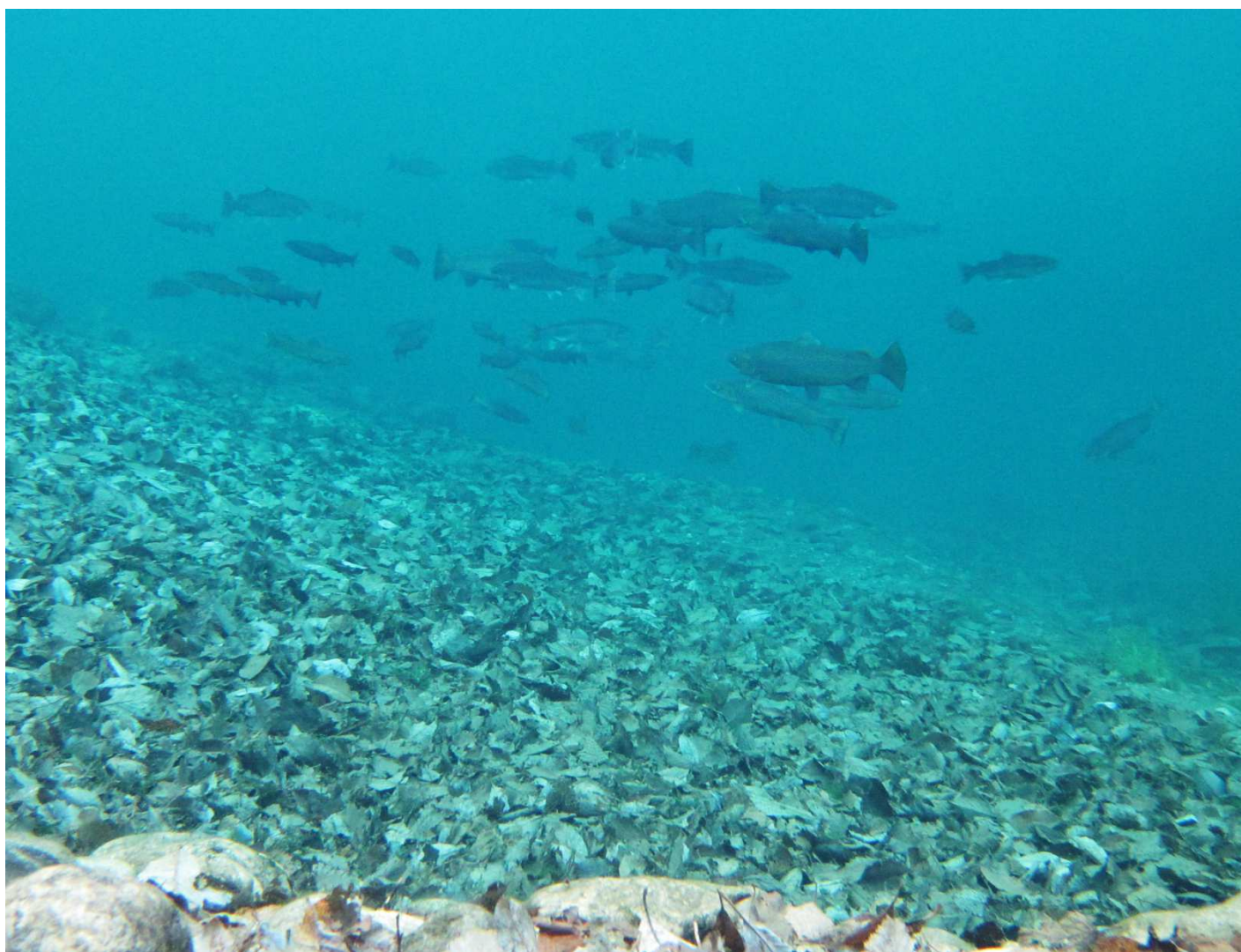


Gyteplasser og sideløp i Aurlandsvassdraget

Ulrich Pulg, Bjørn T. Barlaup, Helge Skoglund, Tore Wiers, Sven-Erik Gabrielsen,
Eirik S. Normann



LABORATORIUM FOR FERSKVANNSØKOLOGI OG INNLANDSFISKE, LFI UNI MILJØ THORMØHLENSGATE 49b 5006 BERGEN		TELEFON: 55 58 22 37 E-POST: lfi@uni.no
TITTEL: Gyteplasser og sideløp i Aurlandsvassdraget	DATO: 18.06.2013	
FORFATTERE: Ulrich Pulg, Bjørn T. Barlaup, Helge Skoglund, Tore Wiers, Sven-Erik Gabrielsen, Eirik S. Normann	GEOGRAFISK OMRÅDE: Sogn og Fjordane	
Oppdragsgiver: E-CO Energi	LFI-Rapport Nr. 221 ISSN NR: ISSN-0801-9576 ANTALL SIDER: 77	
<p>Sammendrag:</p> <p>Kartlegging av gyteforhold i Aurlandsvassdraget i 2009 har vist at bare 0,2 % av elvearealet hadde substrat og hydrauliske forhold som var egnet til gyting av sjøaure eller laks. Om lag 27% av elvearealet i Aurlandselva og 25 % i Vassbygdelfva hadde en avstand til nærmeste gyteareal som var større enn 100 m – en indikasjon for at potensial for ungfiskproduksjon ikke var utnyttet. I de følgende årene (2010-2012) ble det prøvd å øke gytearealene ved utlegging av gytesubstrat og ved harving av elvebunnen. På denne måten ble andel gyteareal økt til 1 % av elvearealet i Aurlandselva og 0,7 % i Vassbygdelfva. Elveareal med avstand større enn 100 m til nærmeste gyteplass ble redusert til henholdsvis 17 og 21 %. Sjøauren tok raskt i bruk de nye gyteplassene. Laksen var i mindre grad representert på gyteområdene, noe som gjenspeiler den generelt lave laksebestanden i vassdraget. Antall gytefisk steg markant fra 439 sjøaurer (2009) til 1034 (2012), antall laks fra 12 (2009) til 86 (2011) og 61 (2012). Alle grusutlegg som ble undersøkt ble brukt av gytende fisk. Eggoverlevelse var gjennomgående høy (> 80%), med unntak av utleggene på Osen, i Vassbygdelfva og nederst i Aurlandselva hvor grusen var preget av et høyere innslag finsediment (overlevelse 60-70%). Det konkluderes med at mangel på gyteareal var en flaskehals for ungfiskproduksjonen, særlig på elvestrekninger hvor avstanden til gyteområder var stor. Utlegging av gytegrus har bidratt til å bedre gyteforholdene i elven, men totalt sett er gytearealet i Aurlandselva fortsatt lavt og trolig begrensende for ungfiskproduksjonen.</p> <p>Kartlegging av sidebekker (2011) viste at store arealer hadde dårlige habitatforhold grunnet overdimensjonerte terskler som sørget for sedimentering av finstoffer og ugunstige substratforhold (Klekkeribekken, Tokvamsbekken, Tivesja) eller for lav vannstand i perioder (Midjeelva). Klekkeribekken og Tokvamsbekken ble restaurert i 2012 hovedsakelig middels justering av terskler. Tiltaket bør suppleres med planting av kantvegetasjon og utlegging av kvister/døde trær våren 2013. Effekt på fiskeproduksjon bør følges opp.</p> <p>Det ble laget en tiltaksplan som bygger på erfaringene med restaurering av gyteplasser og tiltak i sideløpene 2010-2012. For å skape bedre gyteforhold og ungfiskhabitat i Aurlandselva og Vassbygdelfva foreslås det å satse på elverestaurering, grusmanagement og harving fremover. Arbeidet i sideløpene bør følges opp og fortsettes med habitattiltak i Tivesja og Midjeelva.</p>		
EMNEORD: Sjøaure, laks, Aurlandselva, regulering, restaurering, sediment, gyting, habitat, sideløp		
FORSIDEFOTO: Sjøaure i Vassbygdvatnet november 2012. Foto: Ulrich Pulg		

Innhold

1	Innledning	4
2	Metoder	5
3	Resultater	9
3.1	Gytefisktelling.....	9
3.2	Sediment i hovedelven med fokus på gyteareal.....	19
3.2.1	Kartlegging og restaurering av gyteareal.....	19
3.2.2	Sedimentsammensetning i Aurlandselva.....	20
3.2.3	Gyting og eggoverlevelse.....	30
3.2.4	Ungfisktetthet på og direkte ved gyteareal.....	31
3.2.5	Videoovervåking.....	34
3.3	Sideløp.....	37
4	Diskusjon	48
4.1	Gytefisk og gyting.....	48
4.2	Sedimentforhold for gyting og ungfisk.....	49
4.2.1	Gyteareal.....	49
4.2.2	Ungfiskhabitat.....	51
4.2.3	Er substratforhold flaskehals eller ikke?.....	54
4.2.4	Hva er årsak til ugunstige substratforhold?.....	55
4.3	Erfaringer med tiltak som er gjennomført.....	58
4.3.1	Hovedelven.....	58
4.3.2	Sideløp.....	59
4.4	Veien videre.....	61
5	Tiltaksplan	65
5.1	Grusmanagement, elverestaurering og harving.....	68
5.2	Sideløp.....	68
6	Sammendrag	77
7	Litteratur	78

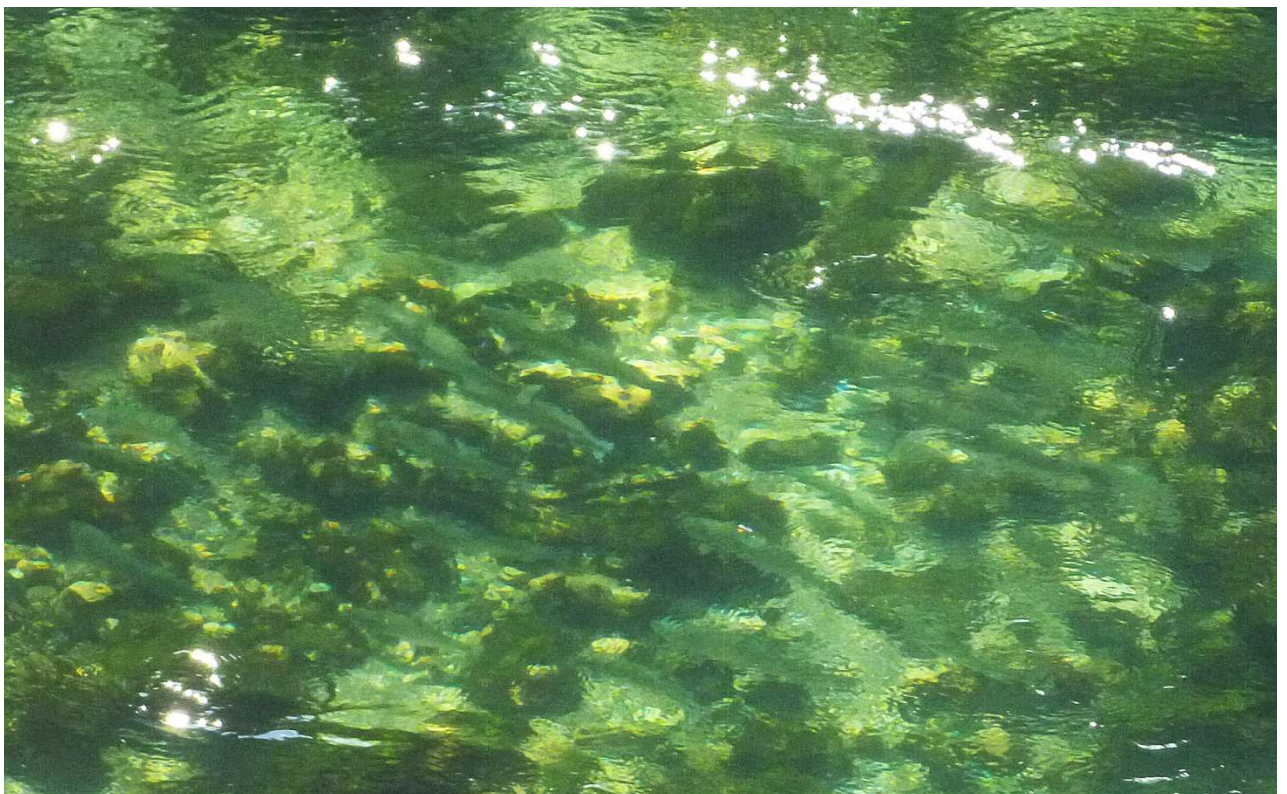
1 Innledning

Aurlandsvassdraget var kjent som en av Norges beste fiskeelver for sjøaure. I tillegg var det en god bestand av laks i vassdraget. Siden 1980-tallet har fangstene gått signifikant tilbake og en rekke studier ble gjennomført for å finne årsak til denne utviklingen. Vannførings- og temperaturendringer som følge av kraftregulering siden 1970-tallet ble utpekt som hovedårsak.

I rammen av EnviDORR (et forskningsprosjekt innenfor CEDREN, se www.cedren.no) skulle perspektivet utvides for å finne eventuelle andre faktorer som kan være flaskehals. Den foreliggende utredningen er en del av EnviDORR og ble utarbeidet 2009-2013. Den fokuserer på gyteforhold i Aurlandsvassdraget. Målet med arbeidet var å finne ut om og i hvilken grad gyteforholdene er en begrensende faktor for fiskeproduksjon i Aurlandsvassdraget og om det er mulig å restaurere gyteareal.

I tillegg har LFI Uni Miljø utført gytefisktellinger (2009-2012) og utredet ulike tiltak for å bedre habitatforhold i sideløp av Aurlandsvassdraget (2010-2012, utenfor EnviDORR). Resultater fra disse prosjekter presenteres samlet i denne rapporten.

En stor takk for et godt samarbeid til ECO-Energi særlig Bjørn Otto Dønnum og Magnar Dalen, Aurland elveeigerlag med Bjørn Vike i spissen og Svein Olav Haukedal. Alle har bidratt med data, viktig informasjon og unike historiske kilder.



Figur 1 En stim sjøaurer på utlagt gytegrus ovenfor E 16 sommer 2013.

2 Metoder

Gytefisktelling

Gytefisktelling ved dykkerregistrering ("drivtelling") gjennomføres etter Norsk Standard NS 9456. En eller flere dykkere med tørrdrakt og snorkel flyter parallelt nedover elven. Observasjoner av fisk ble fortløpende noterte på vannfaste blokker og markert på vannfaste kart. Sjøauren ble delt inn i følgende størrelseskategorier: <1 kg, 1-2 kg, 2-3 kg, 3-4 kg, 4-5 kg, 5-6 kg og >6 kg. Blenkjer, dvs. umoden sjøaure som vandrer frem og tilbake mellom ferskvann og sjø, ble registrert men ikke tatt med i regnskapet over gytefisk. Laksen ble delt inn i følgende størrelseskategorier: tert (<3 kg), mellomlaks (3-7 kg) og storlaks (>7 kg), og oppdrettslaks ble skilt fra villaks. Oppdrettslaks kan ofte skilles fra villfisk ut i fra finneslitasje, kroppsform og avvikende pigmenteringsmønster, men oppdrettslaks som har gått i sjøen i lengre tid vil ofte ikke kunne skilles fra villaks utelukkende basert på morfologiske kriterier. Dette medfører at andelen av oppdrettslaks generelt kan bli underestimert ved dykkerregistreringene.

I Aurlandselva har gytefisktellingene blitt gjennomført ved at to dykkere har talt parallelt fra Vassbygdvatnet og ned til sjøen, mens det i Vassbygdelva er talt med en dykker. Gytefisktellingene ble gjort mellom 14-17. oktober alle årene. I 2012 ble det i tillegg gjennomført en andre telling 27. november. Dette ble gjort ettersom tellingene i oktober er i forkant av laksens gytetid, og det er dermed mulig at noe av laksen da står i Vassbygdvatnet. Ved å utføre to tellinger kan en få et inntrykk av hvorvidt tellingene som utføres i oktober gir et tilstrekkelig bilde av antall laks i gytebestanden.

Eggtetthet er beregnet ut fra en forventning om antall egg gytt av hofiskene i de ulike størrelseskategoriene i bestandene i forhold til elvearealet. Dette er gjort ved samme metode som er brukt for utregning av gytebestandsmål (Hindar m. fl. 2007). For laks er andelen av hofisk blant tert, mellomlaks og storlaks antatt å være henholdsvis 10 %, 70 % og 55 %. For sjøaure ble det antatt en kjønnsfordeling på 50 % for alle størrelsesgruppene. Videre har vi antatt gjennomsnittsvekten for tert, mellomlaks og storlaks å være 2 kg, 5 kg og 8 kg, og for sjøaure er vekten antatt å være henholdsvis 0,75 kg, 1,5 kg, 2,5 kg, 3,5 kg, 4,5 kg, 5,5 kg og 7 kg for de ulike størrelsesgruppene. Antall egg pr. kg hofisk ble antatt å være 1450 for laks (Hindar m. fl. 2007) og 1900 for sjøaure (Sættem 1995). Elvearealet er ut i fra N50 kartverk beregnet å være 308 000 m² for Aurlandelva og 84 000 m² i Vassbygdelva (392.000 m² til sammen).

