjoma, som gir støtte for val av regresjonsmodell. Resultata er framstilt for seks ulike habitat-typar basert på elvmorfologi, og for ulike dele av Skjoma etter kva som er tilgjengeleg av ortofoto-materiale. Til sist kjem ein kort diskusjon og ein tabell som viser dei integrerte areala. Det må påpeikast at arealestimata må brukast med varsemd av fleire årsaker; for vassføringane 0,2, 0,5 og 0,7 m³ s⁻¹ er estimata ekstrapolering, men med støtte frå trykkloggerdata i enkelte område som indikerer at estimata overestimerer vassdekka areal noko for vassføringar under 1 m³ s⁻¹. Vidare vert det peika på at vassdekka areal ikkje nødvendigvis er tilgjengeleg habitat for fisk, dersom vannstanden er liten. Og kanskje viktigast; vassdekka areal i den isfrie sesongen er ein dårleg prediktor for vassdekka areal i vintersesongen. Ved tynt vassdekke om vinteren legg isen seg nedpå og gjer at det bunnfrys, og reduserer dermed vassdekka areal samt at det fører til stor dødelegheit i gytegroper. Minste vintervassføringar i Skjoma målt ved Lillefallet ligg i området mellom 0.07 og 0.25 m³ s⁻¹. Med eit fast slepp av minstevassføring vil dette kome i tillegg til restvassføringa, der bidraget frå restvassføringa varierer, men er lite for Sjørdalselva. På den andre sida er ikkje storleiken på substratgjennomstrøyminga kjent, slik at vassdekt areal ved ei vassføring på 0,2 m³ s⁻¹ truleg vil vere mindre enn den ekstrapolerte verdien for denne vassføringa. Ein auke frå 0,2 til 1,5 m³ s⁻¹ kan auke vassdekka areal med 70 % eller meir på viktige gytehabitat, medan ei tredobling i vassføring frå 0,5 til 1,5 m³ s⁻¹ utgjer ein auke i vassdekt areal på kring 16-41 % for andre habitat enn kulp og terskelbasseng, dersom ein ser vekk frå iseffekter om vinteren. Ein auke i vassføring frå 0,2 til 1,5 m³ s⁻¹ blir estimert til å føre til ein samla auke i vassdekt areal på henholdsvis 21 %, 41 % og 53 % for strekningane Elvegård-Lillefallet, Lillefallet-Orhølla, og Sjørdalselva. Den viktigaste effekten av auka vassføring i vinterhalvåret vil likevel vere å stabilisere vassforholda og tryggje vassdekka areal gjennom høgare vannstand, slik at ein unngår bunnfrysing og tap av store deler av gytegropane. I sommarhalvåret vil auka vassføring tryggje meir vassdekka areal og dermed betre produksjon av byttedyr, samt at høgare vannstand sikrar at ein større del av dei vassdekte områda er tilgjengeleg for fisk. For slepp av sommarvassføring bør det vurderast alternativ som kan gje klarare og varmare vatn enn vatnet frå lptovatn.

2 Bakgrunn

I samband med Revisjonsprosessen for Skjoma ba NVE om utgreiing av vassdekt areal for vassføringane i Skjoma og Sjørdalselva med slepp av 0,2, 0,5, 0,7, 1,0 og 1,5 m³ s⁻¹ frå lptovatn i perioden 1.10-30.04. Estimeringa av vassdekt areal som funksjon av vassføring skulle skje på bakgrunn av eksisterande data. Dette notatet er eit resultat av arbeidet med å ekstrapolere samanhengen mellom vassføring og vassdekt areal frå eit materiale der me har data til å estimere samanhengen. Her er det fleire seriar med offentleg tilgjengelege ortofoto (www.norgebilder.no), og i tillegg har NINA i samarbeid med Norut (no NORCE) kartlagt det meste av Skjoma med droneflyging og høgoppløysede ortofoto. NINA har også data frå trykkloggerar som er til støtte for forma på ekstrapoleringskurvene ved låge vassføringar. Vassføring i Skjoma blir målt og kvalitetssikra av NVE stasjon 173.22 Gamnes (terskelen i Lillefallet), mens separate vassføringsdata for Sjørdalselva og Norddalselva ikkje eksisterer. I dette arbeidet er derfor vassføringa ved Gamnes brukt til å vurdere samanhengen mellom vassføring og vassdekkta areal.

Hovuddelen av rapporten handlar om samanhengen mellom vassføring og observert vassdekkta areal på ortofoto frå Skjomen, samt samanlikning av ulike funksjonar for å ekstrapolere frå kjente verdiar ned til små vassføringar der data på vassdekkta areal manglar. I ein kort diskusjon til slutt blir det også tatt opp korleis isen påverkar vassdekkta areal om vinteren, og at eit vassdekkta areal ikkje nødvendigvis betyr at det er tilgjengeleg areal for fisk dersom vannstanden er liten.

3 Materiale og Metode

3.1 Bildemateriale

Som grunnlag for arealutrekninga vart det brukt ortofoto frå GeoNorge (Norgebilder) frå åra 2003, 2010, 2013 og 2015, samt frå droneflyging i 2014 i regi av Norut, NINA og UiT Norges arktiske universitet (HADRO-prosjektet, Framsenter insentiv-prosjekt). Ei oppsummering av datagrunnlaget er gitt i Tabell 1.

Dette ortofotomaterialet vart brukt til å digitalisere vasskanten av Skjoma ved dei respektive vassføringane, og dermed får fram geografiske polygoner for arealmåling. Sidan bildematerialet varierte noko i dekningsområde, vart materialet analysert for standardiserte strekningar som følger: Elvegårdsbrua-Hallarhølla, Hallarhølla-Lillefallet, Lillefallet-Orhølla (samløpet mellom Sjørdalselva og Norddalselva), og Orhølla til 1 km sør i Sjørdalselva.

Vassdekt areal i ei elv vil minke med minkande vassføring, og der vatnet renn av vil vassdekt areal gå mot null når vassføringa går mot null. På den andre sida vil det fortsatt vere områder med vassdekkta areal der kulpar, tersklar og liknande hindrar vatnet i å renne av sjølv om vassføringa skulle forsvinne. Med bakgrunn i dette vart elva innafor strekningane nemnt over delt i følgjande seksjonar; 1) kulp, 2) terskelbasseng, 3) rasktflytande djupål, 4) brekk ut av kulp, 5) stryk og 6) komplisert stryk. Gruppe 1 og 2 er karakterisert av stilleståande vatn, der gruppe 1 vil ha naturleg elvebunnsprofil i utløpet, medan gruppe 2 vil ha ein flat terskel i utløpet og dermed ein annan avrenningsprofil (tverrsnitt). Gruppe 3 rasktflytande djupål har normalt rasktflytande vassstraum, men vil ha vesentlege vassdekkta område også ved stopp av vassføring. Gruppe 4 brekk representerer vanlegvis overgangen frå kulp til stryk eller rasktflytande djupål. Gruppe 5 stryk vil renne tom for vatn ved opphøyr av vassføring, det gjeld også mykje av området i gruppe 4. Gruppe 6 er kalla komplisert stryk av to årsaker, den eine er at den vil ha fleire mindre områder der det vil bli ståande vatn ved opphøyr av vassføring, den andre årsaka er at det ligg mykje stor stein og blokk i området som gjer det vanskeleg å estimere vassdekt areal ved lita vassføring.

Dominerande områder for gyting er gruppe brekk, men gyting førekjem også i alle dei andre habitatgruppene. Kulpar og terskelbasseng er hovudsakleg lite eigna for gyting, men det kan vere viktige gyteområder i innløpet til desse, samt rett i forkant av terskeltrappa.

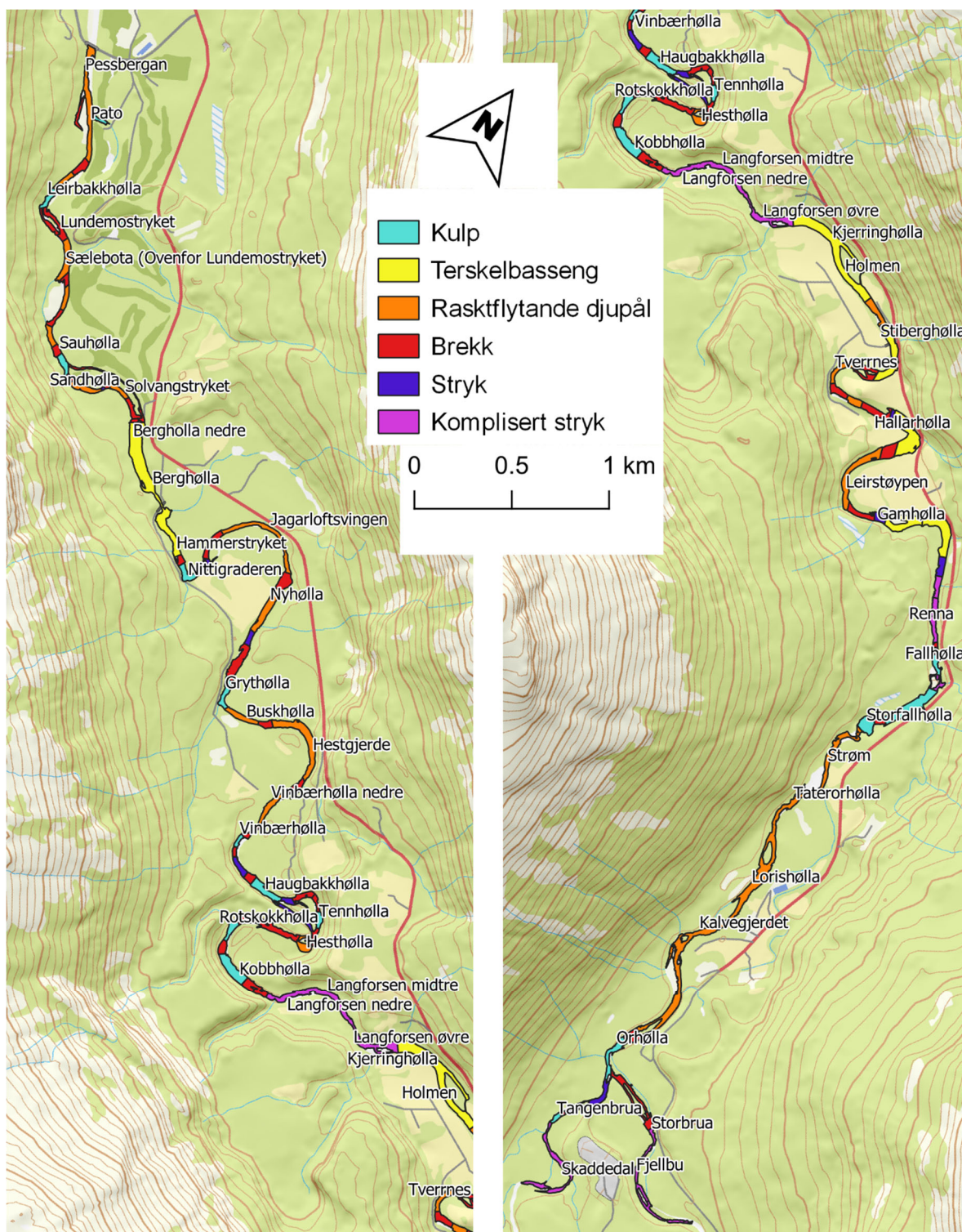
Vassføringsdata for undersøkingane er henta frå NVE ved førespurnad, samt frå sildre.nve.no. NVE estimerer vassføringa basert på ein trykkmålar innanfor terskelen på Lillefallet.

Tabell 1. Oversikt over ortofotomaterialet brukt i undersøkinga.

Dato	Vass- føring ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)	Namn	Strekning	Oppløysing (m)	Produsent	Eigar
2003-06-30	8.75	Ofoten 2003	Elvegård - Sjørdalselva	0.2	Terratec AS	Geovekst AS
2010-08-18	1.91	Narvik 2010	Elvegård - Sjørdalselva	0.5	Statens kartverk	Omløpsfoto
2013-09-10	0.97	Skjomen 2013	Elvegård - Bergholla	0.1	Cowl AS	Geovekst AS
2014-05-15	1.03	Hadro	Elvegård - Hallarhølla	0.03	Norut	NINA/NORCE
2014-10-07	2.99	Hadro		0.03	Norut	NINA/NORCE
2015-08-20	2.53	Nordland Nord 2015	Lillefallet - Sjørdalselva	0.25	Terratec AS	Omløpsfoto

3.2 Vannstand og vassføring

Som vist i Tabell 1, er minste vassføring det finst ortofoto for omlag $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Det betyr at det er nødvendig å interpolere nedover for å estimere vassdekka areal ved mindre vassføringar. Til støtte for å finne riktig kurveform for interpoleringa, blei det brukt data frå trykkloggerar lagt i tre kulpar og eit terskelbasseng hausten 2017. Trykkloggerane blei kalibrert mot ein atmosfære-trykklogger plassert i bakkehøgde i Hallarhølla-området. Trykkloggerane logga vannstand med millimeter-presisjon, og trykkdata vart relatert til vassføringa ved Lillefallet (Figur 2).



Figur 1. Kart over Skjoma med habitatgruppering og områdenamn

Data frå trykkloggerane kunne brukast fram til 22. oktober 2017. Etter det vart trykkmålingane påverka av auka trykk grunna tilfrysing, og data kunne ikkje brukast til modelleringa. Det gav ei dataområde for vannstandsregresjonane på 0,5 til 6 m³ s⁻¹. Vassføringsmåla er antatt presise for vassføringsmålingar mindre enn 1,33 ved Lillefallet etter at den nye fisketrappa kom på plass med spalte inn gjennom Lillefallterskelen. Spalta renn imidlertid full ved vassføringar høgare enn dette, og vatnet renn då over den breie Lillefallterskelen. Dette gjer målingane upresise for

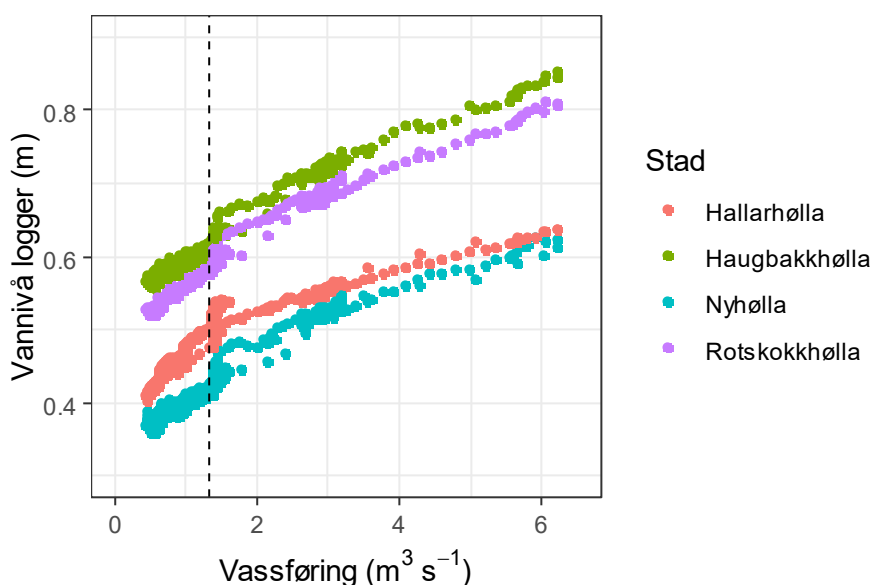
høgare vassføringar, og særleg for vassføringar mellom 1,33 og 4 m³ s⁻¹ ser me stor variasjon i vassnivå ved same vassføringsmål på Lillefallet. Samanhengen mellom vassføring og vassføring på desse lokalitetane blei derfor avgrensa til vassføringar under 1,3 m³ s⁻¹ (Figur 3). Samanhengen mellom vassføring Q og vannstand blei modellert med flomløpsformelen

$$Q = C * (H - h_0)^n \quad (\text{likning 1}),$$

der H er nivellert høgdenivå for trykkloggaren + målt vannstand på trykkloggaren, h_0 er estimert lægste punkt i utløpet, og C og n er parametarar som avheng av elvetvernsnittets form i utløpet. Posisjon og høgde for trykkloggerane blei målt med Trimble Geo7x GNSS og Kartverkets CPOS-teneste, med presisjon på 2 cm. Samanhengen i likning 1 antar ein geometrisk samanheng mellom høgde ($H - h_0$) og vidde w på vassflata i elvetvernsnittet, der

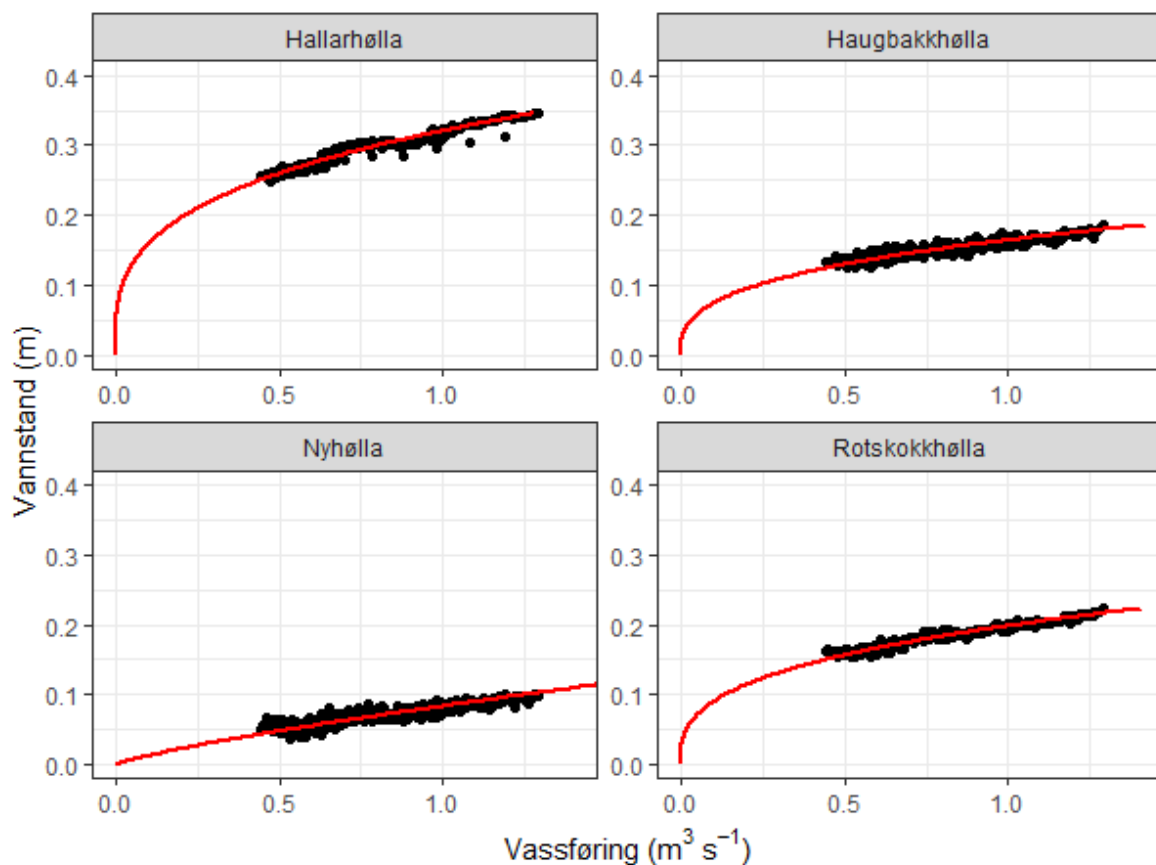
$$w = \alpha(H - h_0)^\beta \quad (\text{likning 2}).$$

Digitaliseringa av elvebreidda vart utført i Qgis v. 3.6.1 (Qgis Development Team 2019), og statistisk behandling og modellering vart gjort i R v. 3.5.1 (R Core Team 2018).

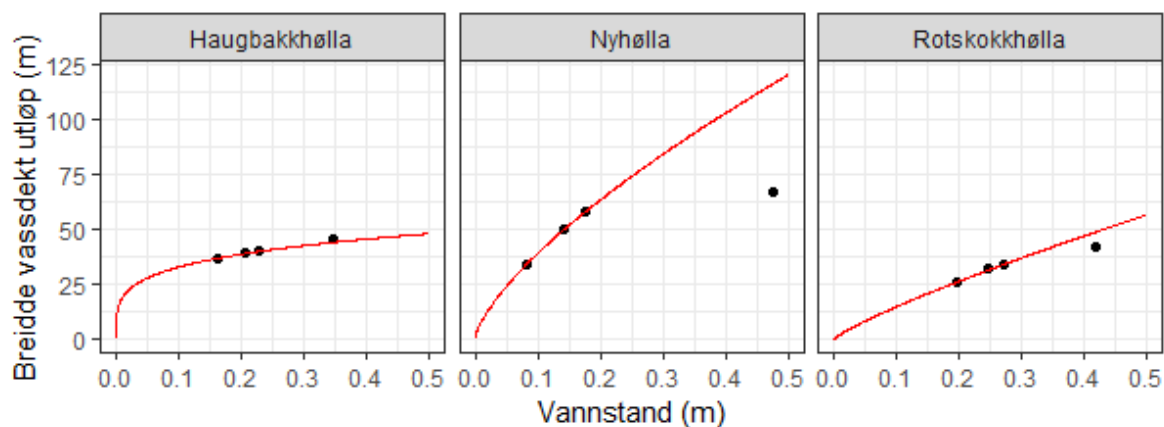


Figur 2. Vannstand målt på trykkloggerar lagt ut i Hallarhølla, Haugbakkhølla, Nyhølla og Rotskokkhølla. Referansenull for vannstanden er i denne figuren djupet til loggaren. Den stipla loddrette linja refererer til når vassføringa akkurat fyller spalta i terskelen på Lillefallet, der vassføringa blir målt, og byrjar renne over den vide terskelen.

Denne framgangsmåten gjorde det mogeleg å få eit sikrare estimat for elvebreidda ved utløpet av desse kulpane ved mindre vassføringar enn det som var observert med ortofoto (Figur 5), og dermed ei sikrare ekstrapolering. Hallarhølla er eit terskelbasseng, men terskelen har fleire «hol» som er om lag like djupe som toppen av fisketrappa i terskelen. Det er derfor noko usikkert kor godt dette utløpet lar seg beskrive med ein geometrisk tverrsnittmodell, men estimeringa av h_0 med modellen stemte svært godt overens med nivellert botn i toppen av trappa i terskelen (0,5 cm avvik, som er innafor feilmarginen på GNSS-en. Dette indikerer at modellen i likning 1 eignar seg godt for å estimere lægste punkt i utløpet. Imidlertid er det vanskeleg å måle breidde på vassdekt areal på ulike ortofoto på Hallarhøllterskelen. Hallarhølla var derfor utelatt frå betraktningane om samanhengen mellom vassføring og vidda på utløpet.



Figur 3: Samanhengen mellom vannstanden og vassføring for fire lokalitetar i Skjoma.