Rognundersøkelser

Gytegroper ble funnet ved å grave forsiktig i grusen med en spiss gartnerspade i områder der bunnsstrat er egnet for gyting. Når en gytegrup (eggglomme) ble lokalisert, ble vanddyppet over gytegruppa og gravedypet ned til eggene registrert, samt at et utvalg rognkorn ble tatt opp med en hov. Overlevelsen ble estimert ved å telle antall levende og

døde egg og/eller plommeseekkyngel (etter Skoglund et al. 2012) . Det er viktig å bemerke at overlevelsen frem til ungfiskstadiet kan bli noe overestimert her da det kan inntreffe dødelighet både i perioden fra undersøkelsestidspunktet og frem til klekking og videre frem til yngelen forlater gytegroperne. Et par rognkorn fra hver gytegrep ble frosset ned og senere artsbestemt på laboratoriet ved hjelp av isoelektrisk fokusering av enzymer (Mork & Heggberget 1984; Vuorinen & Piironen 1984). Resterende rogn ble forsiktig gravd ned i grusen igjen. Ved undersøkelsene har det vært forsøkt å samle inn et så representativt utvalg som mulig med hensyn til dyp og plassering av gytegroper. Gytegroperne har blitt undersøkt på ettervinteren, 09.03. 2011 og 16.03. 2012. når vannstanden har vært lav. De fleste egg var da utviklet til øyerogn, noen var klekket (plommeseekkyngel) og noen få var uten plommesekk og klare for svim up (sistnevnte bare på en plass ved Vassbygdi).



Figur 2 Lokalkjente Ingvald Bjelde, Per Veum, Knut Therum og Johannes Ohnstad, så vel som leder av elveeierlaget Bjørn Vike ved befaring av historiske gyteplasser i august 2011.

Spørring av øyevitner

For å supplere historiske data ble 4 øyevitner spurt om følgende historiske forhold i Aurlandsvassdraget: Vannstand i ekstremisituasjoner (Midjeelva), informasjon om sideløp, sedimentforhold og gyteplasser. Øyevitnene er grunneiere og var involvert i fiske og kultivering: Ingvald Bjelde, Per Veum, Knut Therum og Johannes Ohnstad. August 2011 kjørte vi langs elven, og øyevitnene viste arealene som ble tegnet inn på kart. Deretter ble arealene kvalitetssikret mot topografiske og hydrologiske data og historiske bilder så vidt de finnes fra områdene.

Prøvefiske

Prøvefisket skulle supplere NINAs elfiskestasjoner slik at det blir mulig å vurdere eventuelle endringer i fisketetthet direkte ved tiltaksområdene. I Aurlandselva ble det fisket

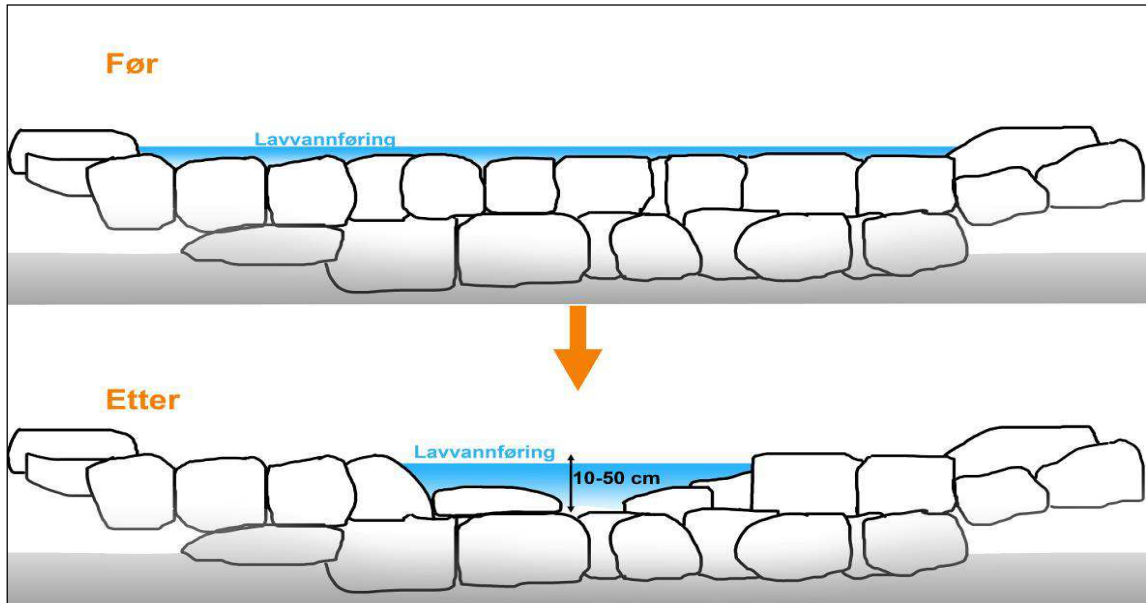
i henhold til metode beskrevet av Forseth et al. 2008, dvs. engangs overfiske på 100 m² med 1400 V impulsstrøm fra et 12 V batteriapparat. Alle fisk ble satt levende ut igjen. Ut i fra dataene fra Ugedal et al. (2012) ble fisk under 8 cm regnet som 0+. Fisk over/lik 8 cm som eldre ungfisk. Stasjonene er vist i Figur 20 og Figur 56). Det ble fisket i Aurlandselva 7.10.2010 (T = 7,1° til 7,7°, K = 22-28 µS/cm), 11.10. 2011(T = 6,9° til 7,4°, K = 18-23 µS/cm) og 19.10.2012 (T = 6,1° til 6,1°, K = 16-18 µS/cm). 11.10. 2011 ble det i tillegg fisket i sideløp (etter Bohlin et al. 1989, med tre omganger overfiske, (T = 6,5° til 7,9°, K = 13-29 µS/cm). Vannføring i Aurlandselva var lav vintervannføring ved 3-4 m³/s (2010-2012), i Tokvamsbekken, Midjeelva og Klekkeribekken la den ved ca. 200 l/s, i Tivesja ca. 50 l/s (2011).

Kartlegging gytesubstrat

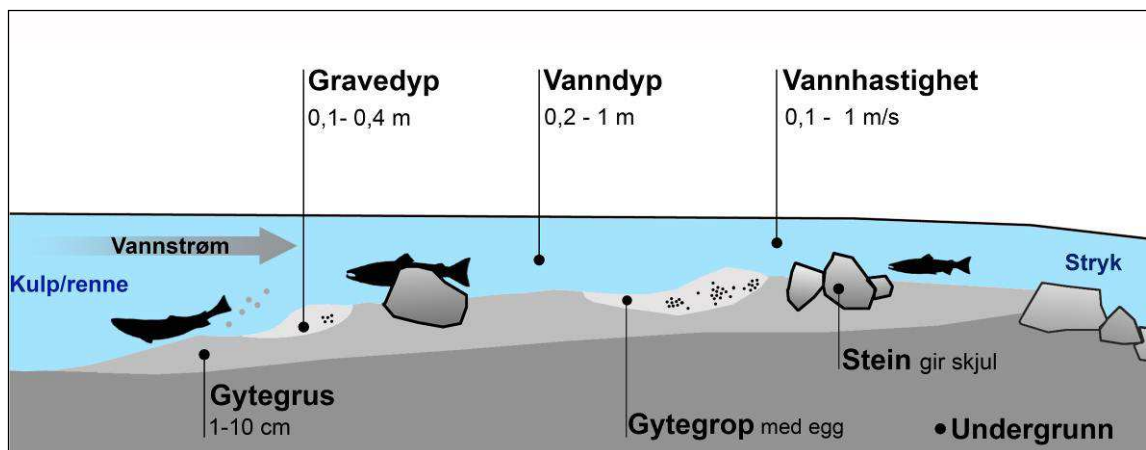
Gytesubstrat ble første gang kartlagt 02. og 03 desember 2009. To snorkeldykker drev nedover Vassbygdelva og Aurlandselva slik at de kunne vurdere hele elvebunnen visuelt (Vannføring Aurlandselva, ca. 4 m³/s, Vassbygdelva, ca 2 m³ /s). Areal som var dekket av gytegrus (grusblanding med 1-10 cm kornstørrelse) og som hadde egnete hydrauliske egenskaper (vann dyp, vannhastighet se Barlaup et al. 2008, Louhi et al. 2010) ble kartlagt som gyteareal. Areal og beliggenhet ble lagret ved hjelp av GPS. De områder hvor fisken hadde gytt (synlig ved gytegroper) ble kategorisert som realisert gyteareal, de områder der det ble påvist egnet grus men hvor det ikke var synlige spor etter gyting ble kartlagt som potensielle gyteområder. Det som brukes videre i denne rapporten her når det er snakk om gyteareal er potensielle gyteområder hvis ikke det er nevnt noe annet. I årene etterpå ble gytearealet oppmålt på samme måte etter at ny grus hadde blitt lagt ut.

Videoovervåking

Siden 2010 har vi filmet gyteaktivitet om høsten på utløpet av Vassbygdvatnet (oktober, november, desember). Formålet med videoovervåking var å finne ut om sjøauren ville ta i bruk utlagt gytegrus, samt studere gytetidspunkt for sjøaure og laks. Vi så også på forhold mellom arter, størrelse på fisken og gyteatferd som for eksempel jaging, graving og selve gyting. Undervannskamera ble plassert ut på utlagt gytegrus ved utløpet av Vassbygdvatnet. Kamera ble fordelt på 4 lokaliteter. Det ble benyttet 4 svart/hvit undervannskamera i 2010 og 2011. I 2012 ble det brukt fargekamera. Kamera ble montert på en 10 kg loddplattform. Videosignalet fra kamera ble overført via en kabel til elektroskap montert på land ca 40 meter fra gyteområdet. Her ble fire videosignaler samlet til ett ved hjelp av bildesplitter (Quad) Opptak ble kodet og lagret i mjpeg på en Sanyo DSR 300P harddisk videoopptaker. Bildet ble lyssatt om natten med IR lys (850 Nm) i 2010 og 2011. I 2012 ble det brukt vanlig lys. Kameraene har en bildevinkel på ca 70 grader (diagonalt) under vann. Opptak ble gjort i "time lapse" modus med 1,92 bilder pr sekund.



Figur 3 Prinsipp av terskeljustering i Sidebekkene ved Tokvam og Klekkeriet



Figur 4 Lengdeprofil gjennom en typisk gyteplass for sjøaure og laks med forventet høy eggoverlevelse.

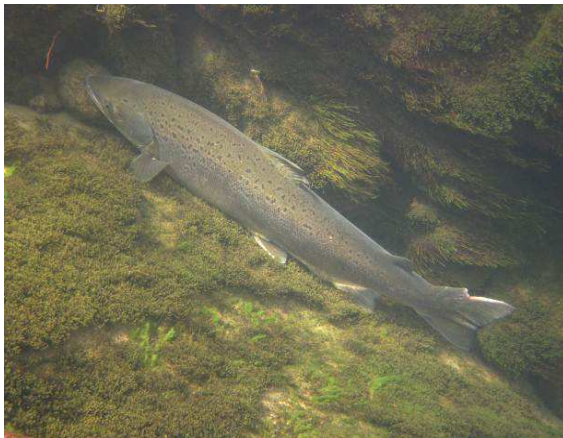
Tiltak

Nytt gyteareal ble laget gjennom grusutlegg og harving (Barlaup et al. 2008, Pulg et al. 2013). Det ble brukt 16-20t beltegraver. Stedene ble i forkant valgt ut av snorkeldykkere etter hydrauliske kriterier som tydet på at plassene vil bli egnet til gyting og at grusen vil ligge stabilt nok uten å bli spylt ut ved vanlig vannføring. Grusortering som ble brukt var fra 16 mm til 64 mm (korndiameter). På grusarealene som ble skaffet på denne måten ble det lagt ut større rullestein som skulle stabilisere gruslaget og gi skjul til ungfisk og gytefisk. Etter restaurering lå vanddyp (ved $Q_{\min} = 3 \text{ m}^3/\text{s}$) mellom 1 og 0,2 m, vannhastighet mellom 0,1 og 1 m/s, og gruslaget var ca. 30-50 cm tykk (Figur 4). Tersklene i sideløp ved Klekkeriet og Tokvam ble justert i september 2012 for å skape et optimalt forhold mellom vanddekket areal og habitatkvalitet (Figur 88). Se illustrasjoner i Figur 2, Figur 32, Figur 36, og Figur 59.

3 Resultater

3.1 Gytefisktelling

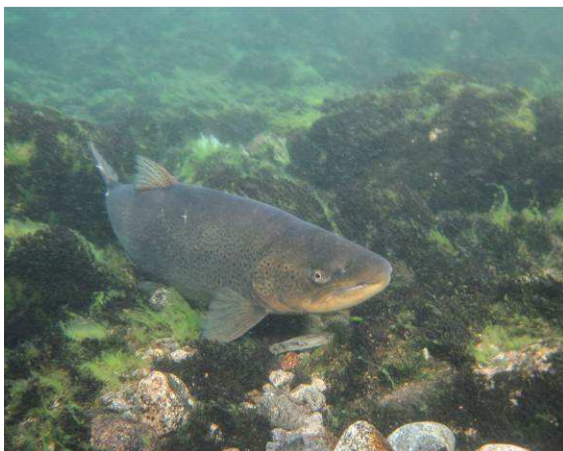
I Aurlandelva ble det i årene 2009-2012 observert fra 299-852 sjøaure og 9-48 villaks, mens det i Vassbygdelva ble observert fra 140-293 sjøaure og 4-13 villaks. Antall fisk observert i ulike størrelseskategorier er gitt i Tabell 1 og Tabell 2. Dersom en ser på den totale gytebestanden for begge elveavsnittene, så ble det funnet en markant økning i nivået for gytebestanden av sjøaure fra 2009 og de påfølgende tre årene (Figur 9). Denne økningen synes å gjenspeile en økning i rekrutteringen til gytebestanden fra en sterk årsklasse. Denne årsklassen observeres først som blenkjer (dvs. små umodne sjøaure) høsten 2009, og deretter inngår den i gytebestanden som større fisk gjennom perioden 2010-2012 (Tabell 1). Også for laks ble det observert en økning i løpet av de fire årene. Særlig i 2011 ble det registrert en økning av mellomlaks i gytebestanden (Figur 10).



Figur 5 Storlaks nedenfor E16 i 2011



Figur 6 Storlaks nedenfor demningen 2012



Figur 7 Sjøaure ovenfor Saurehølen på gjengrodd substrat (2012)



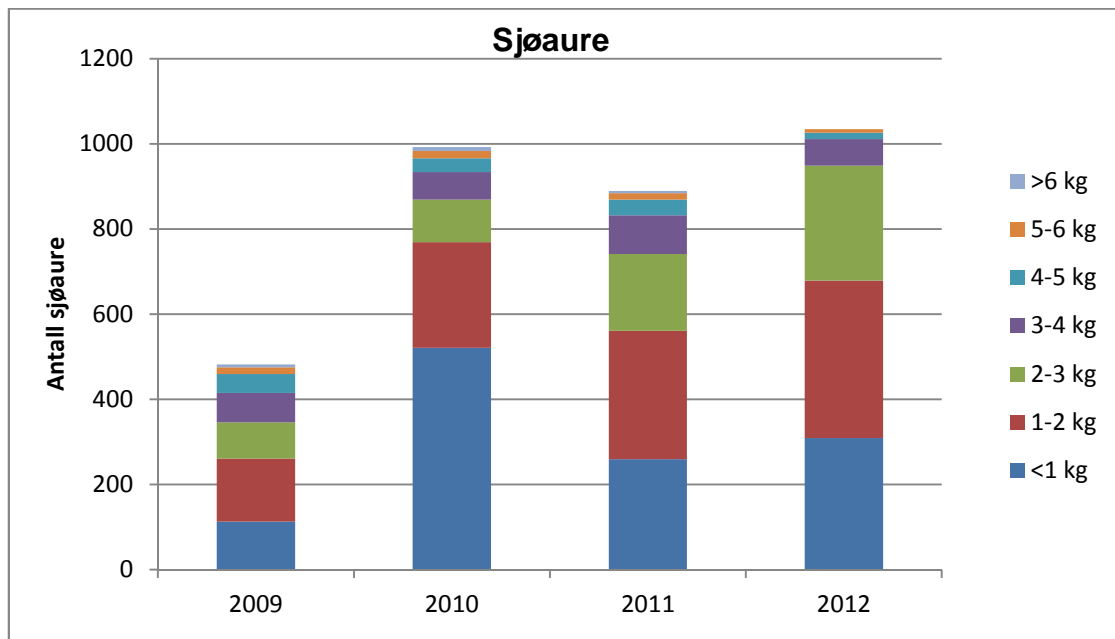
Figur 8 Sjøaure ovenfor Saurehølen på armeringslag (2012)

Tabell 1. Resultater fra gytefisktelinger i Aurlandselva i perioden 2009-2012

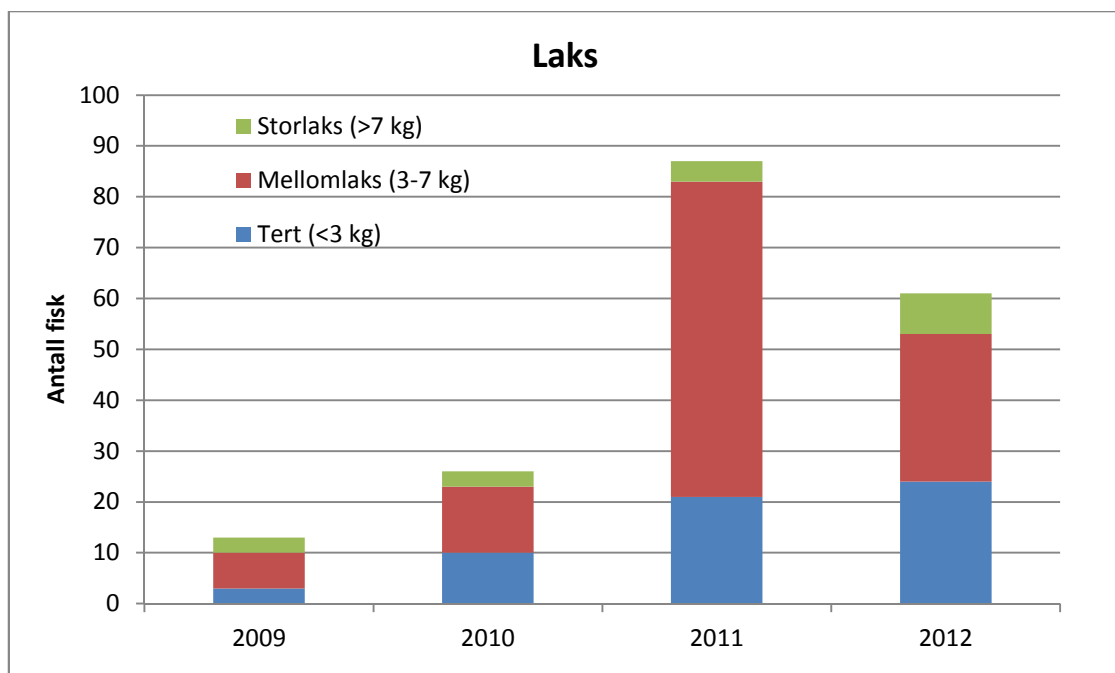
		2009	2010	2011	2012
Sjøaure	Blenkjer	808	361	610	665
	>0,5-1 kg	79	468	164	215
	1-2 kg	92	198	198	255
	2-3 kg	49	84	153	210
	3-4 kg	38	53	81	48
	4-5 kg	25	27	35	8
	5-6 kg	11	15	15	5
	>6 kg	5	7	5	0
Villaks	Tert (<3 kg)	2	9	18	18
	Mellomlaks (3-7 kg)	5	7	55	23
	Storlaks (>7kg)	2	1	4	7
Rømt oppdrettslaks	Tert (<3 kg)	0	0	0	0
	Mellomlaks (3-7 kg)	0	0	0	0
	Storlaks (>7kg)	0	0	0	0

Tabell 2. Resultater fra gytefisktelinger i Vassbygdelva i perioden 2009-2012.