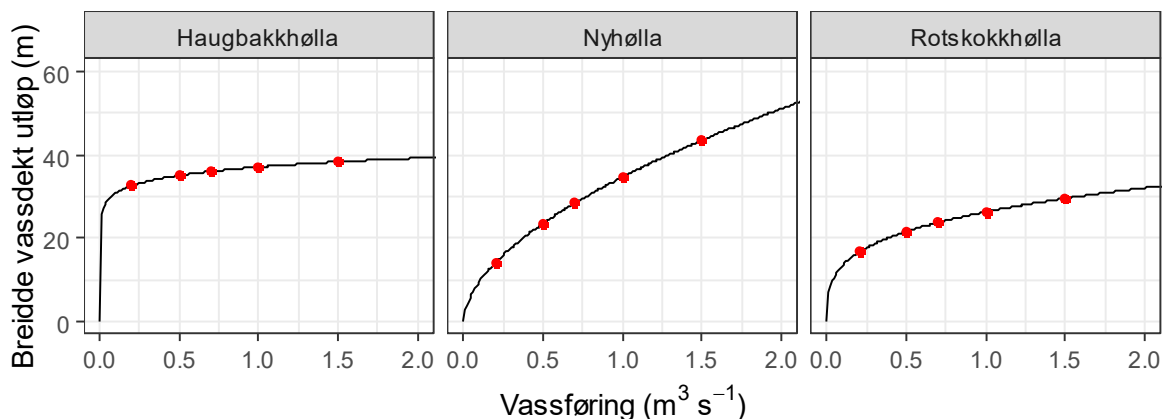
Figur 4. Forhold mellom elvebreidda målt på utløpet av kulpen på ortofoto (svarte punkter), og estimert samanheng (raud kurve). For estimeringa av samanhengen vart punktet for den høgste vassføringa utelatt her, sidan me fokuserer på forholdet ved låg vassføring.

Ved å måle breidda av vassdekt areal på utløpet av desse kulpane (med unntak Hallarhølla, som er eit terskelbasseng), kunne parametrane α og β estimerast på grunnlag av trykkloggerdata (Figur 4), og samanhengen mellom elvebreidda w og vassføring uttrykkast gjennom å kombinere likning 1 og 2:

$$w = \alpha Q^{\left(\frac{\beta}{n}\right)} C^{\left(\frac{-\beta}{n}\right)} \quad (\text{likning 3}).$$

Tabell 2. Parameterestimat frå regresjonane gjort med likning 1 og likning 2.

Stad	h_0	C	n	α	β
Nyhølla	39.44	22.03	1.25	195.32	0.698
Haugbakkhølla	43.81	192.62	2.92	56.67	0.236
Rotskokkhølla	48.89	100.95	0.83	112.41	2.921
Hallarhølla	61.03	42.05	3.29		



Figur 5. Estimert elvebreidda ved utløpet av Haugbakkhølla, Nyhølla og Rotskokkhølla ved ulike vassføringer (svarte kurver). Raude punkt viser breidda ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1 og 1,5 $m^3 s^{-1}$.

Kurva for Nyhølla predikerer vesentleg lengre vidde enn dei andre, dette skuldast at brekket ligg på skrå av elveretninga og at elvevidda over brekket blir vesentleg lengre enn distansen tvers over elva. Ser me på korleis vassdekkta elvevidde endrar seg med vassføringa i prosent av vassføringa ved 4 $m^3 s^{-1}$, ser me at det også her er ganske store forskjellar (Tabell 1). Utløpa i kulpane i Figur 5 er alle viktige gyteområde for laks og sjøaure.

Tabell 3. Elvevidde i prosent av elvevidda ved 4 $m^3 s^{-1}$ vassføring, basert på trykkloggerdata..

Vassføring ($m^3 s^{-1}$)	0.2	0.5	0.7	1	1.5	4.0
Haugbakkhølla	78.5	84.6	86.9	89.4	92.4	100
Nyhølla	18.7	31.3	37.7	46.1	57.8	100
Rotskokkhølla	42.6	55.3	60.9	67.4	75.6	100
Gjennomsnitt	46.6	57.0	61.8	67.6	75.3	100.0

3.3 Vassdekka areal

3.3.1 Vassdekka areal som ein funksjon av vassføring

I førre sekvens såg me at elvevidda for låge vassføringar kan modellerast som ein funksjon av vassføring gjennom bruk av flomløpsformelen og ei antaking om geometrisk utforming av elvetverrsnittet (likning 1, 2 og 3). For område der me ikkje har data til å estimere α , β , C og n , kan me likevel bruke ei tilnærming basert på same prinsippet. Dersom me lar

$$k = \alpha C^{\left(\frac{-\beta}{n}\right)}$$

og

$$\gamma = \frac{\beta}{n},$$

Kan me forenkle likning 3 til

$$w = kQ^{(\gamma)} \quad (\text{likning 4}).$$

Likning 4 forutset imidlertid at elvebreidda går mot null når vassføringa går mot null. Dette er ikkje tilfelle for habitatgrupper der det blir ståande vatn ved null vassføring, og me legg derfor til eit skjæringspunkt r som gir restvidde av vassdekka elvebreidde når vassføringa blir 0:

$$w = r + kQ^{(\gamma)} \quad (\text{likning 5}).$$

Gjennomsnittleg elvevidde for ei habitatgruppe kan også uttrykkast som samla areal A dividert med lengde L av elveseksjonane, og motsett kan arealet uttrykkast som produktet av gjennomsnittleg elvevidde og summen av elveseksjonane. Me har då at

$$w = \frac{A}{L} = r + kQ^{(\gamma)} \quad (\text{likning 6, potensfunksjon}).$$

Seksjonsareala som resulterte frå digitaliseringa av elvebreidda frå ortofoto ved ulike vassføringar vart såleis omrekna til gjennomsnittleg elvevidde før samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring vart estimert gjennom ikkje-lineær regresjon og likning 6. Sidan det er nødvendig med ekstrapolering til mindre vassføringar basert på eit begrensa utval vassføringar med ortofoto, er det for lite data til å vurdere meir kompliserte modellar med fleire parametrar. Men det vart også gjort forsøk med å estimere samanhengen med ein log-lineær funksjon:

$$w = b_1 + \log(Q)b_2 \quad (\text{likning 7, log-lineær funksjon}),$$

og med ein asymptotisk funksjon, spesielt med tanke på terskelbasseng der arealet endrar seg lite med auka vassføring:

$$w = w_\infty - (w_\infty - w_0)e^{-sQ} \quad (\text{likning 8, asymptote-modell}),$$

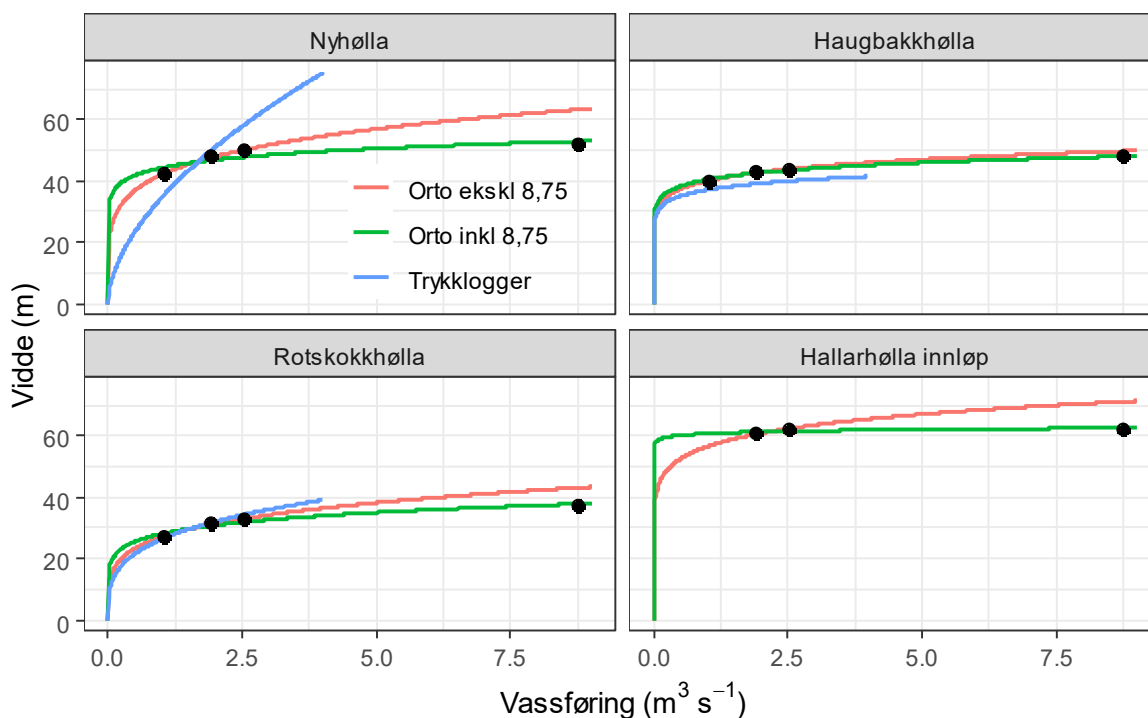
Der w_∞ gir asymptotisk elvevidde, w_0 gir gjennomsnittleg elvevidde ved vassføring null, og s er ein parameter som fortel kor raskt kurva går mot asymptoten.

3.3.2 Arealanalysar for brekkhabitata i kulpene med trykkloggerar

Me såg i Tabell 3 at det var store forskjellar i endringar i elvevidde når vassføringa gjekk frå $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ til $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ i dei kulpene me hadde trykkloggerar. Desse data antas meir presise enn data frå ortofoto-analysane av to årsaker; 1) trykkloggerdata har datapunkter ned til $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ og dermed meir støtte for forma på regresjonskurva, og vidda er målt med ei linje på brekket. 2) for ortofoto-analysane er brekk-habitatet digitalisert med eit polygon som går litt inn i kulpen, og det vil derfor vere att litt vassdekket areal sjølv ved null vassføring. Arealanalysane gir gjennomgåande ei brattare kurve ved veldig små vassføringar, og ei flatare kurve ved høgare vassføringar (Figur 6). Dette er særleg tilfelle når areala målt ved vassføring $8,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er med i regresjonen. Når ein brukar potensmodellen i likning 6 på ortofoto-arealmålingar er det imidlertid ikkje mogeleg å basere samanhengen mellom vassdekt areal og vassføring for alle ønske habitattypar utan å ha med dette høgaste punktet for vassdekket areal, fordi den då kan ta ulike ikkje-realistiske former.

Tabell 4. Elvevidde i prosent av elvevidda ved $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vassføring, basert på ortofotoanalyser med potensmodell.