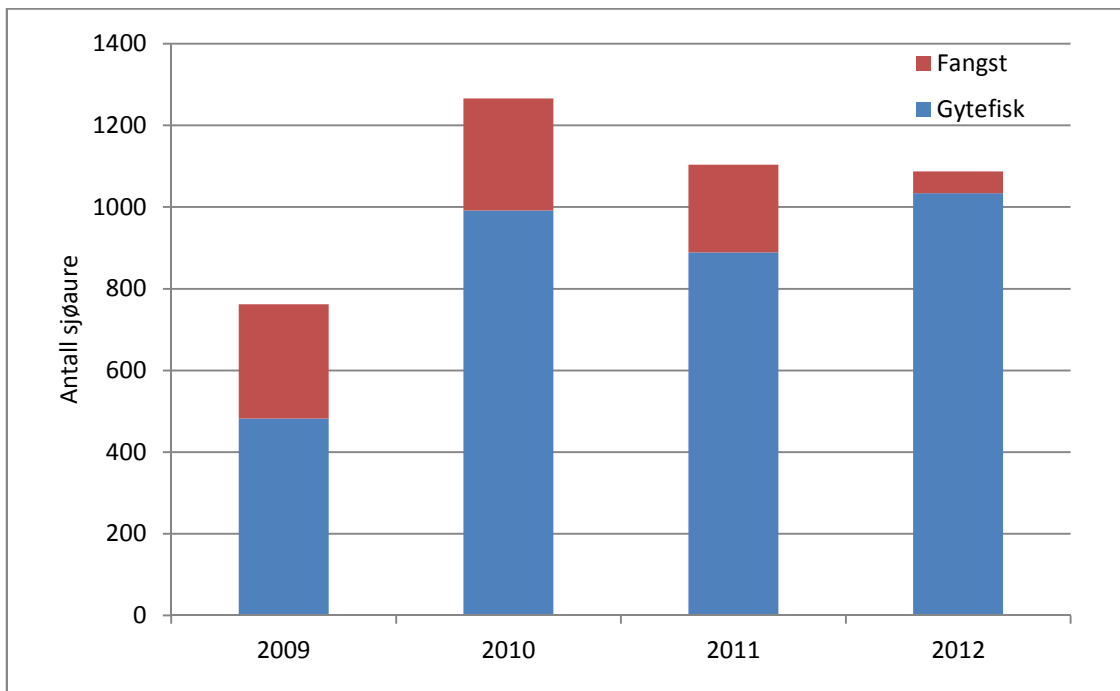
		2009	2010	2011	2012
Sjøaure	Blenkjer	15	0	11	0
	>0,5-1 kg	34	53	95	94
	1-2 kg	56	50	104	115
	2-3 kg	36	16	27	60
	3-4 kg	31	12	10	14
	4-5 kg	19	5	2	7
	5-6 kg	5	2	0	3
	>6 kg	2	2	0	0
Villaks	Tert (<3 kg)	1	1	3	6
	Mellomlaks (3-7 kg)	2	6	7	6
	Storlaks (>7kg)	1	2	0	1
Rømt oppdrettslaks	Tert (<3 kg)	0	0	0	0
	Mellomlaks (3-7 kg)	0	1	0	0
	Storlaks (>7kg)	0	0	0	0



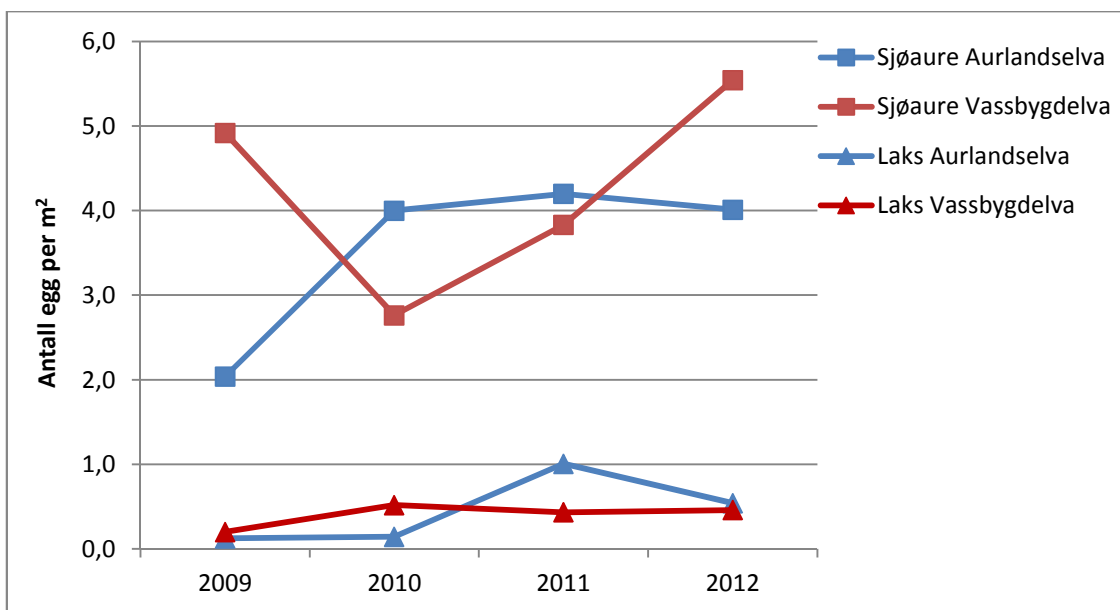
Figur 9 Antall gytefisk for ulike størrelsesgrupper av sjøaure observert samlet for Aurlandselva og Vassbygdelva i årene 2009-2012.



Figur 10 Antall gytefisk for ulike størrelsesgrupper av laks observert samlet for Aurlandselva og Vassbygdelva i årene 2009-2012.



Figur 11 Totalt innsig av sjøaure i i Aurlandsvassdraget basert på gytefisktelling og fangst i 2009-2012. Tallene omfatter bare kjønnsmoden fisk og ikke blenkjer.



Figur 12 Beregnet egg tetthet for sjøaure og laks i Aurlandselva og Vassbygdelva i perioden 2009-2012.

Totalt innsig av sjøaure var i perioden 2009-2012 (Figur 11), mellom 762-1266 pr år (basert på gytefisktellinger og sportsfiskefangster). I tillegg til gytebestanden av laks som vist i Figur 10 besto innsiget av laks av 3 fisk som ble rapportert avlivet ved sportsfiske i 2009 og 3 laks avlivet i 2012. Det må bemerkes at det totale antallet fisk i vassdraget kan være høyere ettersom det kan stå fisk i Vassbygdatnet eller andre plasser i vassdraget hvor de unngår å bli sett under gytefisktellingene. Det totale innsiget av laks og sjøaure vist i figurene vil derfor kun representere *minimumsestimater* av det totale innsiget av gytefisk til vassdraget.

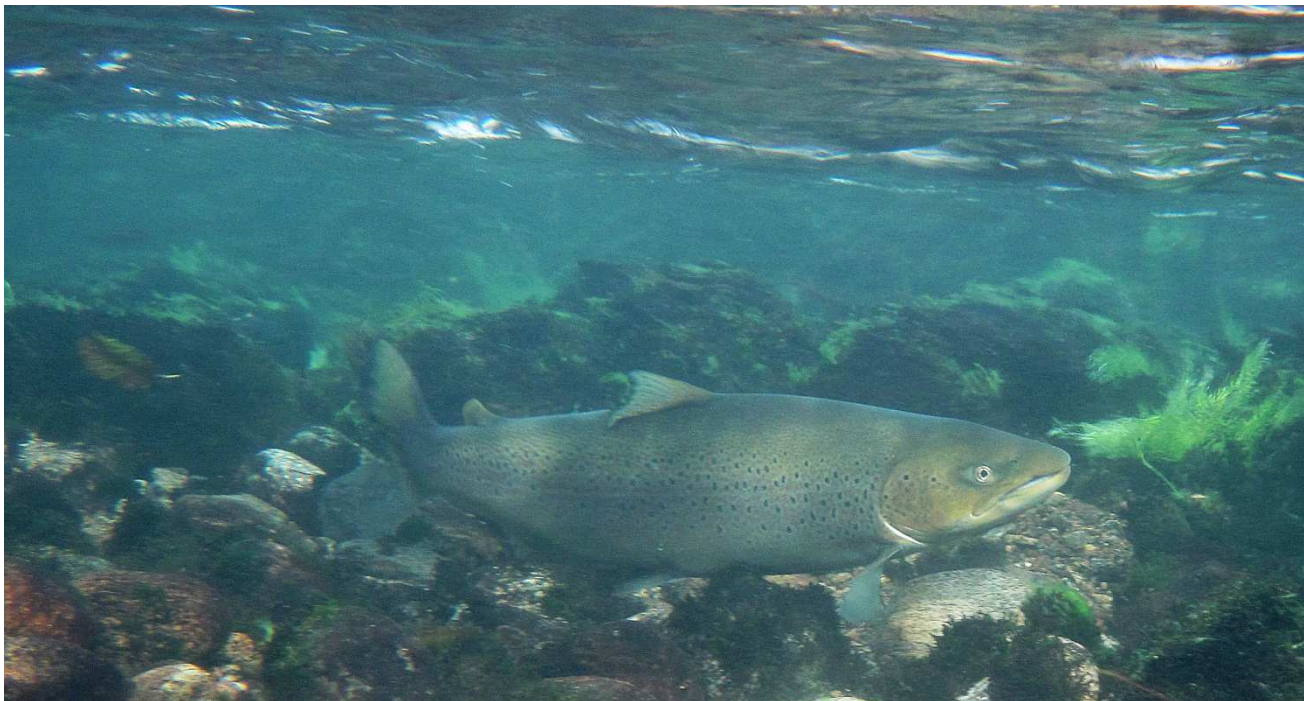
Estimert egg tetthet for sjøaure i årene 2009-2012 har variert fra 2-4,2 egg per m² i Aurlandelva og 2,8-5,5 egg per m² i Vassbygdelva. Estimert egg tetthet for laks har variert fra 0,1-1,0 egg per m² i Aurlandselva og fra 0,2-0,5 egg per m² i Vassbygdelva (Figur 12).

Resultatene fra gytefisktellingene foretatt 16. oktober og 27. november i 2012 er gitt i tabell 3. I Aurlandselva ble det talt noe færre sjøaure og laks i november i forhold til oktober, men det er en veldig god overensstemmelse mellom de to tellingene. I Vassbygdelva ble det talt en del færre sjøaure i november, noe som skyldes at sjøauren delvis var ferdig med å gyte og hadde sluppet seg ned i Vassbygdatnet (se forsidebilde av denne rapporten). Det er en del forskjell i karakterisering av størrelseskategoriene mellom tellingene. Dette er nok en metodisk sak i forhold til hvordan ulikt tellemannskap vurderer størrelsen på fisk forskjellig, særlig fisk som er i grenselandet mellom de ulike størrelseskategorier. Det samsvarende resultatet mellom de to tellingene tilsier at tellinger i oktober også synes å være representative for gytebestanden av laks til tross for at de gjennomføres noe i forkant av laksens gytetid.

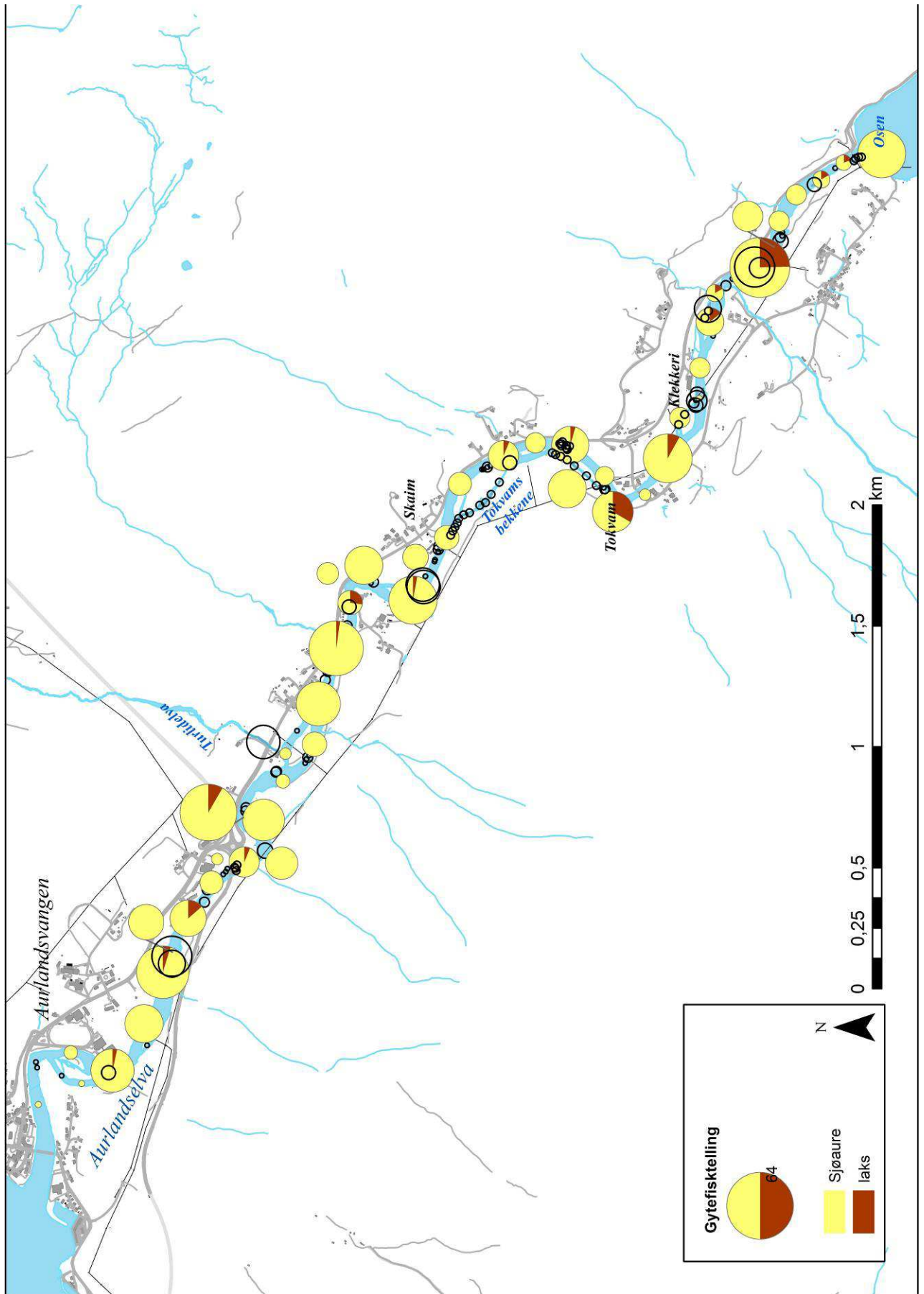
Tabell 3. Oversikt over antall gytefisk observert ved tellingene 16. 10. og 27. 11. 2012.