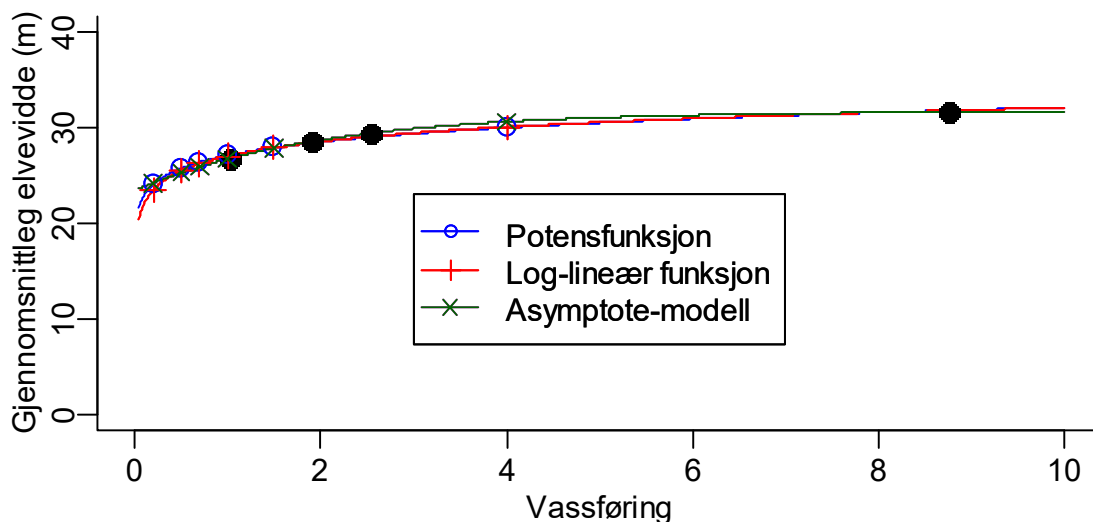
Vassføring ($\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$)	0.2	0.5	0.7	1	1.5	4.0
Haugbakkhølla	57.0	67.7	72.1	77.1	83.2	100.0
Nyhølla	74.2	81.3	84.0	87.1	90.7	100.0
Rotskockhølla	52.5	63.9	68.7	74.2	81.0	100.0
Gjennomsnitt	61.2	71.0	74.9	79.5	84.9	100.0



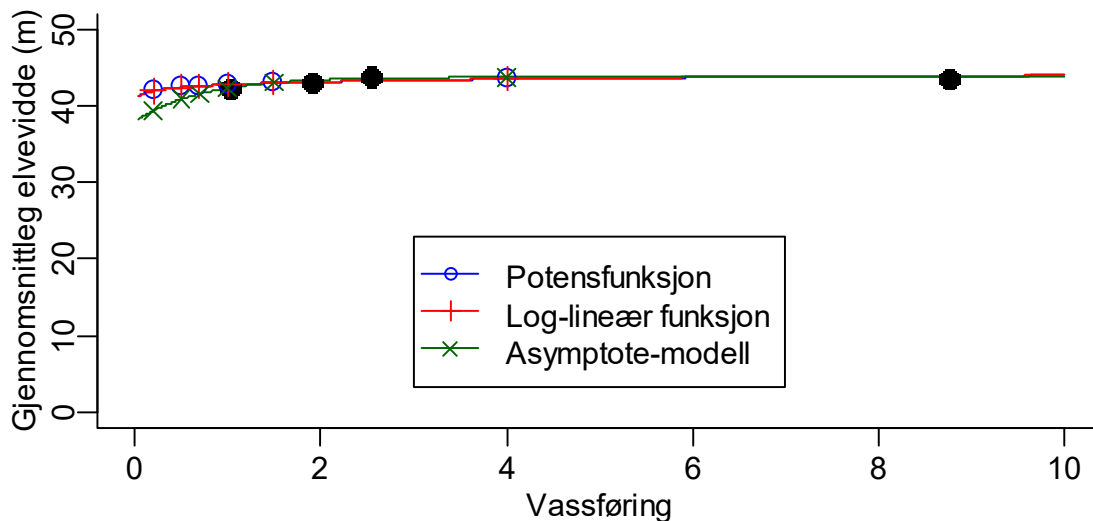
Figur 6. Estimert av elvevidde frå areal-analysane på brekka av Nyhølla, Haugbakkhølla, og Rotskockhølla samt i innløpet av Hallarhølla, samanlikna med funksjonane estimert for trykkloggerdata. «Orto inkl 8,75» og «Orto ekskl 8,75» refererer til om regresjonen er henholdsvis inklusiv eller eksklusiv datapunktet på $8,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Det store spriket i stigningskurve for Nyhølla mellom ortofoto- og trykkloggarmetoden skuldast at brekket i Nyhølla går på skrå av elveretninga, og dermed vert lengre enn elvevidda målt på tvers av elva.

3.3.3 Elvegårdsbrua – Hallarhølla

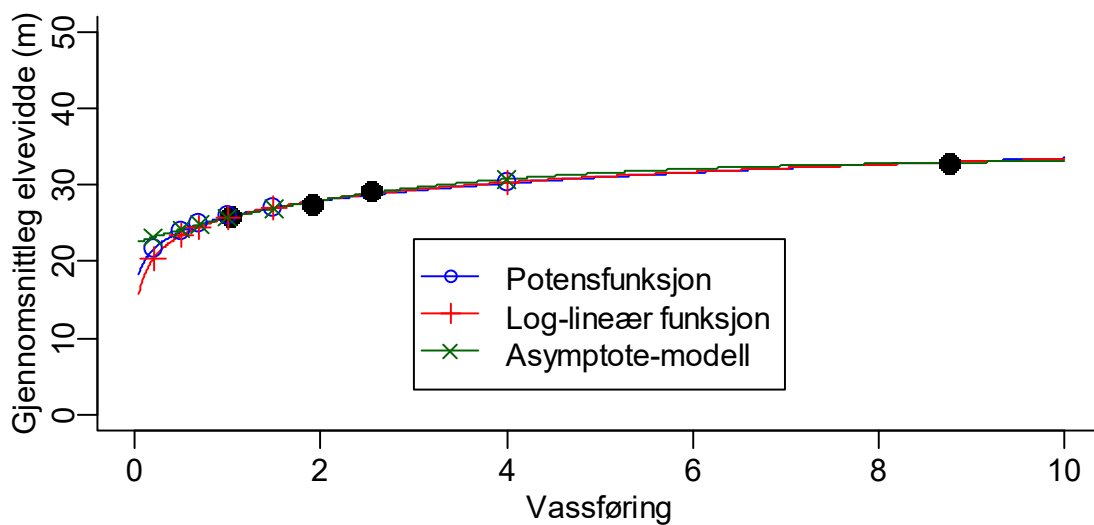
I Figur 7, Figur 8, Figur 9, Figur 10, Figur 11, og Figur 12 blir gjennomsnittleg elvevidde som funksjon av vassføring presentert for strekninga Elvegårdsbrua – Hallarhølla, basert på areal-analysane på ortofoto. På strekket Elvegård – Berghølla viste ortofotoanalysane frå Norgebilder 2013 (vassføring $0,97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) veldig likt resultat som Hadro i 2014 (vassføring $1,03 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).



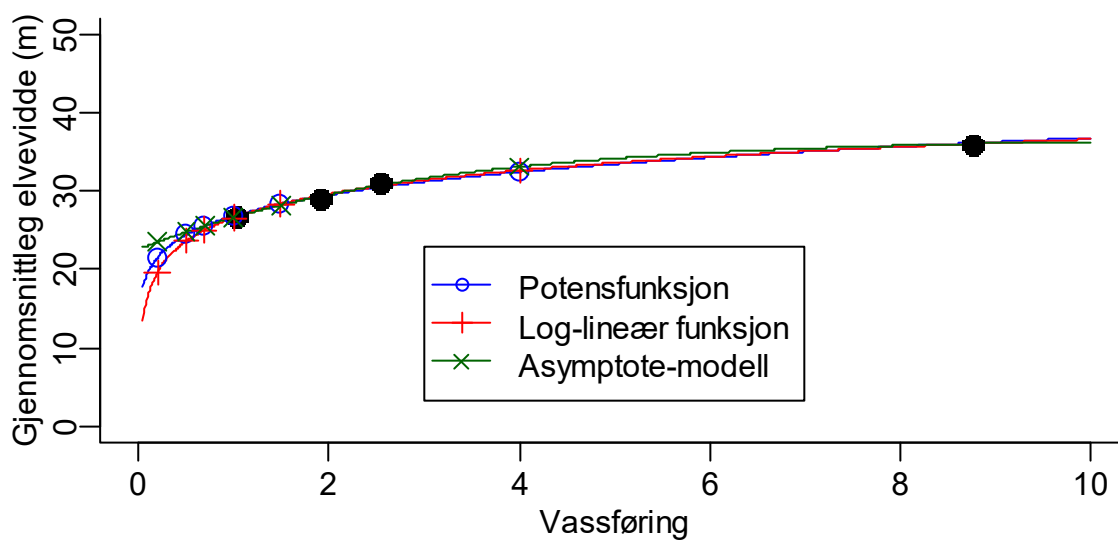
Figur 7. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for kulpar på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



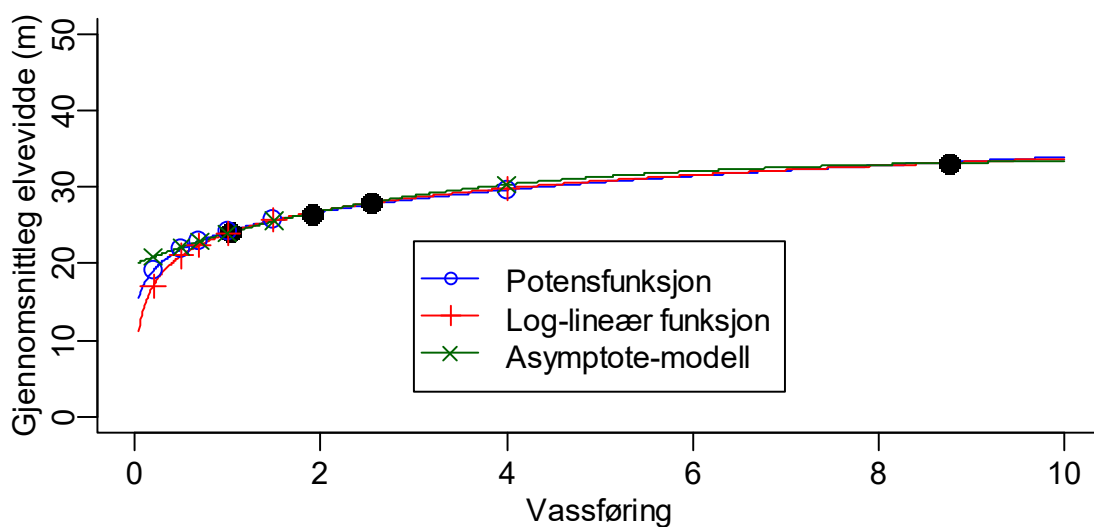
Figur 8. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for terskelbasseng på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla (ikkje inkludert Hallarhølla). Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



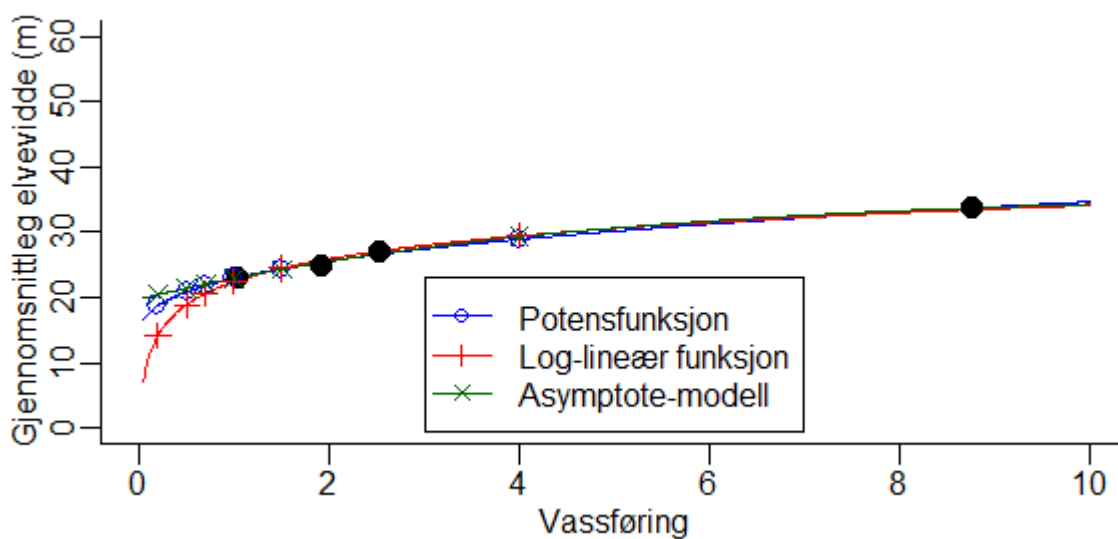
Figur 9. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa rasktflytande djupål på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.



Figur 10. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa brekk på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.



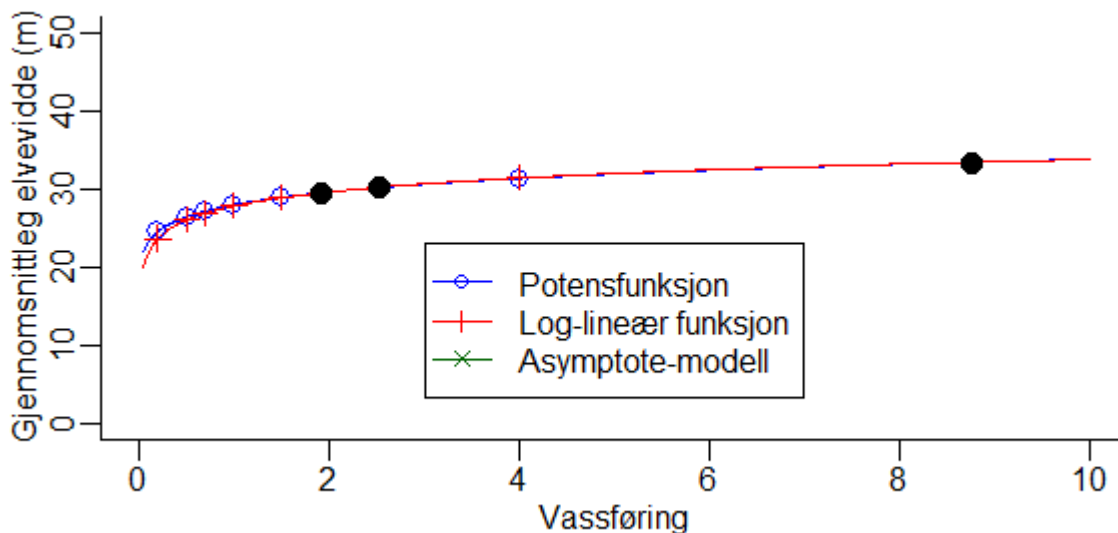
Figur 11. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa stryk på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 $m^3 s^{-1}$.



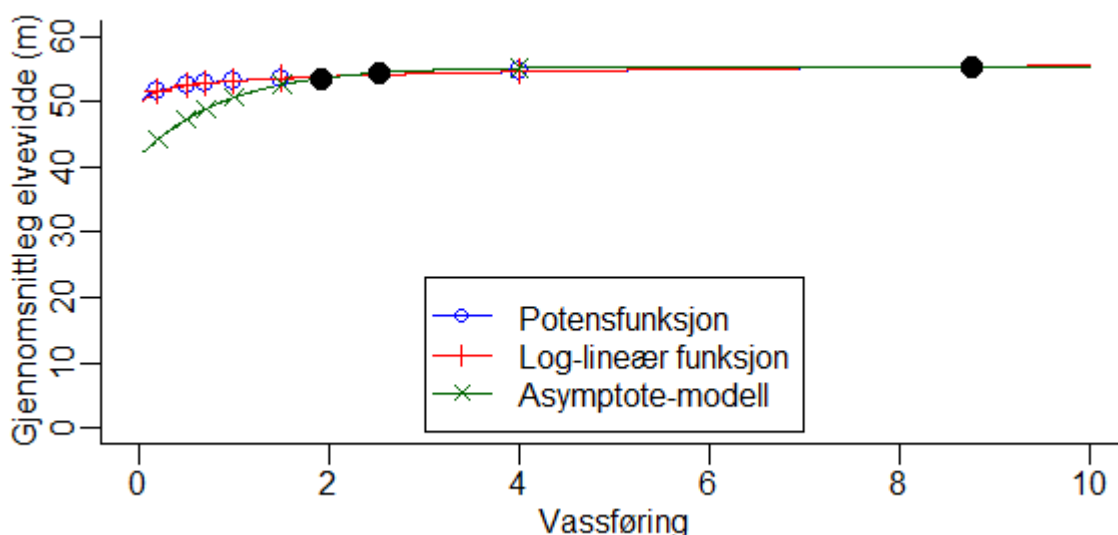
Figur 12. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa komplisert stryk på strekninga Elvegårdsbrua-Hallarhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 $m^3 s^{-1}$.

3.3.4 Hallarhølla-Lillefallet

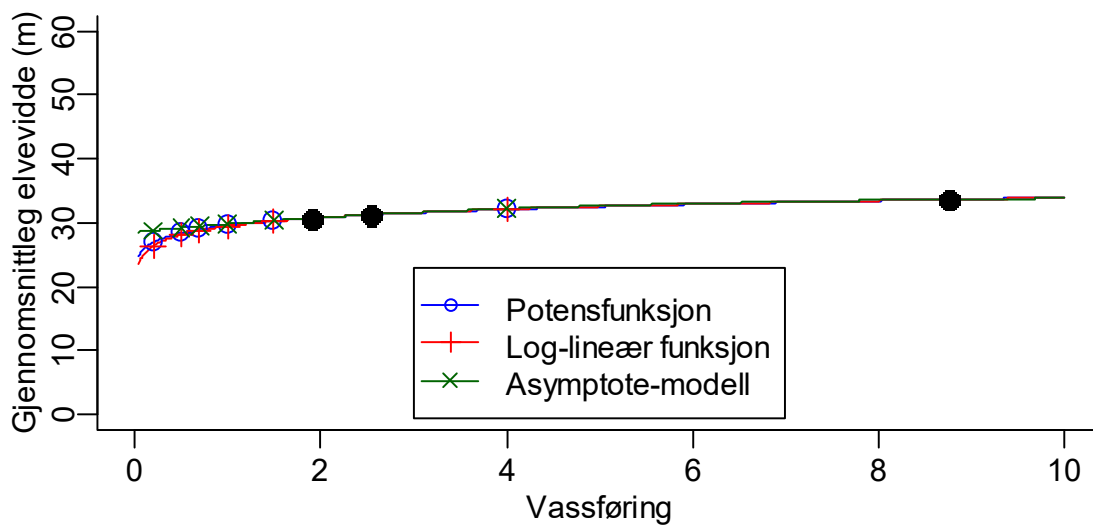
For strekninga Hallarhølla-Lillefallet manglar det ortofoto for vassføringar vesentleg under $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, noko som gjev mykje større usikkerheit i ekstrapoleringa. Det er imidlertid stor forskjell i korleis dette slår ut i dei ulike habitatgrupper (Figur 13 - Figur 18).



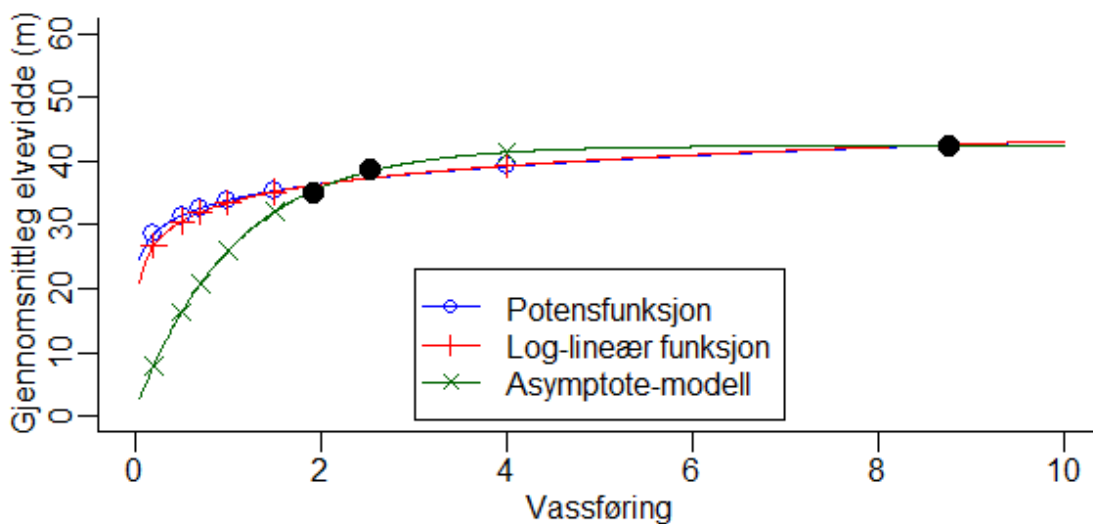
Figur 13. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa kulp på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Asymptote-modellen gav ikkje konvergens i dette tilfellet.



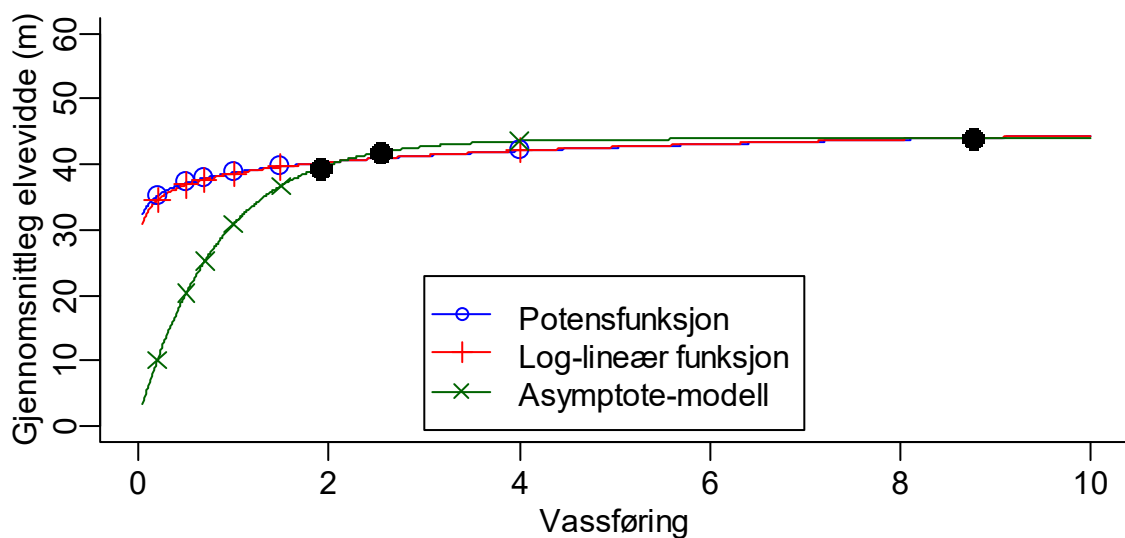
Figur 14. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa terskelbasseng på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



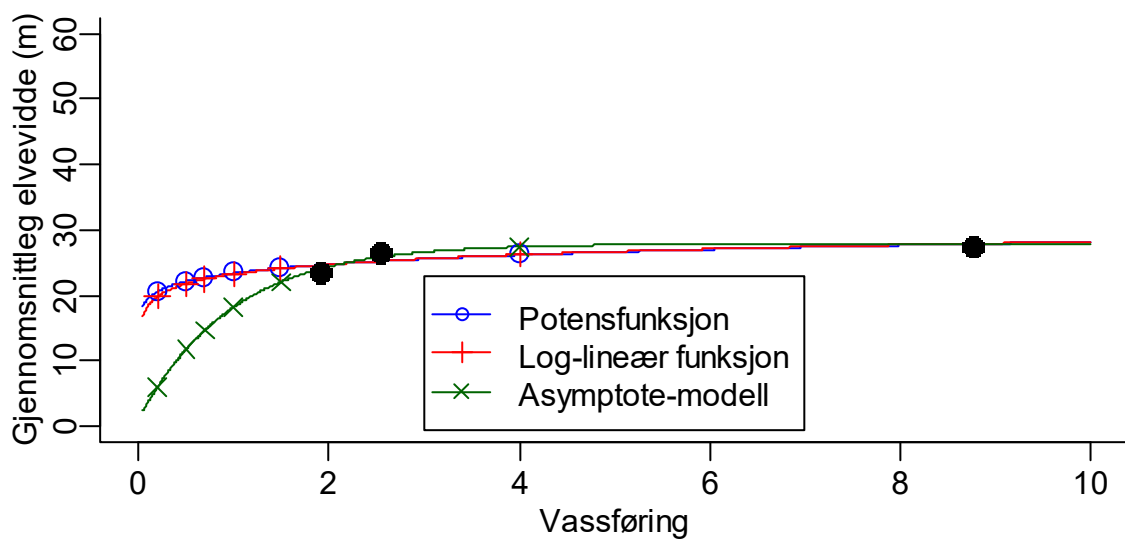
Figur 15. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa rasktflytande djupål på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.