		Aurlandselva		Vassbygdelva	
		16.okt.2012	27.nov.2012	16.okt.2012	27.nov.2012
Sjøaure	Blenkjer	665	1005	0	0
	>0,5-1 kg	215	177	94	68
	1-2 kg	255	194	115	51
	2-3 kg	210	256	60	41
	>3 kg	61	97	24	38
	Sum	741	724	293	198
Villaks	Tert (<3 kg)	18	4	6	3
	Mellomlaks (3-7 kg)	23	24	6	6
	Storlaks (>7kg)	7	6	1	0
	Sum	48	34	13	9

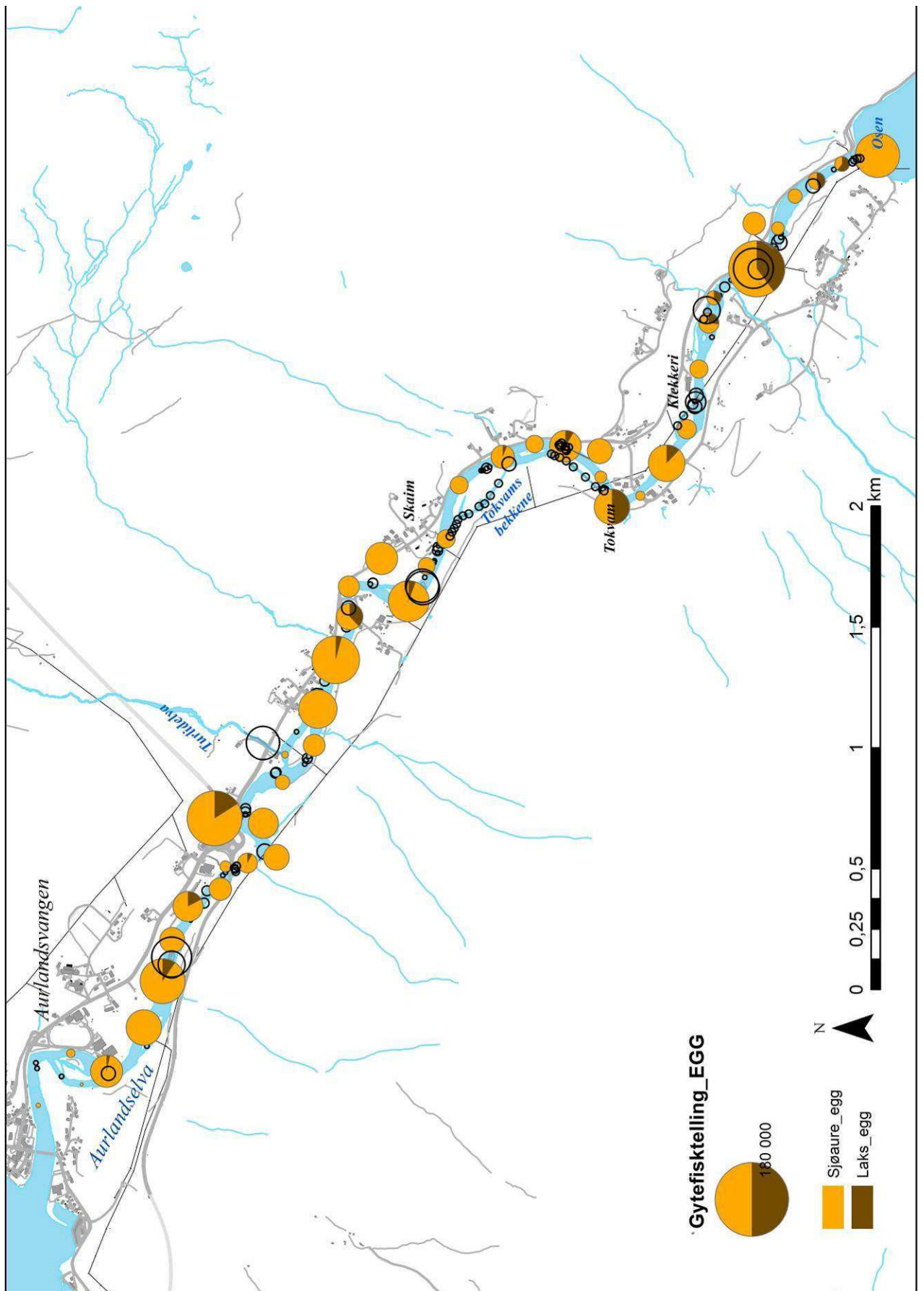
Basert på gytefisktellinger utført 16. oktober 2012 var gytefisken i Aurlandselva i stor grad fordelt langs hele vassdraget, men typisk ansamlet i kulper med tilgjengelige gytemuligheter (Figur 14). Som et resultat av dette vil også den tilgjengelige eggdeponeringen forventes å være forholdsvis jevnt fordelt langs vassdragets lengdeprofil (Figur 15). I Vassbygdelva er gytefisken mer ujevnt fordelt innad i vassdraget. Mye av gytefisken var konsentrert i det største terskelbassenget ved munning av Tivesja (Vassbygdi) i midtre del av elven, mens det ble observert færre gytefisk i øvre og nedre del av elven (Figur 16). Dersom dette også gjenspeiler gyteaktiviteten vil også eggdeponeringen være mer aggregert i midtre del av elven, til tross for at det finnes tilgjengelige gyteområder også i øvre og nedre del av elven (Figur 17).



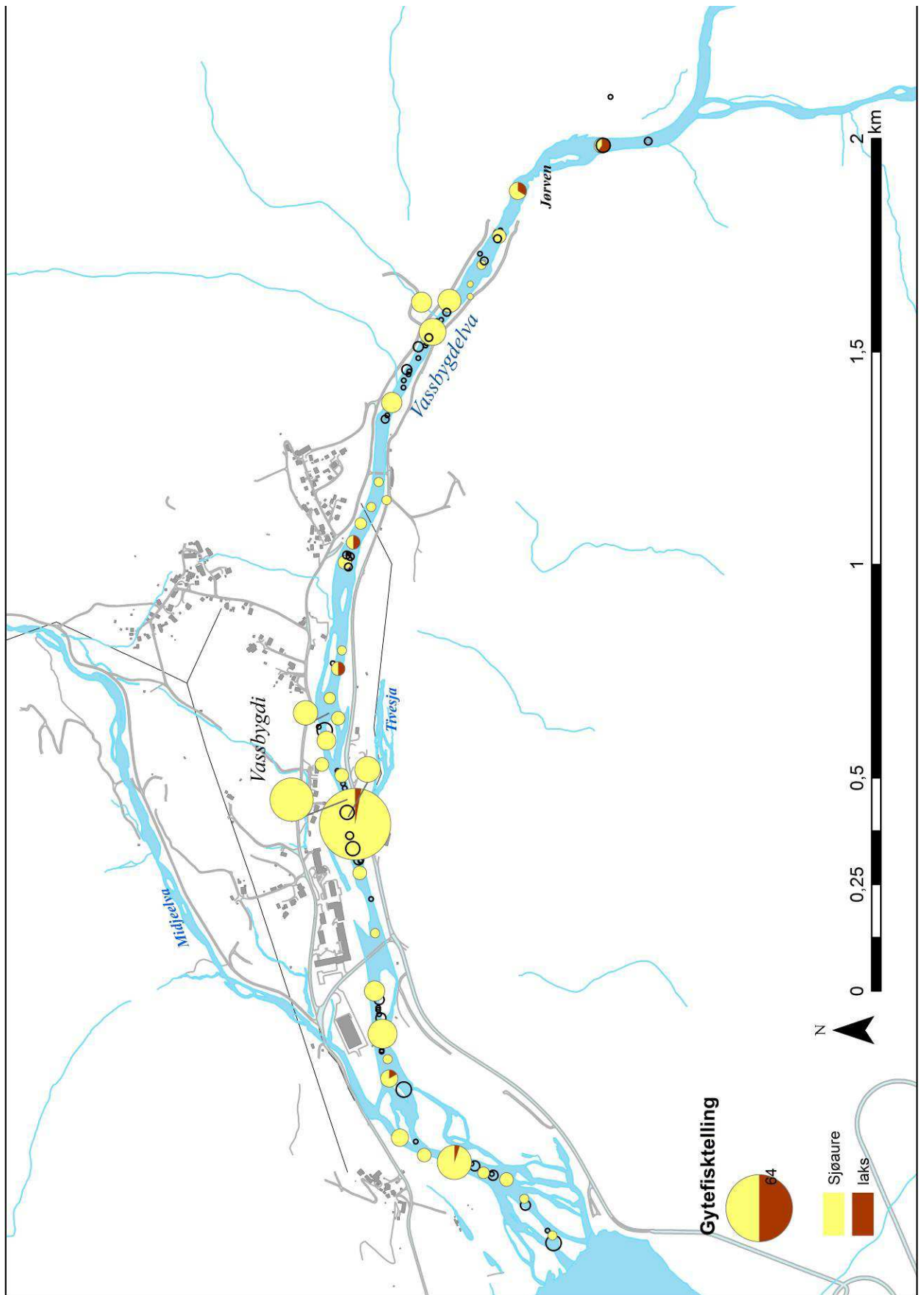
Figur 13 Sjøaure i Aurlandselva, gytefisktelling oktober 2012



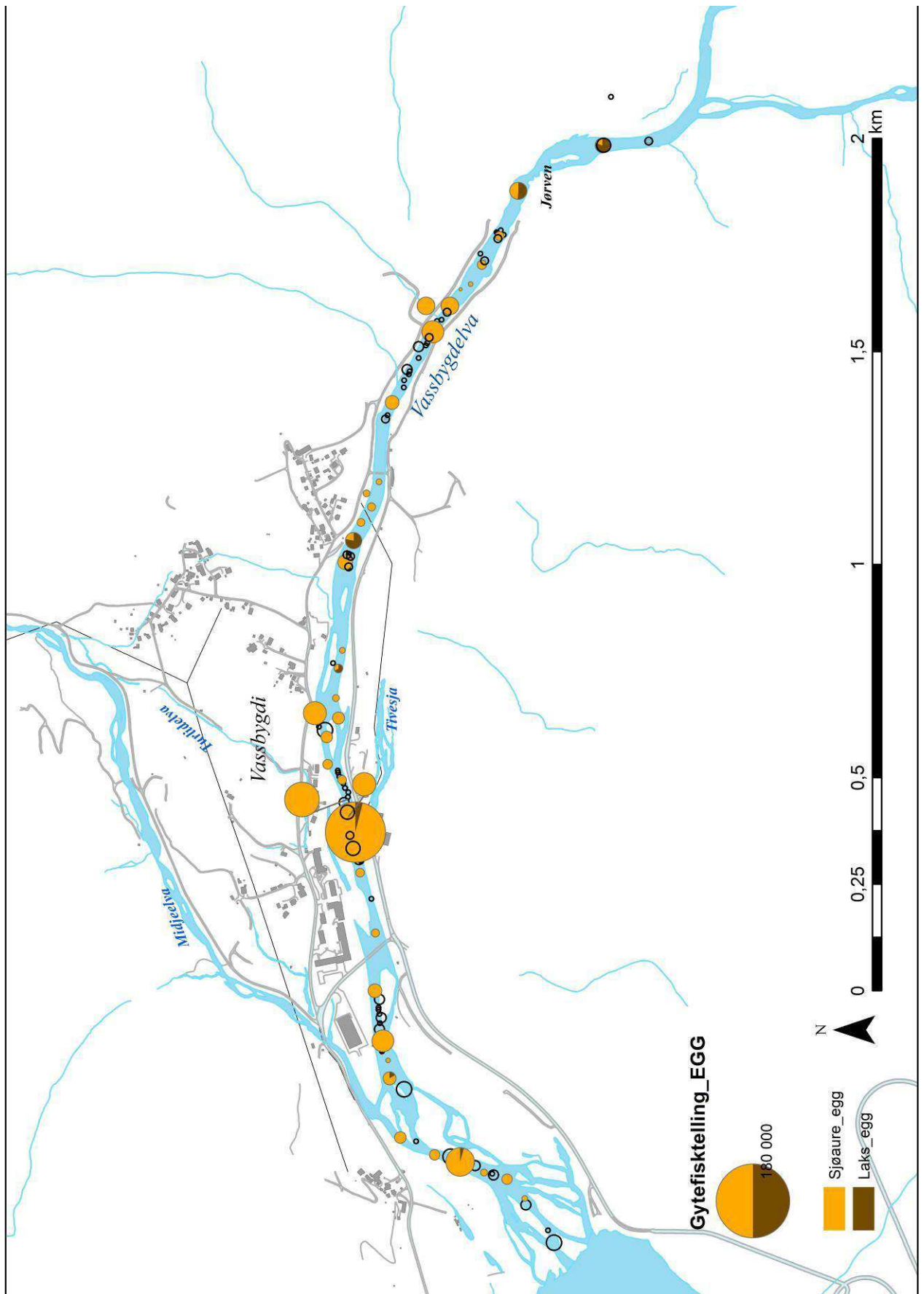
Figur 14 Gytetelling 16.10. 2012 Aurlandselva



Figur 15 Eggtetthet basert på gytefiskstelling 16.10. 2012



Figur 16 Gyttefisketelling Vassbygdelva 16.10.2012



Figur 17 Eggtetthet basert på gytfisktelling Vassbygdelva 16.10. 2012.

3.2 Sediment i hovedelven med fokus på gyteareal

3.2.1 Kartlegging og restaurering av gyteareal

Under gytefisktelling i 2009 var det påfallende lite gyteareal å se. For å kvantifisere dette ble det satt i gang en målrettet kartlegging av gyteareal 02. og 03. desember 2009. Resultatet er vist i Figur 19. 0,2 % av elvearealet ble vurdert som egnet for gyting (880 m² av 392.000 m²). For Aurlandselva alene er andelen rundt 0,2 % for Vassbygdelva 0,4 %. I Aurlandselva var det i første rekke tilgang på egnet gytegrus (10-100 mm, D_g (middel korndiameter) 20-50 mm) som var den begrensende faktoren for gyting. Gunstige hydrauliske forhold (vannhastighet, dyp) fantes mange steder i elven, men siden gytegrus manglet var det bare ca. 880 m² som hadde begge deler: Gunstige hydrauliske forhold og gytegrus.

Det ble lokalisert 34 gyteområder, som lå spredt nedover langs Aurlandselva (Figur 19). Median avstand mellom gyteplassene var 130 m. Det var imidlertid flere lange elvestrekninger helt uten gytemuligheter. Ti slike elvestrekninger var lengre enn 200 m (maksimal lengde 600 m). Samlet utgjorde disse lange strekninger uten gytemuligheter 3.400 m eller ca. 50 % av elvearealet. På 27 % av elvearealet var nærmeste avstand til en gyteplass 100 m eller mer. (Figur 22).

I Vassbygdelva ble det kartlagt 39 gyteplasser. Medianavstand mellom gyteplassene var 45 m. Fordelingen var litt mer klumpete enn i Aurlandselva med flere gyteplasser nede og færre i den øvre delen av elven. Det fantes fire strekninger lengre enn 200 m uten gyteplasser (maksimal lengde 370 m). Samlet utgjorde disse strekningene en lengde på 1226 m (ca. 34 % av elvearealet). På 25 % av elvearealet var nærmeste avstand til en gyteplass 100 m eller mer.

Med bakgrunn i disse tallene vedtok ECO-Energi i samråd med LFI Uni Miljø å øke gytearealet med grusutlegging og harving. Disse arbeidene ble gjennomført trinnvis i årene 2010, 2011 og 2012 (se Figur 20). Til sammen ble gytearealet økt til 3700 m², hovedsakelig gjennom grusutlegg (Figur 32, Figur 33), og i mindre grad gjennom harving av pakket substrat (Figur 36, Figur 37). I 2010 ble det skapt 1150 m² nytt gyteareal, i 2011 1200 m² og i 2012 460 m². Dessuten ble det skapt 830 m² i sideløpene ved Tokvam og klekkeriet (2012). Figur 21 viser gytearealet høsten 2012. Gytefiskene i 2012 fant dermed egnede forhold for gyting på ca. 1 % av arealet, altså 5 ganger så mye som 3 år før. Antall gyteplasser ble økt fra 34 til 83 i Aurlandselva og fra 39 til 49 i Vassbygdelva. I Aurlandselva ble elvearealet som hadde større avstand enn 100 m til nærmeste gyteplass redusert fra 27 % til 17 %. I Vassbygdelva var 21 % av arealet lengre enn 100 m borte fra nærmeste gyteplass (25 % i 2009).

Den utlagte gytegrusen ble påvirket av både gytende fisk og vannstrømmen. Størst endring var det på gytegrusen fra 2010 ved klekkeriet (Aurlandselva) og i Vassbygdelva ved utløpet av Tivesja. Høsten 2012 var ca. 20-50 % av grusen på disse områdene spylt nedstrøms. Den var ikke tapt men lå flekkvis fordelt nedenfor utleggingsstedet hvor den fortsatt kan brukes som gyteplass, eller habitat for 0+. Også på de andre gytegrusutleggene hadde vannstrømmen påvirket gytegrusen, men mindre grus, varierende fra 0-20 %, var spylt nedover.

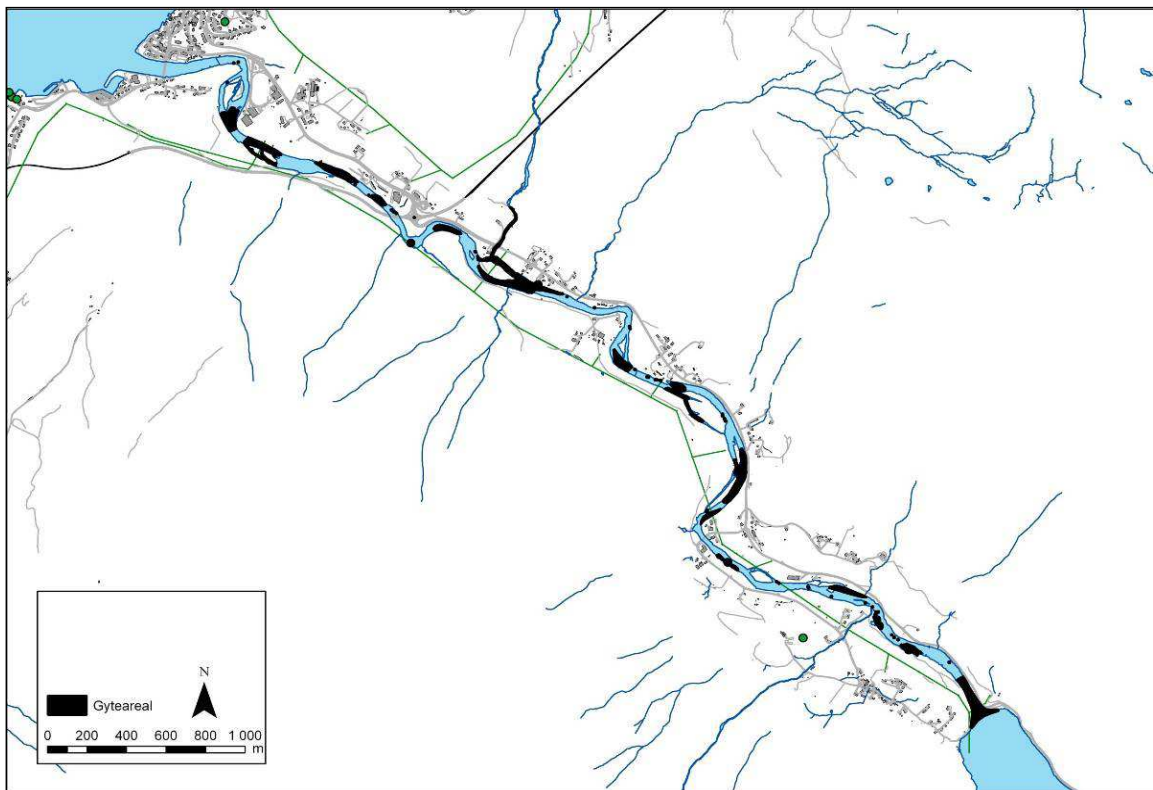
Det ble observert svært lite begroing og sedimentering og ingen dekking med finsediment eller dannelse av armeringslag på den utlagte gytegrusen fram til og med 2012. Etter tre gytesesonger i elva virker grusen fortsatt ren og løs.. Bare på gyteflekkene i utløp av Vassbygdvannet (Osen) som ligger i nesten stillestående vann ble det registrert påfallende algebegroing og akkumulasjon av finsediment.