Figur 16. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa brekk på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.



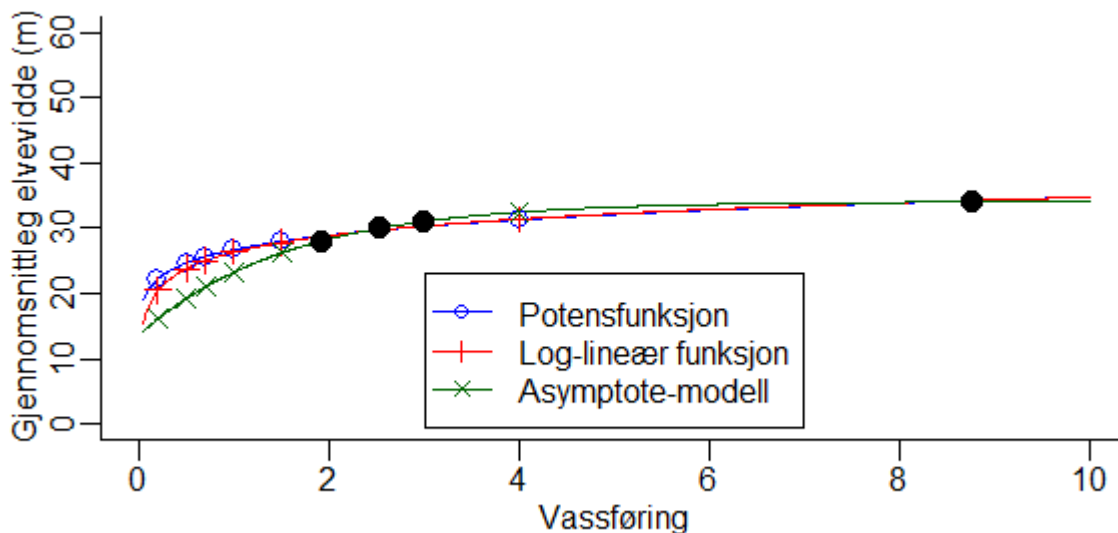
Figur 17. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa stryk på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 $m^3 s^{-1}$.



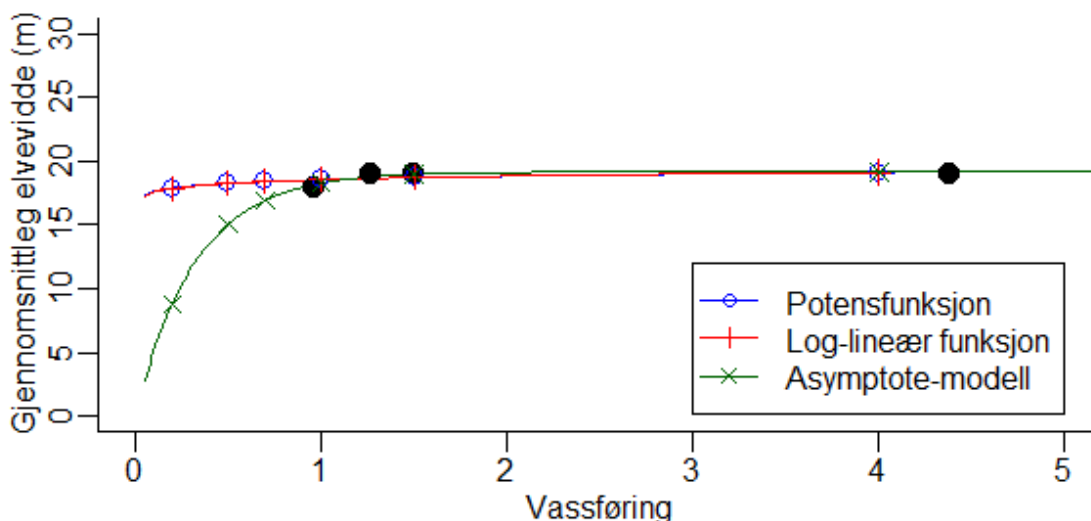
Figur 18. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for habitatgruppa stryk på strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 $m^3 s^{-1}$.

3.3.5 Lillefallet-Orhølla og Sjørdalselva

For strekninga Lillefallet-Orhølla og for Sjørdalselva er det begrensa variasjon i habitatgrupper, og heile strekket vart modellert med felles funksjon utan å dele opp i habitatgrupper. Det er også her verdt å merke seg at det ikkje finst ortofoto for vassføringar vesentleg under $2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (vassføring på Lillefallet) (Figur 19 og Figur 20). Her ser asymptote-modellen ut til å gi betre tilpassing til dei få datapunkta. Me har ikkje data på vassføring for Sjørdalselva, men har som ei enkel tilnærming latt den vere 50 % va vassføringa på Lillefallet (Figur 20). Her gir potensfunksjonen dårleg tilpassing til punkta, og ei usannsynleg flat kurve for vassdekkka areal



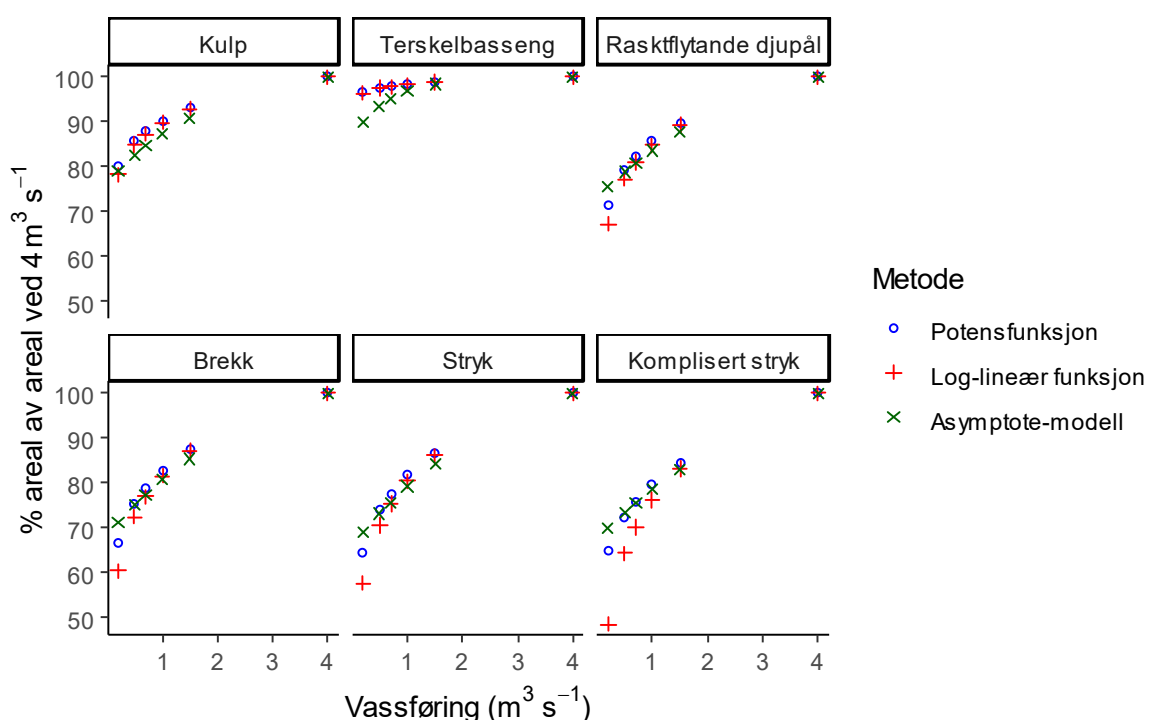
Figur 19. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for samla habitat på strekninga Lillefallet-Orhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2$, $0,5$, $0,7$, $1,0$, $1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



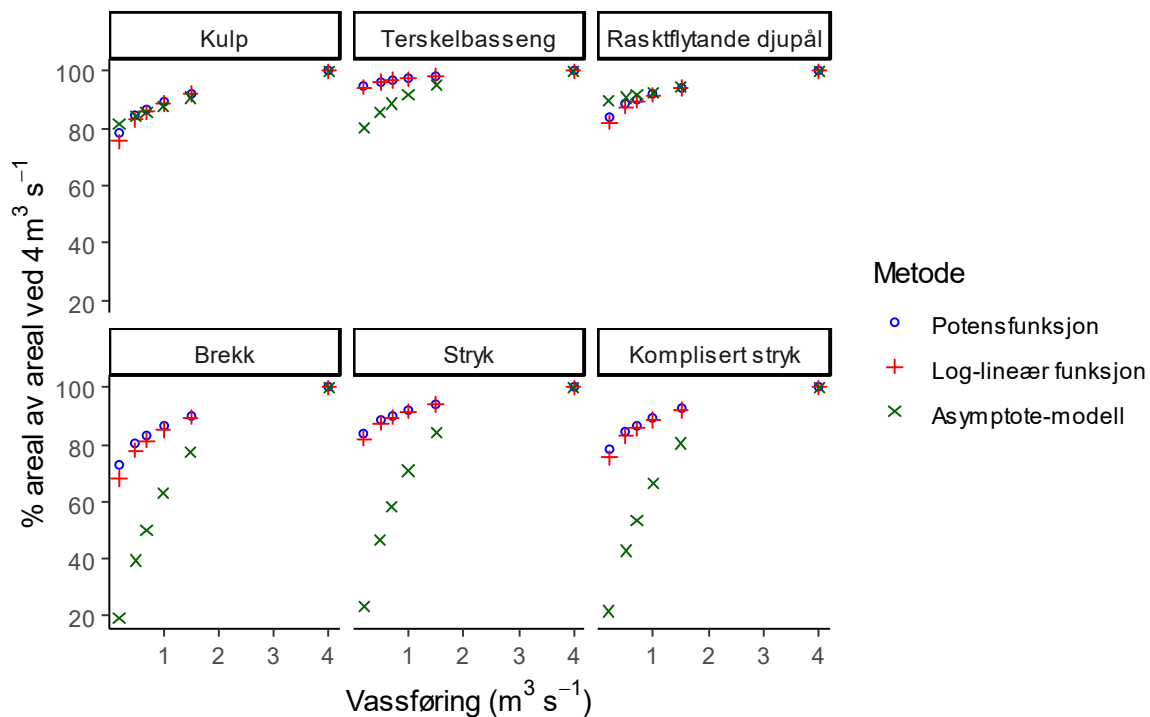
Figur 20. Samanhengen mellom gjennomsnittleg elvevidde og vassføring for samla habitat på strekninga Lillefallet-Orhølla. Svarte punkter angir gjennomsnittleg vidde frå arealestimata, farga kurve gir estimert samanheng for dei ulike modellane, og farga symbol gir estimert vidde ved vassføringane $0,2$, $0,5$, $0,7$, $1,0$, $1,5$ og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

3.4 Vassdekt areal i prosent av areal ved $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$

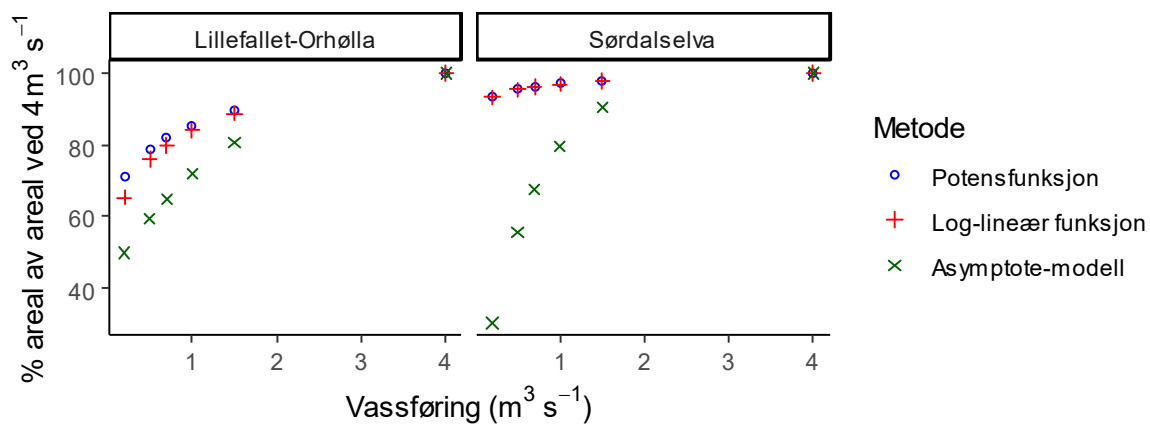
Dersom me vurderer nedgangen i vassdekkareal relativt til vassdekkareal ved $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, får me eit klarare bilete på den relative nedgangen. $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ er vald fordi dette er i eit område der vassdekkareal endrar seg relativt lite med endringar i vassføring, og fordi dette ligg innfor alle datapunkter der me har kunna undersøke samanhengen mellom vassdekkareal og vassføring. I ortofoto-analysane er nedgangen noko mindre for habitatgruppa brekk enn gjennomsnittleg nedgang i trykkloggarkulpane (Tabell 3, Figur 5, Figur 6, Figur 21 og Figur 22), slik at ekstrapoleringa av vassdekkareal med potensmodell basert på ortofoto vil overestimere det faktiske arealet noko. Med andre ord vil det vere noko mindre vassdekkareal ved dei minste vassføringane enn det som kjem fram av Figur 21



Figur 21. Vassdekt areal i prosent av arealet ved $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ for strekninga Elvegårdsbrua – Hallarhølla. Farga symbol gir estimert arealprosent ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og $4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.



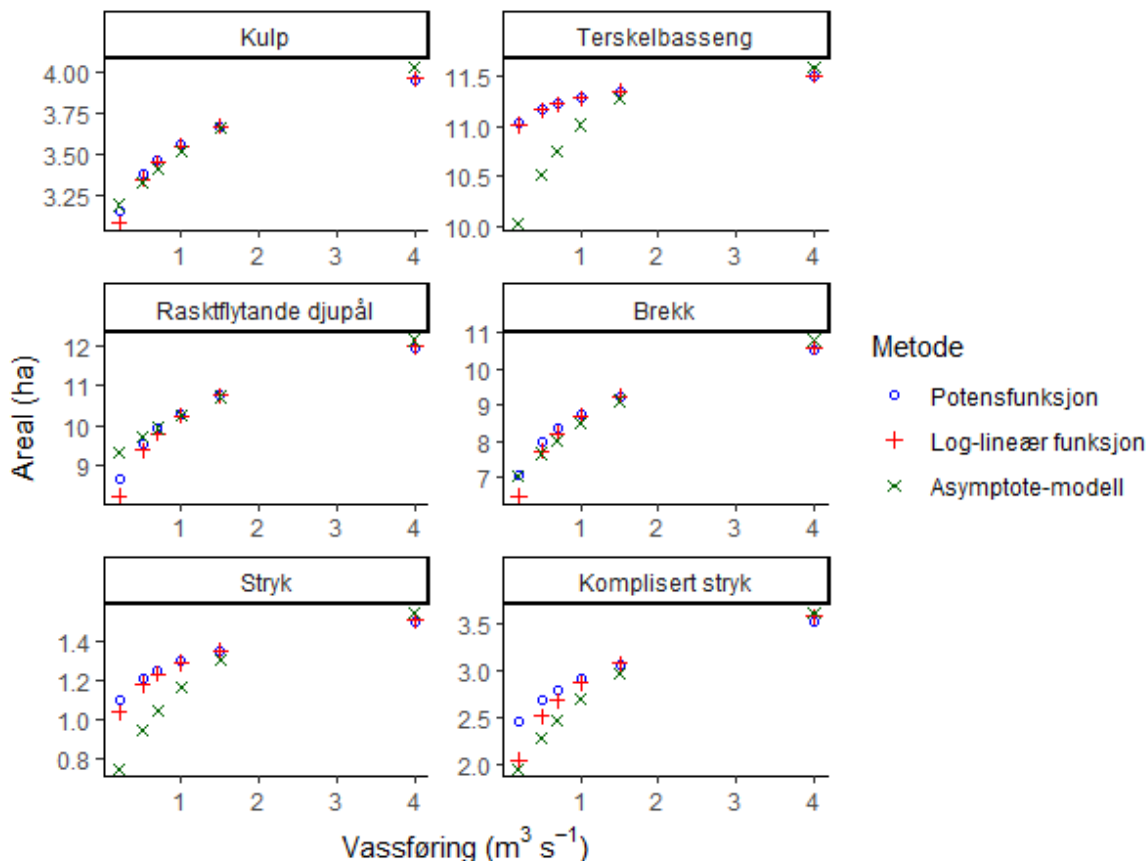
Figur 22. Vassdekt areal i prosent av arealet ved 4 m³ s⁻¹ for strekninga Hallarhølla-Lillefallet. Farga symbol gir estimert arealprosent ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.



Figur 23. Vassdekt areal i prosent av arealet ved 4 m³ s⁻¹ for strekningane Lillefallet-Orhølla og Sjørdalselva. Farga symbol gir estimert arealprosent ved vassføringane 0,2, 0,5, 0,7, 1,0, 1,5 og 4 m³ s⁻¹.

3.5 Samla vassdekt areal

Integrert vassdekt areal for dei ulike habitatgruppene på strekninga Elvegård-Lillefallet er illustrert i Figur 24 for dei ulike modellane



Figur 24. Samla areal i hektar for strekninga Elvegård-Lillefallet, fordelt på dei ulike habitatgruppene og som ein funksjon av vassføring.

4 Diskusjon

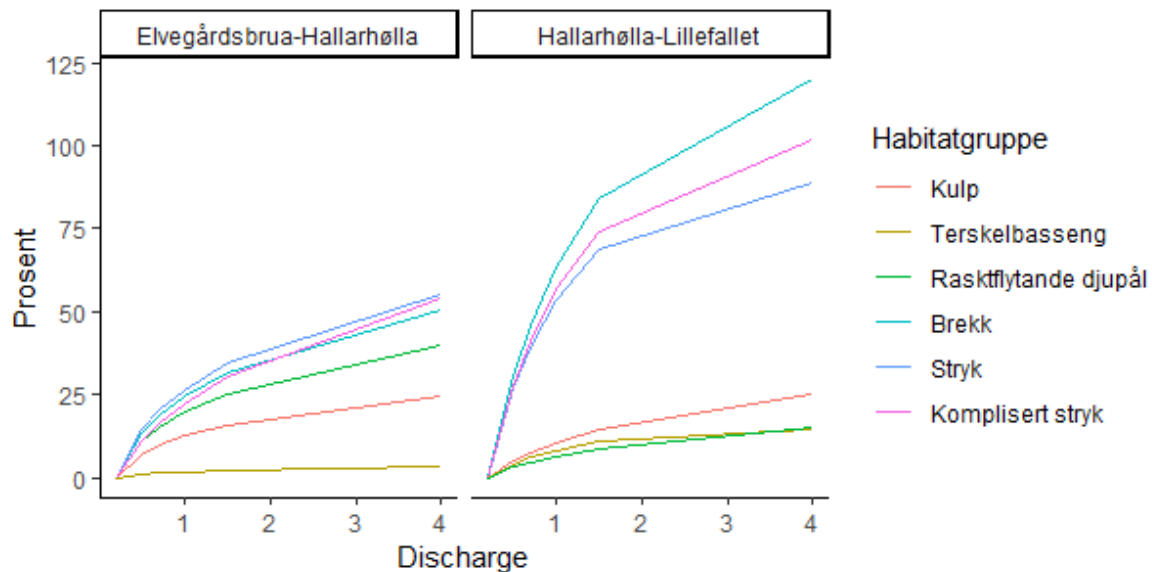
Det kan synast som at vassdekkare areal held seg relativt høgt i høve den kraftige nedgangen i vassføring frå 9 til $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, og det er langt frå ein lineær samanheng mellom vassføring og vassdekkare areal ved mindre vassføringer. Både bruk av trykkloggerdata og ortofoto indikerte at elvevidde, og dermed vassdekkare areal, kunne tilnærmast med ein potensfunksjon med ei antaking om at elvetverrsnittet kan beskrivast med ein geometrisk elvetverrsnitt-modell, i alle fall for dei mindre vassføringane undersøkt i dette arbeidet. Me såg også at inkludering av den høgaste vassføringa ($8,75 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) medførte ekstrapolering av høgare enn faktisk areal for vassføringer under $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, dette skuldast at når elveløpet blir fylt er den geometriske modellen ikkje lenger like god beskrivelse av elvetverrsnittet. Likevel måtte me inkludere dette høgaste punktet for å få ei kurve som minkar i stigning med høgare vassføring. Like fullt gir modellen ei brukbartilnærming i dei fleste tilfelle, men ein må vere klar over at den overestimerer vassdekkare areal for vassføringer under $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Modellar og ekstrapolering er best for strekninga Elvegård-Hallarhølla, der me hadde ortofoto ved vassføring $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. For områda oppstrøms for Hallarhølla mangla det data for vassføringer under $1,9 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, og dette førde til dels til mykje større sprik

mellom modellane for ekstrapolering av vassdekkareal ned mot dei små vassføringane det var bedt om data for vassdekt areal for. Samanlikna med områda nedstrøms Hallarhølla, kan det sjå ut til at potensfunksjonen og den log-lineære funksjonen overestimerer vassdekkareal ved små vassføringar, dette kan ein også sjå i tilpassinga til punkta. Den asymptotiske modellen gir betre tilpassing til punkta, men samanlikna med nedstrøms gir den ei vesentleg slakare kurve. I Tabell 5 er samla arealestimat for dei undersøkte områda med ekstrapolerte data for dei ønskje vassføringar gitt. Estimata er her basert på potensfunksjonen nedstrøms for Hallarhølla, og eit gjennomsnitt av potensfunksjonen for områda frå Hallarhølla og oppover. Bruk av dette gjennomsnittet manglar ei mekanistisk tilnærming, men er vald med ei antaking om at det er ei meir konservativ tilnærming enn å velje potensfunksjonen som me veit tenderer til overestimering, ikkje minst når kurva blir så krapp som me såg her. På den andre sida manglar den asymptotiske modellen eit teoretisk fundament for forma på samanhengen mellom vassføring og vassdekt areal, men kan likevel fungere som ein god kurvetilpassar. Skal ein få sikrere tilnærming til vassdekkareal enn det som er presentert her, vil det vere essensielt å samle inn meir data på vassdekt areal ved vassføringar under $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$.