Det foreligger ikke noen kartlegginger av gytearealet fra tiden før reguleringene av Aurlandsvassdraget. Øyenvitner som kjenner elven fra denne tiden rapporterer at elven hadde «lyst» substrat, at det var langt mindre begrodd med alger/mose og at det var mange gyteplasser. Et historisk bilde (Figur 24, postkort på veggen til vertshuset på Aurlandsvangen som ble tatt ca. 1910-20) tyder på at nedre Aurlandselva hadde et lysere og mer dynamisk substrat og ubegrodd sediment langs breddene. Det kan synes som om det var flere sideløp enn det er i Aurlandselva i dag. Til sammenligning viser Figur 27 perspektivet fra ca. samme sted i 2012. For å kunne tallfeste de gamle minner ble 4 øyevitner spurt om gyteplasser som fantes på 1970-tallet (Ingvald Bjelde, Per Veum, Knut Therum, Johannes Ohnstad). Resultatet er tegnet inn i på kart i Figur 18. Gytearealet som ble beskrevet utgjør 15 % eller ca. 45.000 m² av dagens elveareal i Aurlandselva. På stedene som ble vist av øyevitnene var mangel på egnet gytesubstrat hovedårsak til at arealene ikke lenger er egnet til gyting. Tallet må betraktes som omtrentlige siden hukommelsen er usikker og arealene ikke ble oppmålt. Likevel gir inntrykket av øyevitnene en antydning om hvilken størrelsesorden det opprinnelige gytearealet hadde og om sedimentdynamikken i Aurlandselva.

3.2.2 Sedimentsammensetning i Aurlandselva

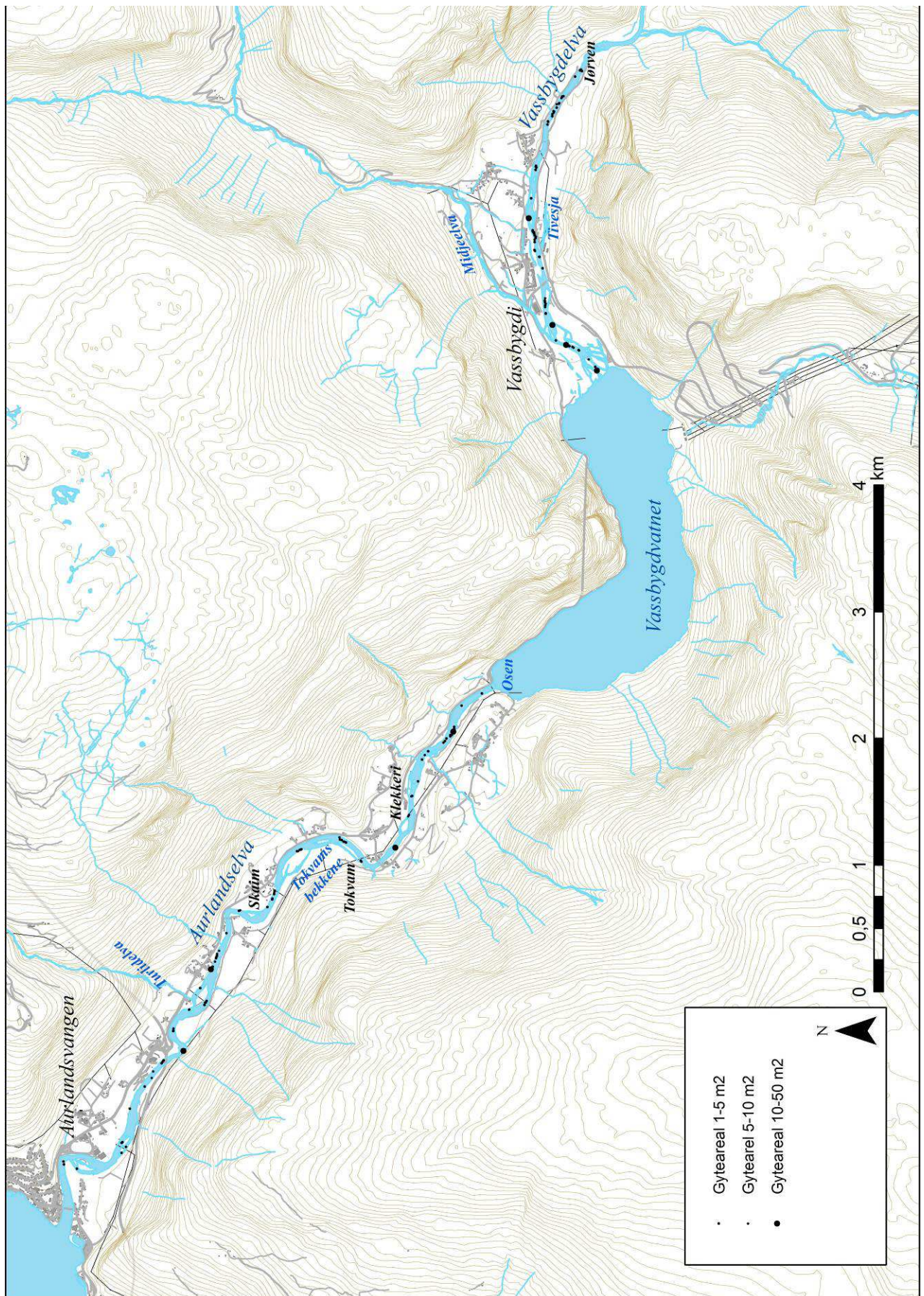
Målet med undersøkelsene i 2009-2012 var å kartlegge gyteforholdene. Gjennom dette arbeidet har vi fått et inntrykk av elvebunnen i Aurlandselva. På store områder var substratet påfallende gjengrodd med alger og mose (se Figur 28 og Figur 29). Hulrom mellom steinene på elvebunnen er flere plasser fylt med finsediment og sedimentet er ofte pakket og fast (se Figur 30, Figur 31, Figur 37 og Figur 38). Langs breddene var det mindre

begroing og mer hulrom, særlig i de områdene som tørregges om vinteren. Andelen finsediment, begroing og fasthet ble ikke utredet siden det krever en annen metodikk enn den som ble brukt under kartlegging av gyteforhold, men de visuelle inntrykkene tyder på at det er lite sedimentdynamikk i Aurlandselva. Det kan se ut som om sedimentfraksjoner større enn ca. 10 cm har ligget i ro lenge nok til at store arealer kunne gro igjen, hulrom fylles og et armeringslag¹ oppstå. Gravemaskinen som skulle harve arealene nedstrøms E16 broa måtte bruke full kraft for å komme gjennom armeringslaget (det øverste sedimentlaget) (Figur 36 og Figur 37). På området vist i Figur 30 var det ikke mulig å grave seg ned i det gamle (brune) sedimentet for hånd. Slike substratforhold er typisk for regulerte elver der erosjon og sedimentasjon blir sterkt begrenset av forbygninger, erosjonsvern, buner, terskler eller demninger (Jungwirth et al. 2003, Pulg 2009).

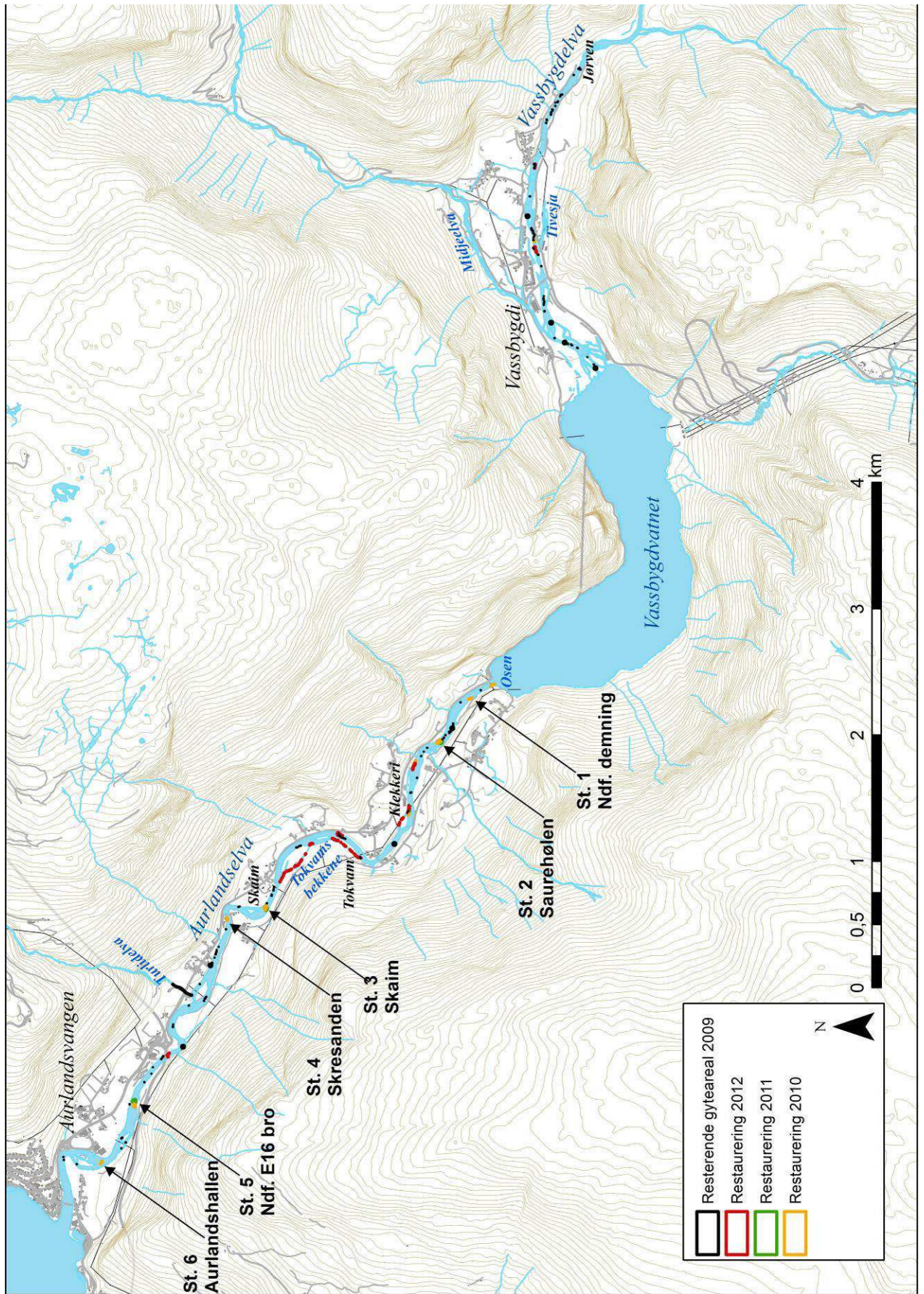


Figur 18 Gyteareal i Aurlandselva ca. 1975 som lokale grunneier husker det. Kartet er tegnet på grunnlag av spørreundersøkelsen gjennomført i 2011. Dersom gytearealet var fordelt som fremstilt utgjorde det ca. 15 % av det totale anadrome elvearealet nedenfor Jørven.

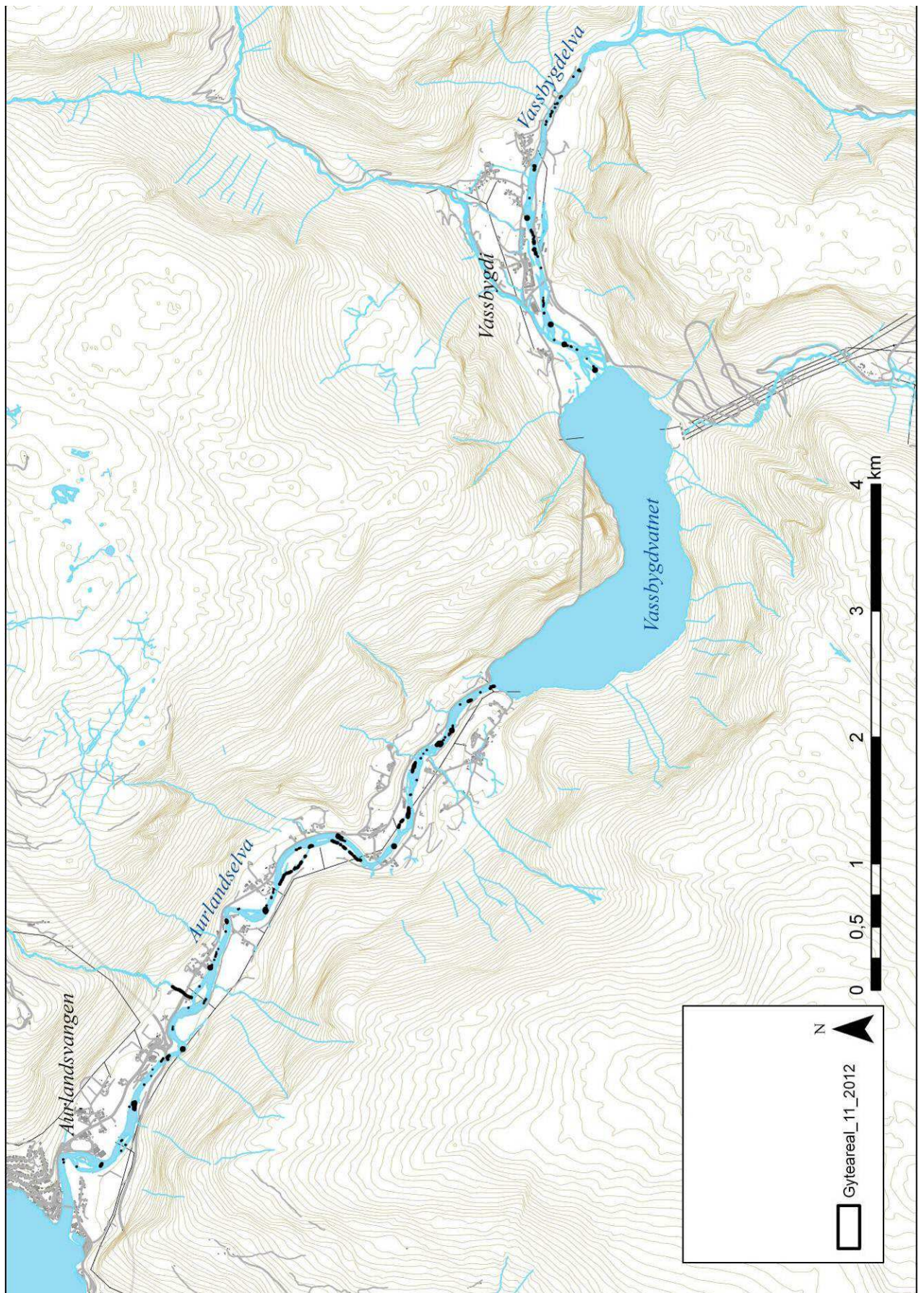
¹ Armeringslag = bunnen sorteres slik at de største steinfraksjonene blir liggende øverst, tett pakket inn i finsediment. Bunnen blir på den måten veldig hard og vanskelig å endre ved små flommer.



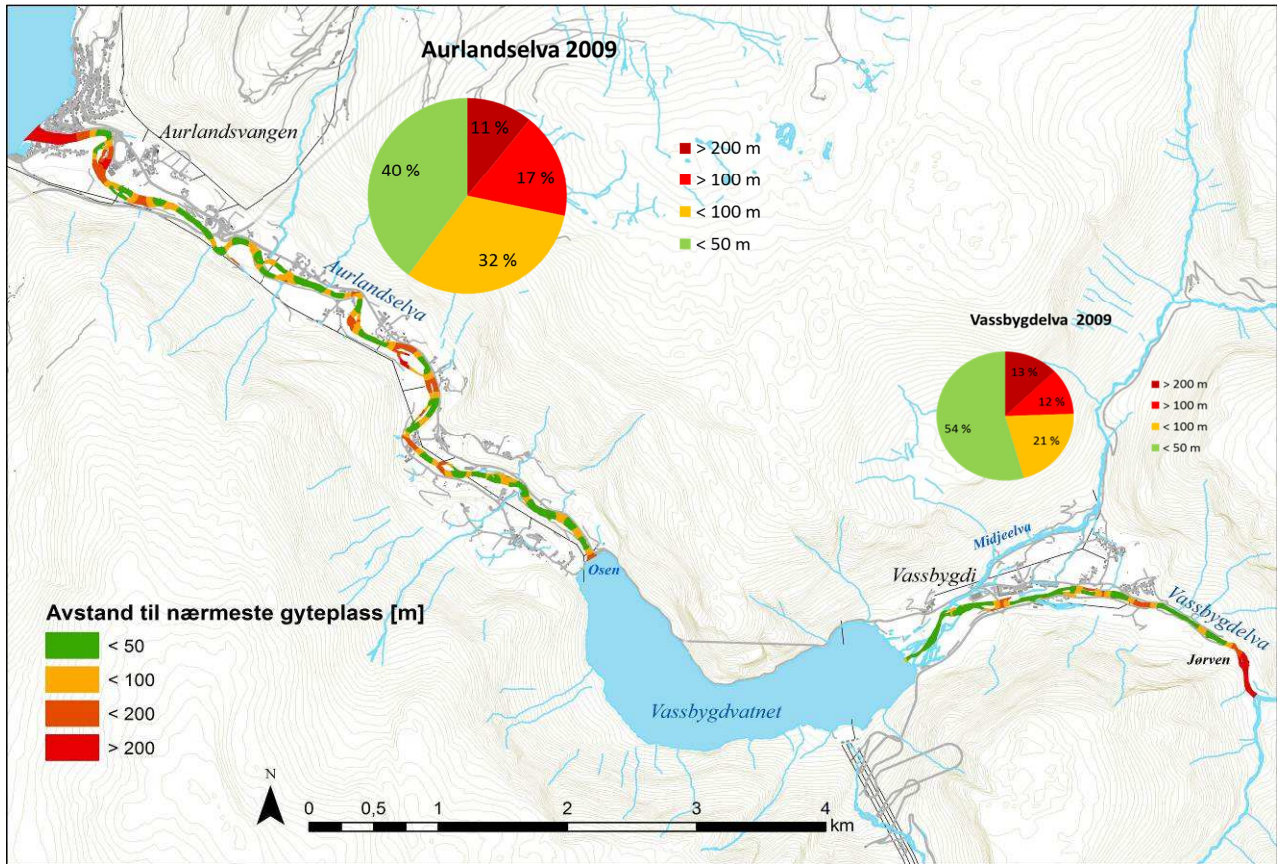
Figur 19 Gyteareal utgjorde ca. 0,2 % av det totale anadrome elvearealet nedenfor Jørven høst 2009



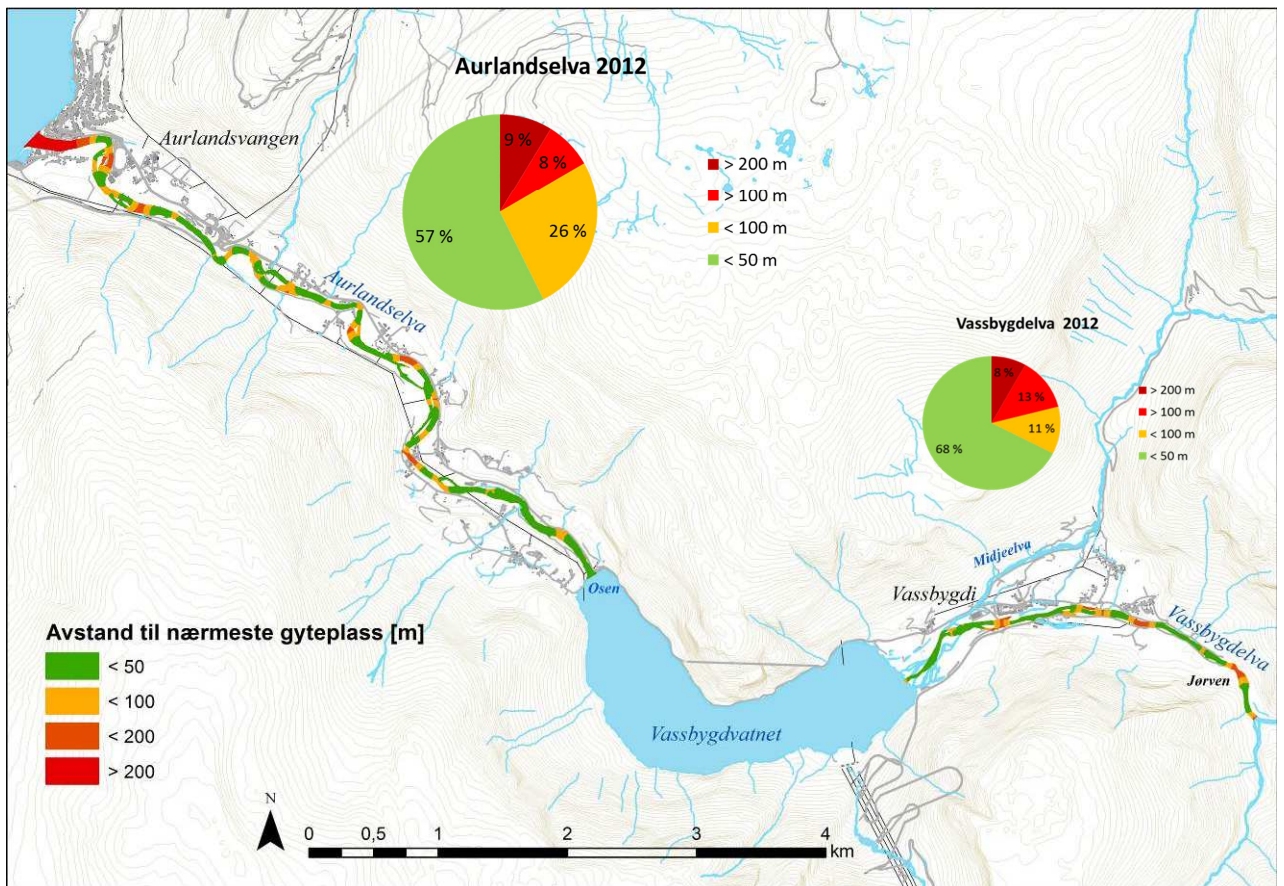
Figur 20 Kart med gytearealene som ble restaurert i henholdsvis 2010, 2011 og 2012 gjennom grusutlegg, harving og justering av terskler.



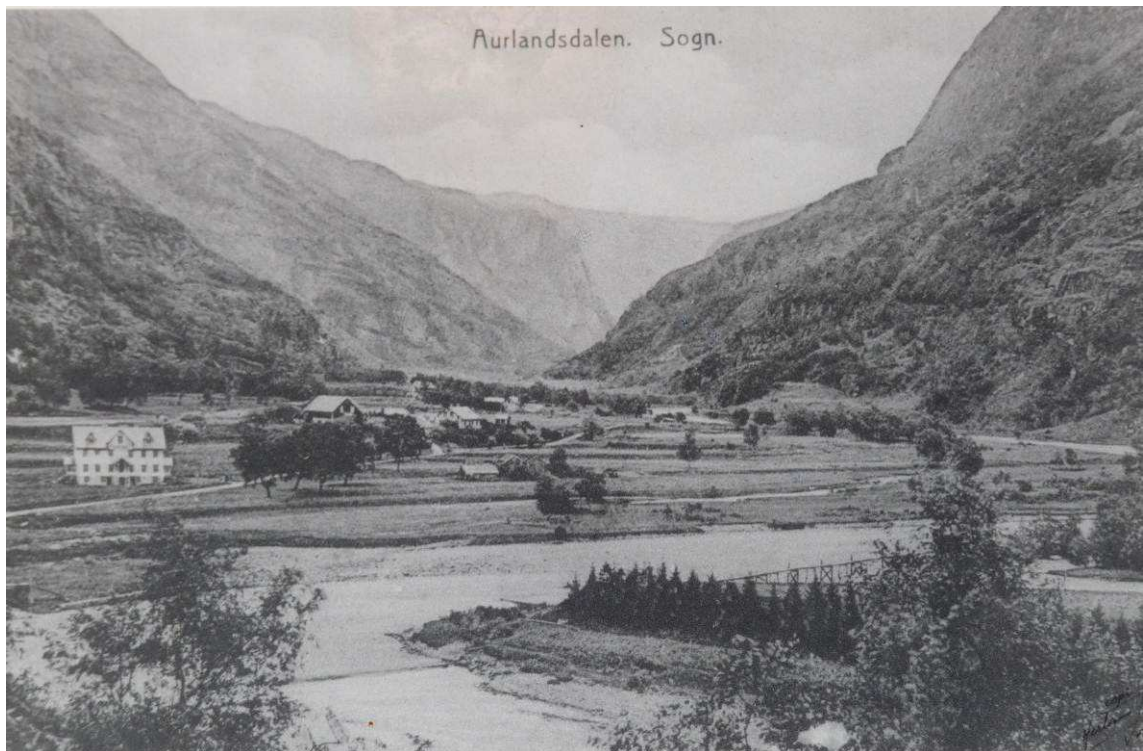
Figur 21 Gyteareal som var tilgjengelig for gytefiskene høsten 2012. Samlet sett utgjorde det 1 % av elvearealet.



Figur 22 Avstand til nærmeste gyteplass 2009



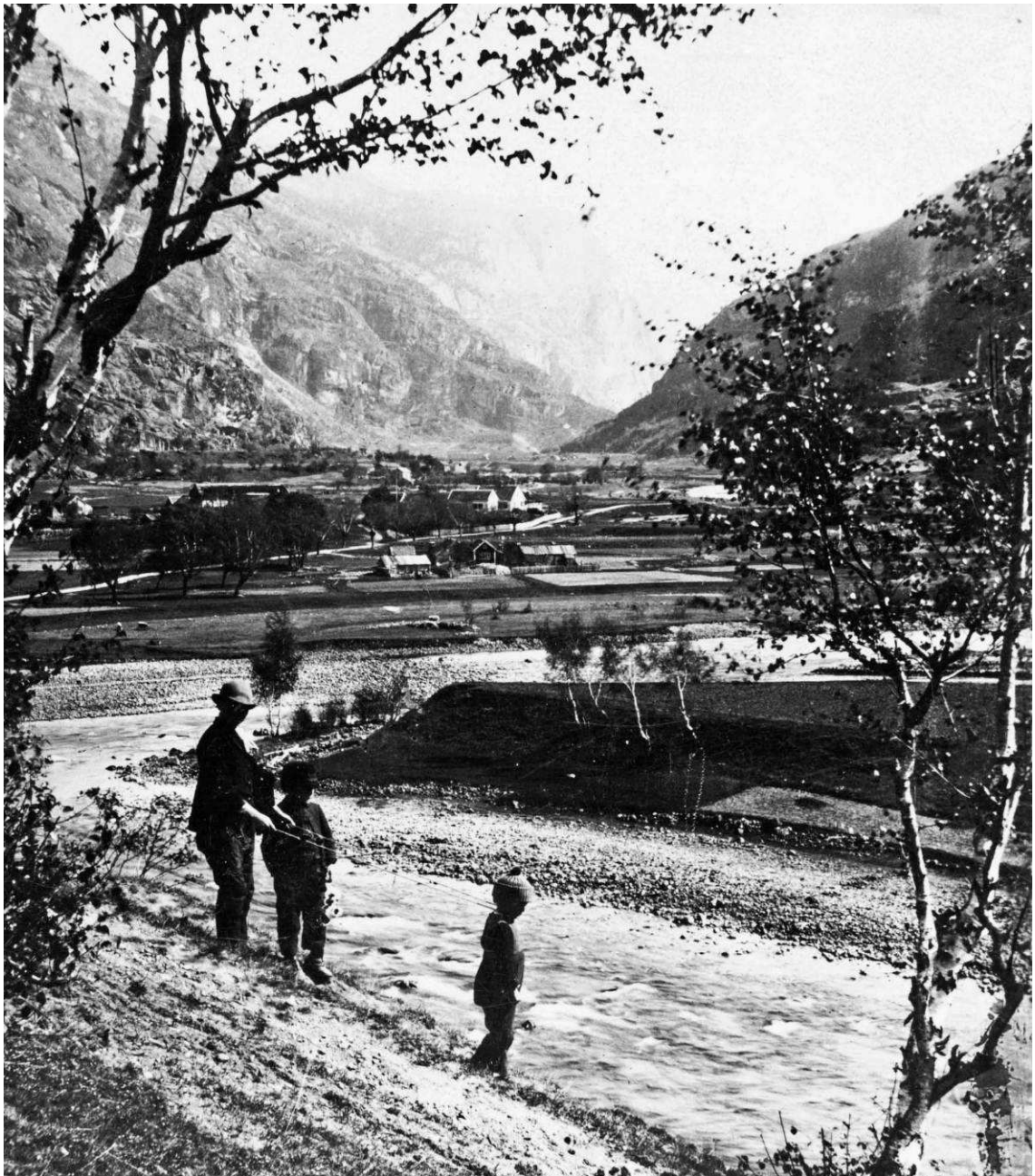
Figur 23 Avstand til nærmeste gyteplass 2012.



Figur 24 Aurlandselva sett fra Aurlandsvangen oppstrøms mot det gamle skolebygget (tatt ca. 1910-20). Bildet er tatt fra et postkort som henger i vertshuset på Aurlandsvangen. Inntrykket sammenfaller med erindringene til de eldre grunneierne: «Sedimentet var lyst» dvs. det var lite begrodd og dynamisk. Legg merke til bunen i svingen.



Figur 25 Samme perspektiv ca. 1920. Begge bilder viser et sideløp nordøst for elven (i dag idrettsbane, med tillatelse fra Svein Olav Haukedal)



Figur 26 Aurlandselva samme sted 1880-1890. Også på dette bildet virker sediment i og ved elven lys, lite begrodd og dynamisk. Her er ingen bune å se i svingen (kilde: <http://aurlandlokalhistorie.blogspot.no/> , 21.02.2013, med tillatelse fra Svein Olav Haukedal)



Figur 27 Bildet viser Aurlandselva 2013 fra samme sted som bildene ovenfor. Elva og substratet virker mørkere, breddene er mer begrodd og det er mindre tegn til sedimentdynamikk. På bildet ser man også bunene som er konstruert i elven.



Figur 28 Bunnsubstrat begrodd med mose nedenfor demningen.



Figur 29 Rullestein dekket med alger rett ovenfor Saurehølen – typisk for store deler av Aurlandselvas elvbunn i dag.



Figur 30 Bunnsubstrat 200 m nedenfor demningen 2009, før grus ble lagt ut (armeringslag).



Figur 31 Samme sted 2012, 2 år etter grusutlegg i 2010



Figur 32 Grusutlegging ved Skaim 2010



Figur 33 Dykker har utvalgt et egnet sted for grusutlegget og anviser gravemaskinføreren



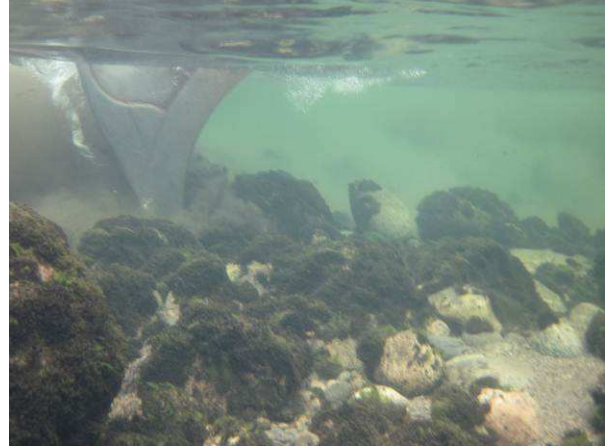
Figur 34 Overvåkingskamera ved grusutlegget på Osen 2012, etter 3 gytesesonger



Figur 35 Grusen på Saurehølen 2012, etter 3 gytesesonger



Figur 36 Harving av pakket og fast bunnsstrat (armeringslag) ndf. E 16 bro 2011.



Figur 37 Harvingen sett under vann. Gravemaskinen mistet tenner i skuffen grunnet det harde armeringslaget.



Figur 38 Pakket og fast bunnsstrat med få hulrom. Steinene kunne ikke snus med håndmakt (armeringslag).

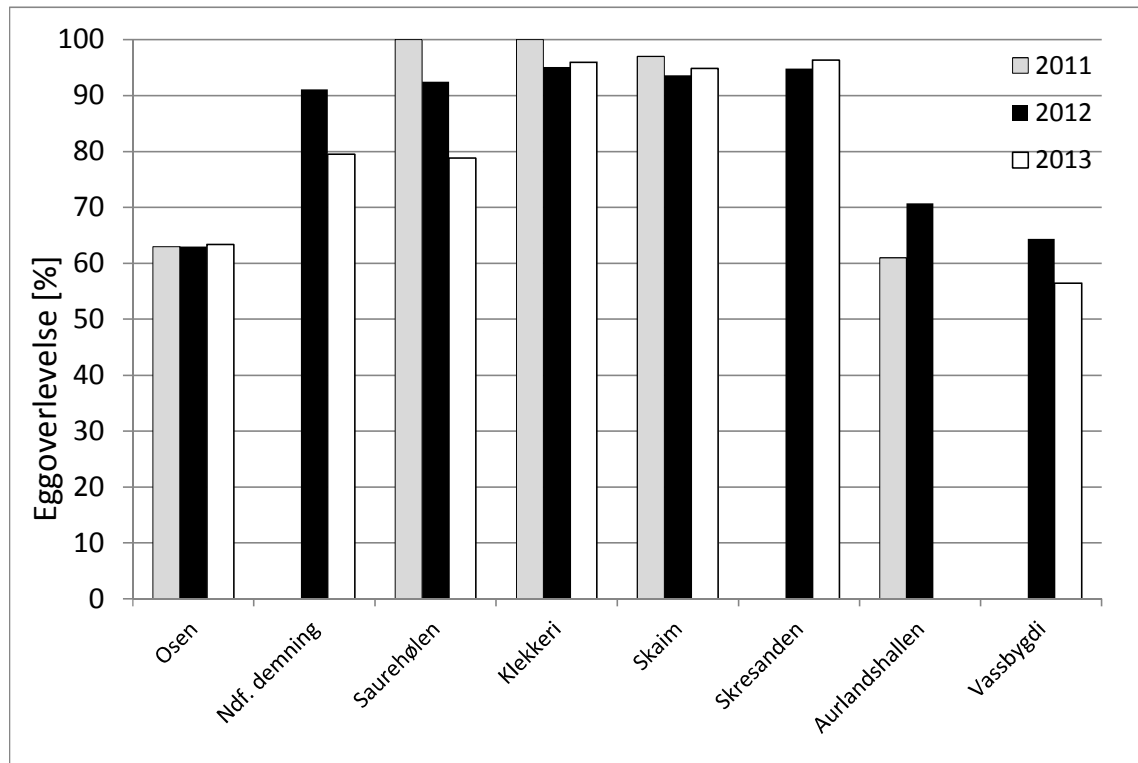


Figur 39 Samme substratet etter harving – masse nye hulrom tilgjengelig for fisk.