Ser me på korleis vassdekt areal aukar i prosent frå den minste etterspurde vassføringa ($0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$), er det to karakteristikkar som kjem klart fram; 1) auken er mykje større for habitatgruppene brekk, stryk og komplisert stryk, som er dei viktigaste gyteområda, medan auken er minst for terskelbasseng og kulp. 2) auken er størst ved vassføringar under $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, og flatar meir ut ved vassføringar over $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (Figur 25, Tabell 6). Gevinsten ved auka vassføring i form av auka vassdekt areal er derfor størst opp til $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Det må her understrekast at estimata for vassdekkareal er mest usikre for vassføring $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, men likevel følger det av forma på regresjonskurvene både frå trykkloggerar og ortofoto at auken i vassdekt areal er størst ved dei minste vassføringane.

Tabell 5. Samla arealestimat (hektar) for Skjoma ved ulike vassføringar. Integreerte areal for alle habitatgrupper er gitt i feitt skrift nedst i tabellen. Snitt for modell betyr at verdiane eit gjennomsnitt for prediksjonen basert på potens-modell og prediksjonen basert på asymptotisk modell.

Strekning	Habitatgruppe	Modell	$0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$0,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Kulp	Potens	2,90	3,10	3,18	3,26	3,36	3,62
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Terskelbasseng	Potens	7,12	7,20	7,23	7,26	7,30	7,38
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Rasktflytande djupål	Potens	7,64	8,47	8,80	9,16	9,59	10,71
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Brekk	Potens	6,23	7,07	7,40	7,77	8,21	9,40
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Stryk	Potens	0,53	0,61	0,64	0,67	0,71	0,82
Elvegårdsbrua-Hallarhølla	Komplisert stryk	Potens	1,55	1,72	1,80	1,89	2,01	2,38
Hallarhølla-Lillefallet	Kulp	Snitt	0,27	0,28	0,29	0,30	0,31	0,34
Hallarhølla-Lillefallet	Terskelbasseng	Snitt	3,63	3,78	3,85	3,93	4,02	4,16
Hallarhølla-Lillefallet	Rasktflytande djupål	Snitt	1,08	1,12	1,14	1,15	1,18	1,25
Hallarhølla-Lillefallet	Brekk	Snitt	0,54	0,71	0,79	0,88	0,99	1,19
Hallarhølla-Lillefallet	Stryk	Snitt	0,36	0,46	0,51	0,56	0,61	0,69
Hallarhølla-Lillefallet	Komplisert stryk	Snitt	0,58	0,74	0,82	0,91	1,01	1,17
Elvegård-Lillefallet	Sum		32,44	35,26	36,44	37,76	39,32	43,10
Lillefallet-Orhølla	Sum	Snitt	5,64	6,46	6,86	7,35	7,97	9,38
Sørdalselva	Sum	Snitt	1,20	1,47	1,59	1,72	1,83	1,95
Sum Elvegård-Sørdalselva	Sum		39,28	43,19	44,89	46,83	49,12	54,42



Figur 25. Prosentvis auke i vassdekt areal ved ulike vassføringer, i høve ekstrapolert areal ved vassføring $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (basert på arealverdiar frå Tabell 5).

Tabell 6. Prosentvis auke i vassdekt areal, i høve ekstrapolert vassdekt areal ved vassføring $0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Tala er basert på verdiane i Tabell 6.

Strekning	$0,2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$0,7 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$	$4 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$
Elvegård-Lillefallet	0.0	8.7	12.3	16.4	21.2	32.9
Lillefallet-Orhølla	0.0	14.5	21.6	30.3	41.3	66.2
Sørdalselva	0.0	22.5	32.6	43.1	52.9	62.5
Elvegård-Sørdalselva	0.0	9.9	14.3	19.2	25.0	38.5

I den grad at vassdekka areal held seg relativt høgt sjølv ved små vassføringer betyr likevel ikkje at alle desse areala er gunstige for gytefisk, fiskeegg og yngel. Eit godt eksempel på det er korleis fisken legg gytegrøpene sine, det er ikkje nok at det er vassdekka gyteperioden, det må også vere ei viss høgde på vassøla for at den skal kome til og gyte. Difor varierer det mellom år kor langt ut mot elvebreidda gytegrøpene vert lagt, avhengig av vassføringa i gyteperioden. Me såg i Figur 3 at vannstanden ved vassføring $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ gjerne er berre 5-15 cm på det djupaste i utløpet. Det betyr at det vil vere store deler av dette området som har vannstand under 10 cm ved slik vassføring, og dermed vere lite eigna som habitat for fiskeyngel. Om vinteren vil presset frå isen gjere at den legg seg ned på substratet i store deler av desse områda, med auka sjanse bunnfrysing og at frosten går ned i substratet. Denne effekten såg me for to av trykkloggerane våre; sjølv om dei var lagt så djupt at me hadde forventa at dei ikkje fraus (16 og 37 cm under h0 for henholdsvis Hallarhølla og Rotskøkkhølla), så fraus desse to i løpet av vinteren. Dette at isen søkk ned på substratet og bunnfrys, gjer at vassdekka areal i store viktige gyteområde vert vesentleg mindre enn det som kjem fram gjennom regresjonar mellom vassføring og vassdekt areal i den isfrie årstida. Å kome med noko estimat om kor mykje mindre areala vert som følgje av denne effekten er særst vanskeleg, fordi det ikkje kan estimerast verken ved bruk av foto eller trykkloggerar. Dessutan er det sannsynlegvis relativt store forskjellar mellom år som følgje av variasjonar i snødekke, temperatur og vassføring. Effekten av isen er imidlertid retningsbestemt, slik at faktisk vassdekka areal om vinteren alltid vil vere vesentleg mindre enn det som kjem fram gjennom estimata i denne rapporten.

Ser me på ei tredobling av vassføringa frå 0,5 til 1,0 og 1,5 m³ s⁻¹ for habitatgruppene brekk, stryk og kompliserte stryk, er auken i vassdekkareal på 16-41 % frå 0,5 til 1,5. I tillegg til denne auken i vassdekkareal, så vil vesentleg større deler av arealet vere mykje meir robust mot innfrysing. Dette er ei særskild viktig effekt som må tas omsyn til ved vurderinga av nødvendig vassdekkareal. Seinast våren 2019 observerte me ein del gytegroper som var frosne i toppen, men der dei egga som låg djupast hadde klart seg. I den tørre vinteren 2017-2018 var det imidlertid slik at dei fleste gytegroper ikkje klarte seg i det heile, sjølv mange av dei låg i den djupaste delen av utløpet hadde gått tapt. Den vinteren var vassføringa heilt nede i 0,07 m³ s⁻¹. det blir rein spekulasjon kva som var vassdekkareal den vinteren, men det er i alle fall klart at det var for lite til å sikre gytegroppoverlevinga i store deler av elva. Lægste vassføring mellom 0,07 og 0,25 m³ s⁻¹ målt ved Gamnes er truleg typisk for vintrane i Skjoma. Vassføringsmålingane vinterstid før oktober 2016 er usikre, men minste grunnvannstand på Elvegård (vekesgjennomsnitt) vintrane 2016-2019 spenner om lag det same intervallet som for heile perioden mellom 2000-2019. Det er derfor god grunn til å anta at også minste vintervassføring ligg mellom 0,07 og 0,25 m³ s⁻¹ (Tabell 7). Med eit fast slepp av minstevassføring vil dette kome i tillegg til restvassføringa, der bidraget frå restvassføringa varierer, men er lite for Sjørdalselva. Ekstrapoleringa av vassdekkareal for vassføringa 0,2 m³ s⁻¹ er høgst usikker, kanskje forsvinn ein god del av det som substratgjennomstrøyming. Ein auke frå 0,2 til 1,5 m³ s⁻¹ kan auke vassdekkareal med 70 % eller meir på viktige gytehabitat. Den viktigaste effekten av auka vassføring i vinterhalvåret vil likevel vere å stabilisere vassforholda og tryggje vassdekkareal gjennom høgare vannstand, slik at ein unngår bunnfrysing. I sommarhalvåret vil auka vassføring tryggje meir vassdekkareal og dermed betre produksjon av byttedyr, samt at høgare vannstand sikrar at ein større del av dei vassdekte områda er tilgjengeleg for fisk.

Tabell 7. Minste vintervassføringar (dagsgjennomsnitt, vekesgjennomsnitt og månadsgjennomsnitt) ved Gamnes og minste grunnvannnivå (vekesgjennomsnitt og månadsgjennomsnitt) målt på Elvegård for vintrane etterfølgande gytesesongen i 2016, 2017 og 2018.

Gytesesong	Vassføring (m ³ s ⁻¹)			Grunnvannnivå (m)	
	Dag	Veke	Månad	Veke	Månad
2016	157	185	229	-2.87	-2.64
2017	71	88	106	-3.80	-3.60
2018	235	250	527	-2.61	-2.01

Ein faktor som ikkje har vore med i resultatframstillinga i dette arbeidet, er at det vil vere noko substratgjennomstrøyming. Det betyr i prinsippet at vassføringa må over verdien for substratgjennomstrøyminga før overflata blir dekket av vatn. Vassføringsmålaren på Lillefallet er truleg ikkje påverka av substratgjennomstrøyming, fordi den er bygd i betong på fjell og er dermed tett. Nedover i elva vil det derimot vere substratgjennomstrøyming i større eller mindre grad, men dette er ikkje målt og me har ikkje grunnlag for å vurdere storleiken på slik gjennomstrøyming. Imidlertid vil den teoretisk føre til eit raskare fall i vassdekkareal på små vassføringar enn det som kjem fram i estimata i denne rapporten. Den kunne vore tatt med som ein estimert parameter, det vart gjort i innleiande rundar, men sidan det er så få datapunkt tilgjengeleg samt at data manglar for dei minste vassføringane, er risikoen for å overparameterisere modellane stor og dermed også å gjere parametrane så usikre at dei har liten verdi. Vassdekkareal ved ei vassføring på 0,2 m³ s⁻¹ vil imidlertid truleg vil vere mindre enn den ekstrapolerte verdien for denne vassføringa for dei fleste områder.

Slepp frå Iptovatn er truleg den sikraste kjelda for vasslepp om vinteren. Om sommaren risikerer ein imidlertid ein del sediment i dette vatnet, og med det også fare for nedslamming og redusert hulromskapasitet. Det er også ei kald vasskjelde, og det bør vurderast å bruke varmare og klarare vatn frå Kjørriselva, Båtsvatn, eller Tundtindvatn for sikring av minstevassføring om sommaren.

5 Referansar

QGIS Development Team (2019). QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>

R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.

Norsk institutt for naturforskning

NINA Hovedkontor

Postadresse: Postboks 5685 Torgarden, 7485 Trondheim

Besøks-/leveringsadresse: Høgskoleringen 9, 7034 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00, Telefaks: 73 80 14 01

E-post: firmapost@nina.no

Organisasjonsnummer 9500 37 687

<http://www.nina.no>



Samarbeid og kunnskap for framtidens miljøløsninger