3.2.3 Gyting og eggoverlevelse

På alle nye gyteplasser ble det funnet gytegroper med rogn som viste at fisken hadde gytt, både ved kontroll våren 2011 og våren 2012. Alle gyteplasser som ble overvåket med kamera ble brukt for gyting av sjøaure (kap. 3.2.5) og delvis, men i langt mindre grad av laks. Eggoverlevelsen var gjennomgående høy og nådde 90-100 % i Aurlandselva mellom Osen og Aurlandshallen. Gyteplassen ved Aurlandshallen ser ut til å ha mindre overlevelse (61-71%), det samme gjelder for gyteplassen på Osen (62-64%). Begge gyteplasser har større andel med finsediment en resten av gyteplassene (vurdert visuelt ved rognundersøkelse). Osen har dessuten lavere vannhastighet ($< 0,1$ m/s) grunnet oppdemning ved utløpet i vinterhalvåret. Også gyteplassen i Vassbygdelvi hadde bare 64 % overlevelse i 2012. Dette datasettet hadde stor varians og høy standardavvik (38%, $n=17$) mens standardavviket lå mellom 0 og 22 % ved de fleste andre stasjoner.

Eggene fra de enkelte gytegrøpene ble genetisk artsbestemt ved bruk av elektroforese. I 2011 var alle eggene som ble funnet aureegg. I 2012 var 96 % aure, 1 % hybrid og 3 % laks. Lakseegg ble funnet i Saurehølen og i Vassbygdelven, mens hybriden ble funnet nedenfor demningen på Osen. 2013 ble det bare funnet aureegg.

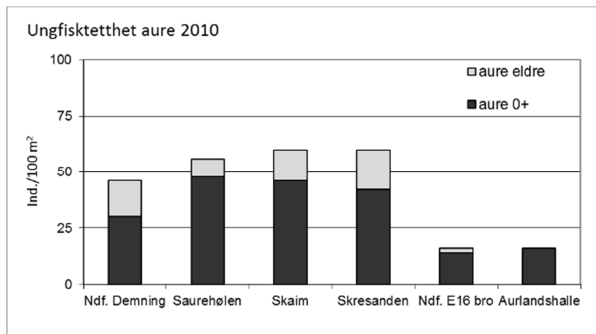


Figur 40 Eggoverlevelse [%] 9. mars 2011 (n = 33), 16. mars 2012 (n = 82) og 12. mars 2013 (n=55). Is gjorde det umulig å sjekke st. Vassbygdi i 2011 og Aurlandshallen i 2013.

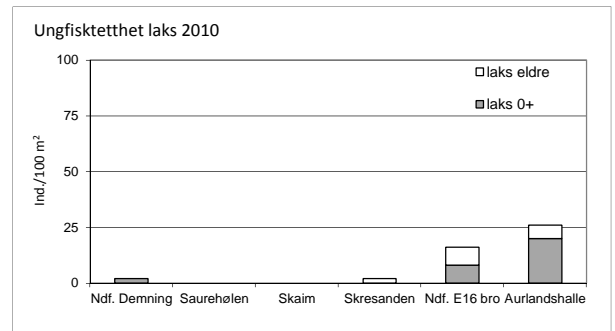
3.2.4 Ungfisktetthet på og direkte ved gyteareal

Ved seks restaurerte gyteplasser i Aurlandselva (Figur 20) ble det gjennomført elektrofiske som et supplement til NINAs overvåkingsfiske, for å kunne fange opp eventuelle endringer direkte ved gytearealene. Det ble særlig rettet fokus på årsyngel som er mer stedsbunnet enn eldre ungfisk. I 2010 (etter at gyteplassene ble restaurert men før rogn kan ha klekket på disse gyteplassene) lå tettheten av aure årsyngel mellom 14 og 48 per 100 m² (Tabell 4). Ovenfor E 16 var tettheten gjennomgående høyere (>29), på de stasjoner nedenfor var den under 17. Laks ble det tatt lite av i 2010: Ingen på Skaim og Saurehølen, 26 (samlet) ved Aurlandshallen og mellom 2 og 16 på de andre.

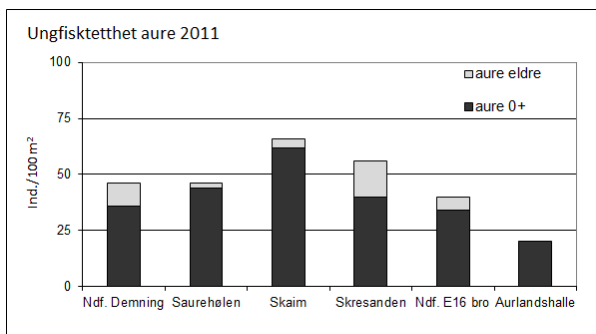
I 2011 var det litt mer årsyngel av aure å få (i gjennomsnitt 46 mot 42 året før, Tabell 5), forskjellene er imidlertid små og varierer mellom stasjonene. Laks ble funnet på alle stasjoner. Alderssammensetning hos laks varierte sterkt. I øvre deler fantes bare årsyngel, og på nederste stasjon bare eldre ungfisk (Tabell 4).



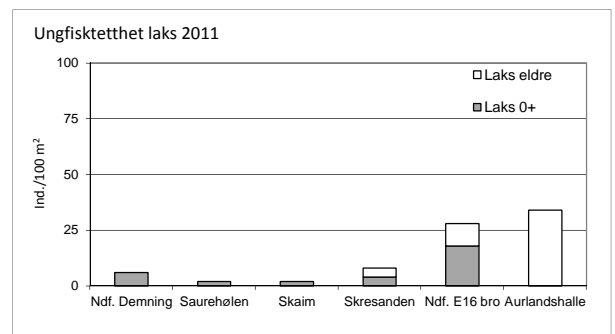
Figur 41 Ungfisktetthet aure på gyteareal 2010. Restaureringene begynte dette året.



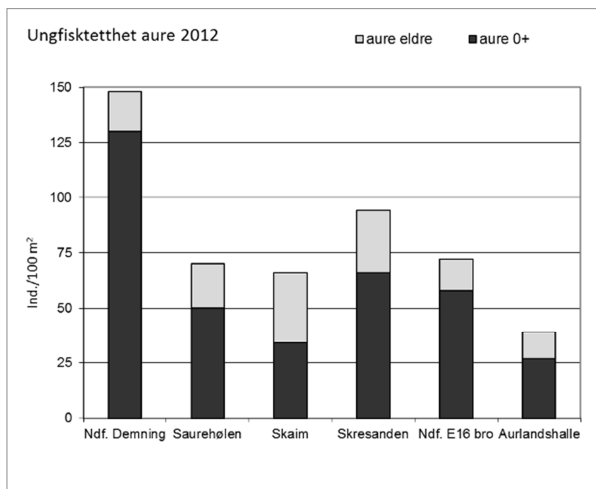
Figur 42 Ungfisktetthet laks på gyteareal 2010



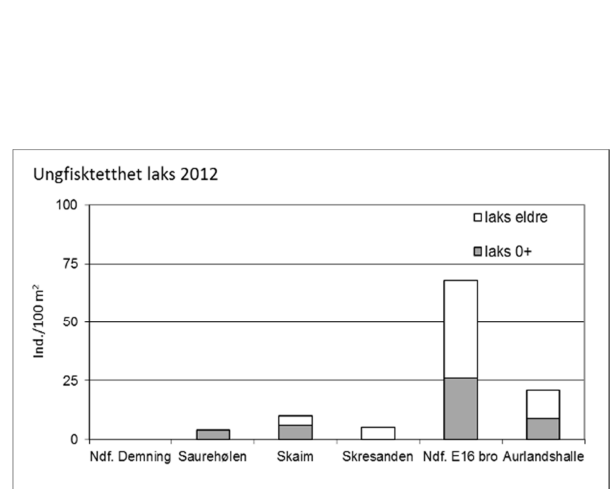
Figur 43 Ungfisktetthet aure på gyteareal 2011



Figur 44 Ungfisktetthet laks på gyteareal 2011

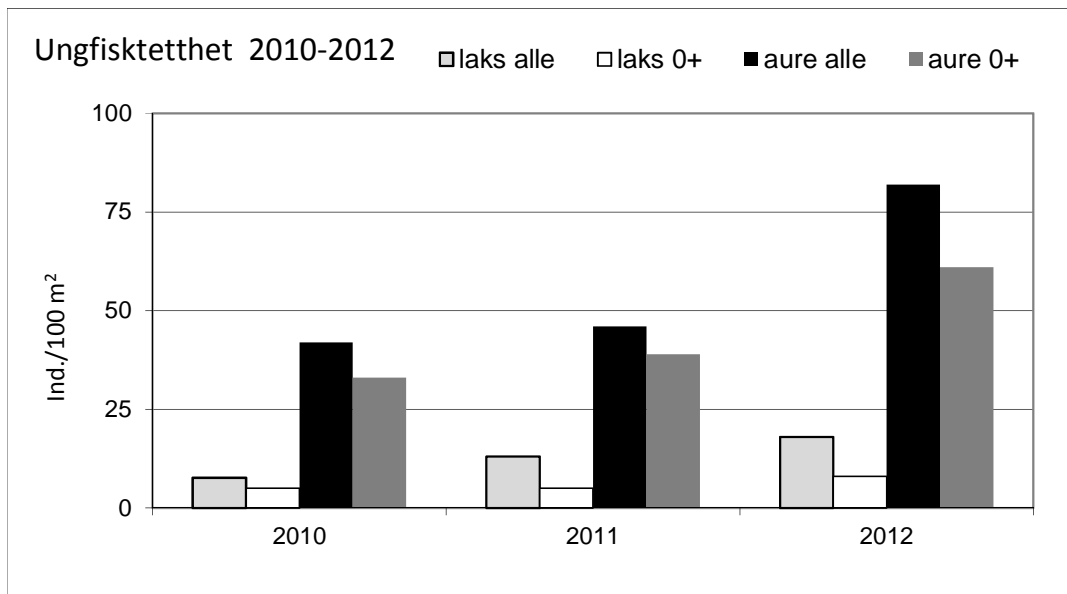


Figur 45 Ungfisktetthet aure på gyteareal 2012



Figur 46 Ungfisktetthet laks på gyteareal 2012

I 2012 var det betydelig mer ungfisk å få. På alle stasjoner (utenom Skaim) var tetthet av årsyngel større (Tabell 4). I gjennomsnitt steg auretthet fra 33 til 61 i forhold til 2010). På Skaim fantes relativt mye eldre ungfisk (32 mot 34 årsyngel). Størst er økning av årsyngel på øverste stasjon og på stasjon nedstrøms E16 brua. Begge steder var antall årsyngel firedoblet i forhold til 2010. Også laks var det generelt mer å få, i gjennomsnitt 18 årsyngel mot 8 i 2010). Igjen peker stasjon nedstrøms E16 brua seg ut med 68 ungfisk mot 16 i 2010. Det er også påfallende at det ikke bare er antall årsyngel (26) som har økt men også antall eldre ungfisk (42). Ellers varierer laksetetthetene, som i årene før, ganske mye mellom stasjonene, med en tendens til økende tetthet i nedre deler av Aurlandselva.



Figur 47 Gjennomsnittlig ungfisktetthet for både aure (alle ungfisk og 0+) og laks (alle ungfisk og 0+) på alle seks stasjoner for årene 2010, 2011 og 2012.

Tabell 4. Ungfisktetthet på enkelte gyteplasser i årene 2010-2012

2010	Laks 0+	Laks eldre	aure 0+	aure eldre
Ndf demning	2	0	30	16
Saurehølen	0	0	48	8
Skaim	0	0	46	14
Skresanden	0	2	42	18
Ndf. E16 bro	8	8	14	2
Aurlandshallen	20	6	16	0
2011				
Ndf demning	6	0	36	10
Saurehølen	2	0	44	2
Skaim	2	0	62	4
Skresanden	4	4	40	16
Ndf. E16 bro	18	10	34	6
Aurlandshallen	0	34	20	0
2012				
Ndf demning	0	0	130	18
Saurehølen	4	0	50	20
Skaim	6	4	34	32
Skresanden	0	5	66	28
Ndf. E16 bro	26	42	58	14
Aurlandshallen	9	12	27	12

Tabell 5. Gjennomsnittlig ungfisktetthet på alle seks gyteplasser i årene 2010-2012

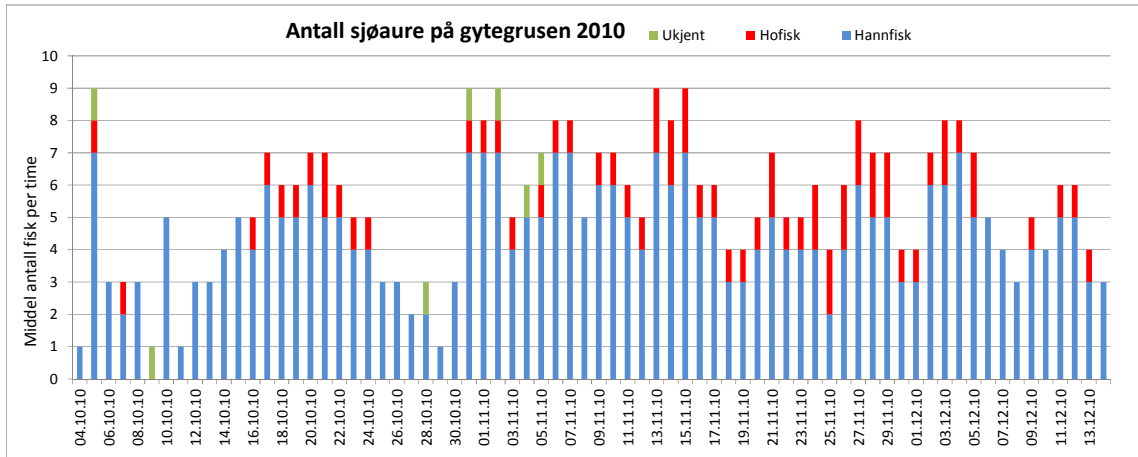
	laks alle	laks 0+	aure alle	aure 0+
2010	8	5	42	33
2011	13	5	46	39
2012	18	8	82	61



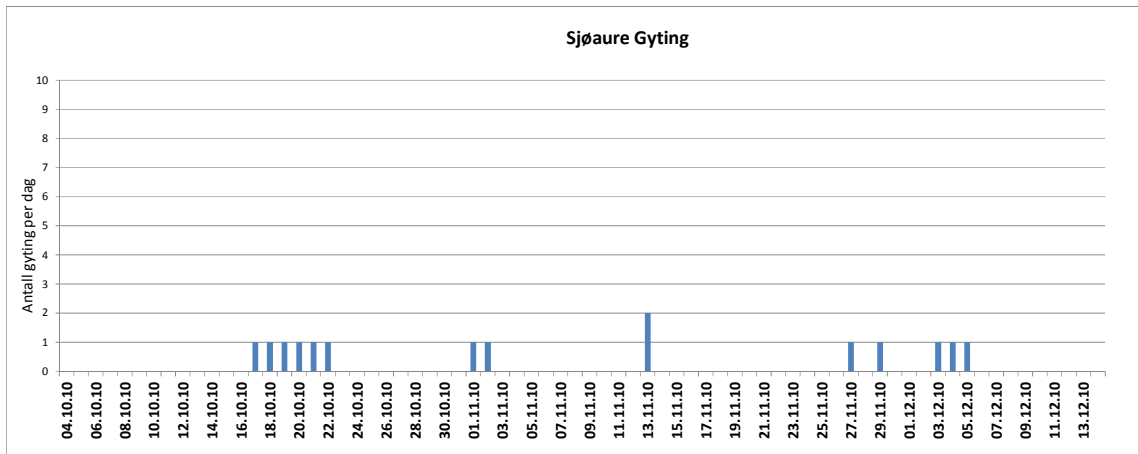
Figur 48 Utklipp fra videoovervåkingen på Osen 2011, grusutlegget ble brukt intenst av gytende sjøaurer. Dette er trolig første gang siden demningen ble bygd i 1983 at sjøauren igjen gyter på denne viktige gyteplassen.

3.2.5 Videoovervåking

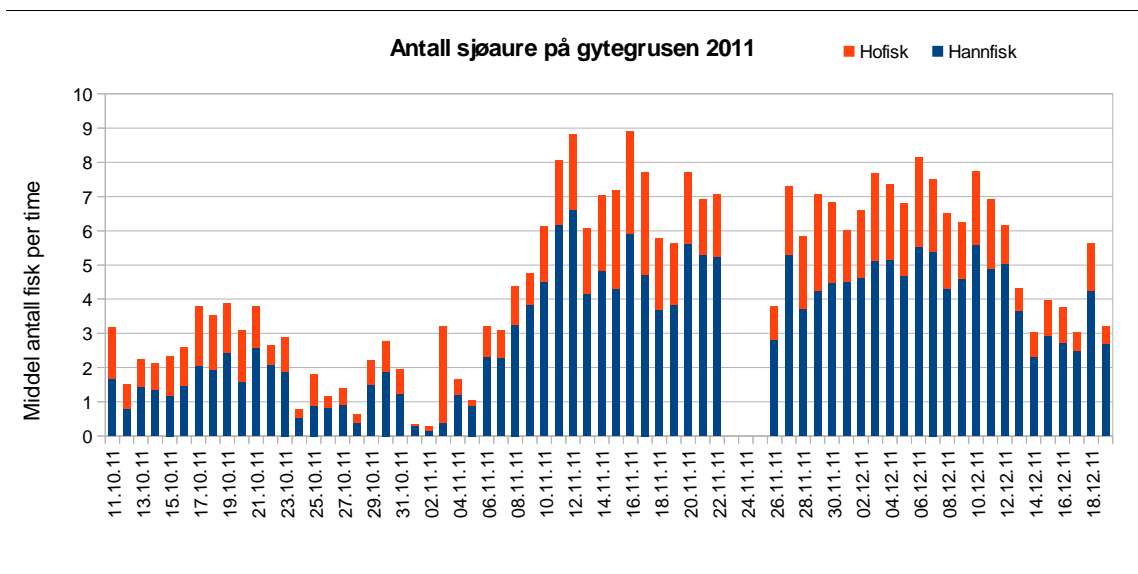
Videoanalysen viste at det generelt var mye aktivitet på gyteplassene i utløp Vassbygdvatnet (Figur 48, Figur 49, Figur 51 og Figur 53). Fiskene var til stede og slåss om gyteplassene fra oktober til desember. Antall observert fiskeindivider per time la vanligvis mellom 1 og 9. Gyteaktivitet strekket seg fra midten av oktober til midten av desember i alle tre år og ser ut til å ha vært størst i midten av november (Figur 50, Figur 52, Figur 54). Så sent som 5.12. 2010, 13.12. 2011 og 19.12. 2012 ble det observert gyting rett foran kameraene. Siden videoovervåkingen sluttet 14.12. 2010 og 19.12. både 2011 og 2012 kan det ikke utelukkes at sjøaurer har gytt enda senere. Laks ble sjeldent observert, gyting av laks bare en gang 27.10. 2012.



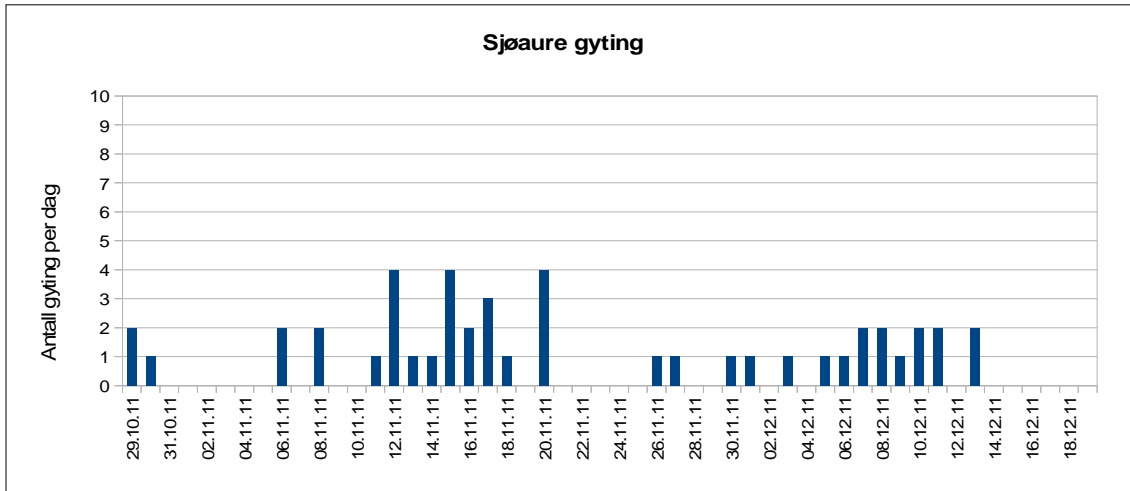
Figur 49 Antall sjøaure per time på gytegrusen i utløp Vassbygdvatnet 2010.



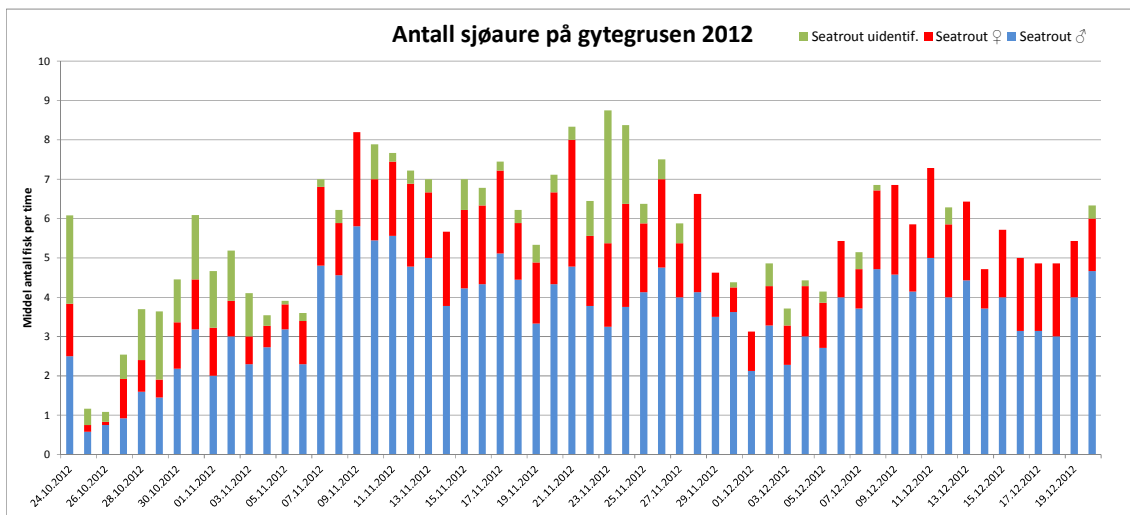
Figur 50 Observert gyting av sjøaure på gyteplassen i utløp Vassbygdvatnet 2010



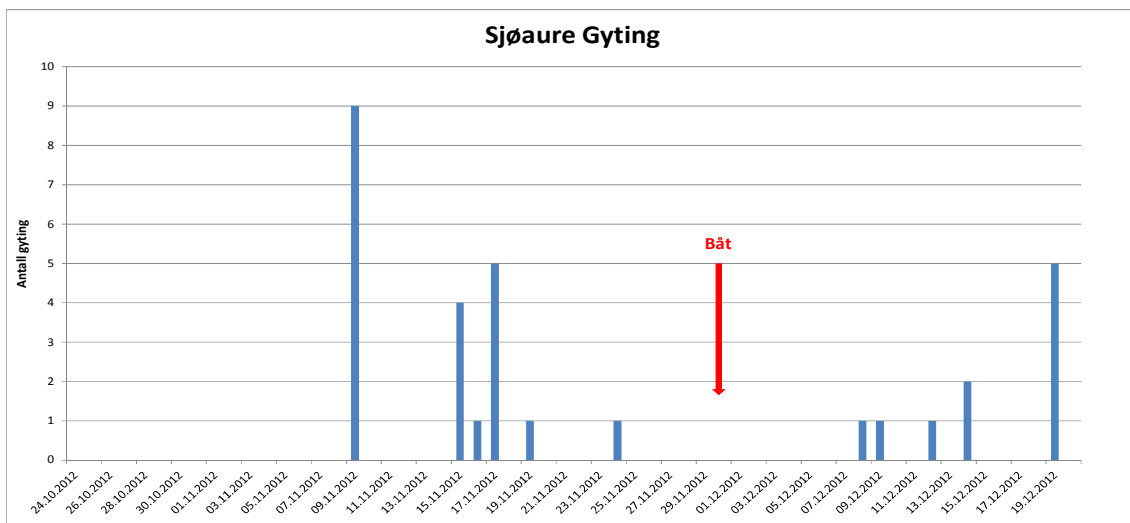
Figur 51 Antall sjøaure per time på gytegrusen i utløp Vassbygdvatnet 2011, mellom 22. og 26. 11. manglet data.



Figur 52 Observert gyting av sjøaure på gyteplassen i utløp Vassbygdvatnet 2011



Figur 53 Antall sjøaure på gytegrusen i utløp Vassbygdvatnet 2012



Figur 54 Observert gyting på gyteplassen i utløp Vassbygdvatnet 2012, pilen markerer observasjon av en båt på gyteplassen 30.11. 2012. I dagene etterpå var det en markant reduksjon i antall fisk og ingen gyting

3.3 Sideløp

Kartlegging av habitatforhold og ungfisktettheter i sideløpene presenteres i det følgende adskilt for hver bekk:

Tokvamsbekkene

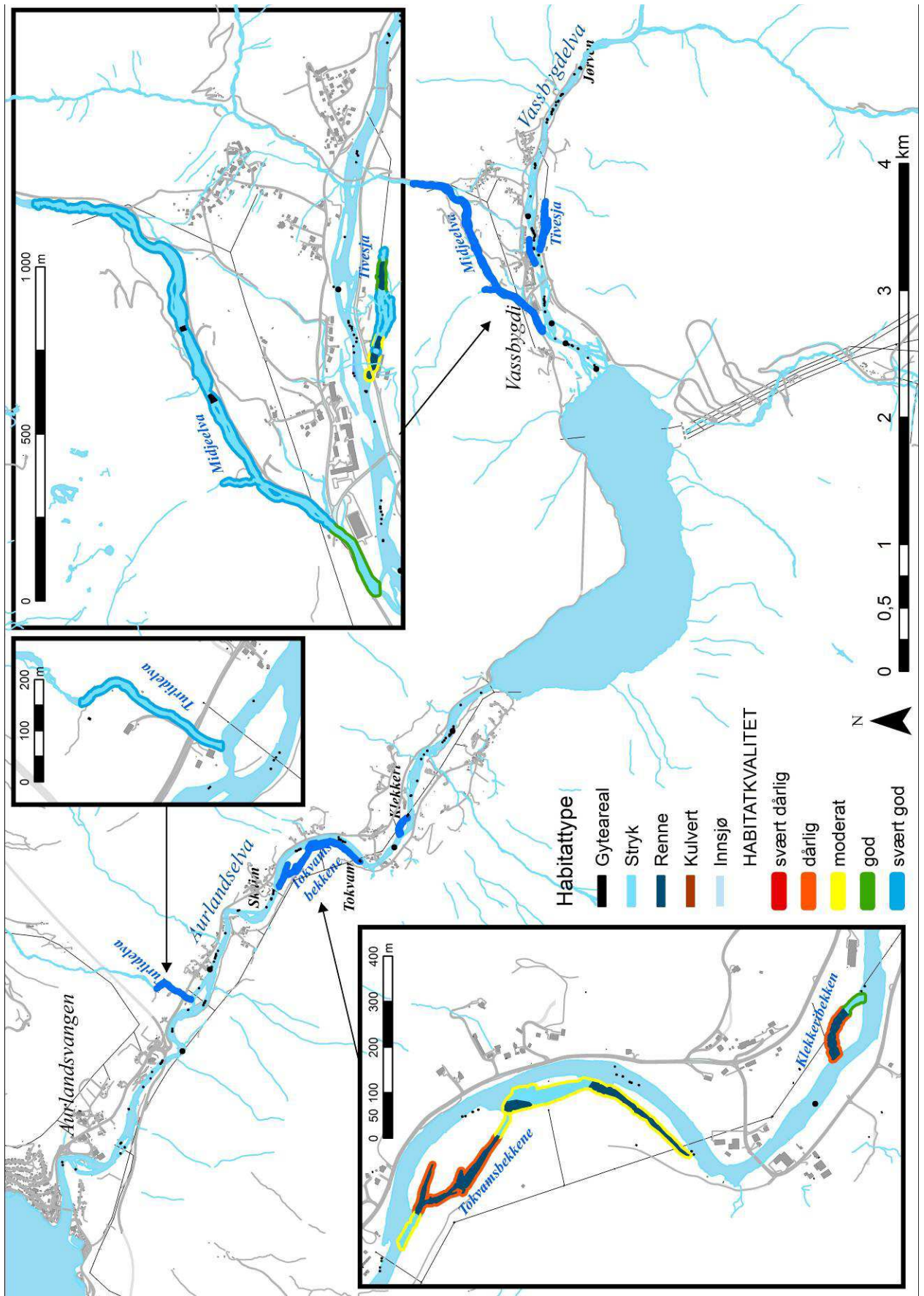
Sideløpet er det største i Aurlandsvassdraget med en lengde av 875 m, en gradient av $I = 0,011$ og et areal på ca. 9500 m² (oppmålt 2011 ved sommervannføring, lasermåler, se Figur 55). Bekken har et vanninntak og kort rørforbindelse ved inntaket fra hovedløpet. Rører er passerbar for fisk. Vannføring ble estimert til ca. 200-400 l/s i øvre del av bekken. Midtre del fikk i tillegg vann fra hovedelven (flere m³/s) og dette vannet rant tilbake igjen i hovedelven ca. 20 m nedenfor. Der begynte nedre Tokvamsbekken. Den hadde også et vanninntak og et rør som vurderes som passerbar for fisk. Vannføringen her var ca. det samme som i øvre del altså 200-400 l/s.

Kartleggingen viser at store deler av sidebekkens areal (70 %) var preget av stilleflytende parti. Årsaken til dette er 19 terskler som ble bygget i sideløpet for å øke vanddekket areal. Substratet i disse oppdemmede områdene var dominert av finsediment (< 1 mm). Bare i midtre delen hvor det er en forbindelse til hovedelven og helt nederst i nedre Tokvamsbekken fantes stryk med grovere substrat. Det fantes bare flekkvis gytegrus, og ikke sammenhengende gytearealer med en grusdekning større enn 50 %. Andel dekning gytesubstrat i Tokvamsbekkene ble estimert til 3 %, andel elveareal med skjul til 40 %. Habitatkvalitet ble vurdert som moderat til dårlig hovedsakelig pga. lite skjul, lite gyteareal og store stilleflytende partier (Figur 55, mer om habitatkvalitet se Figur 88).

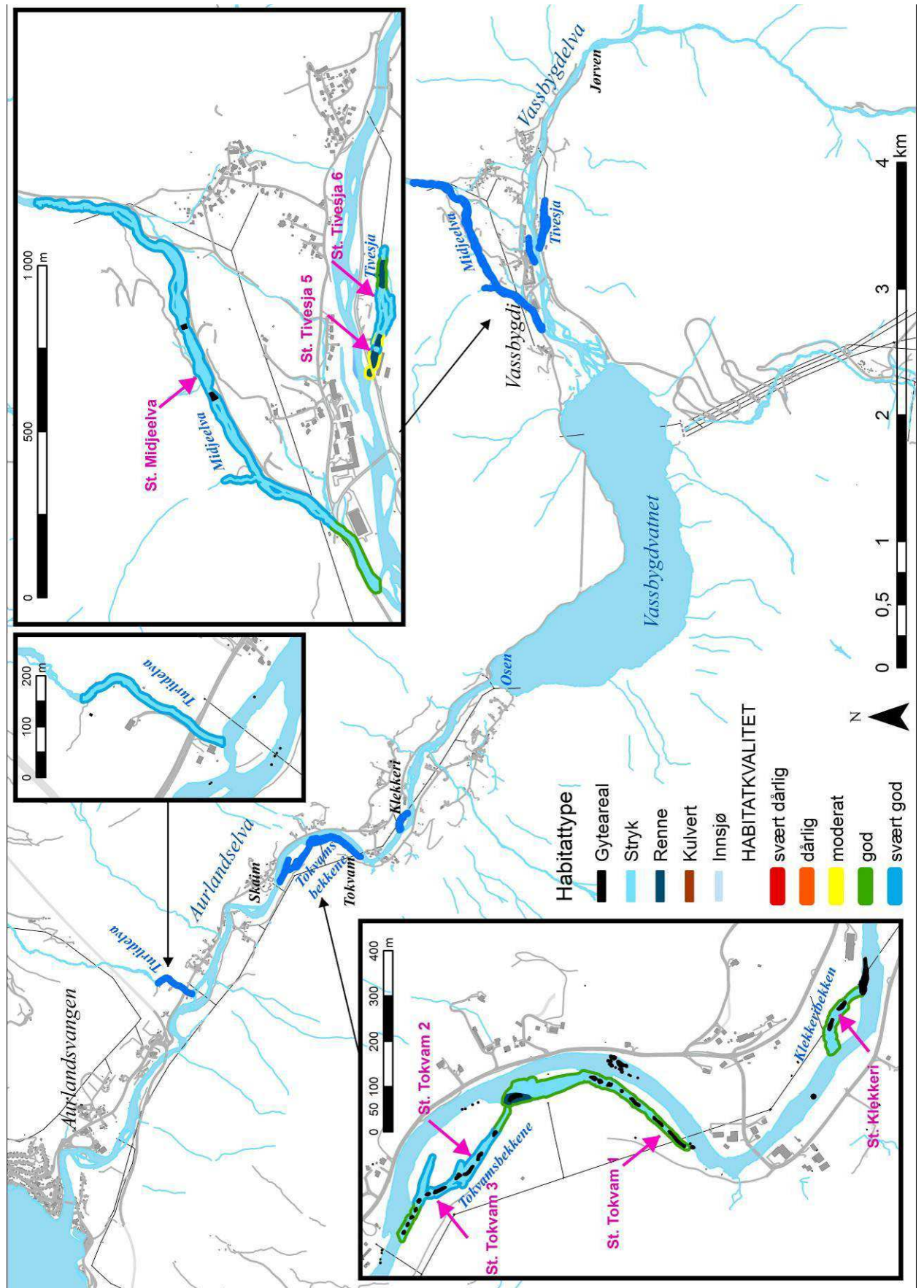
Tokvamsbekkene ble justert 4. oktober 2012. Målet var å bedre habitatforholdene for sjøaure dvs. først og fremst øke areal med gytegrus og skjul og redusere stilleflytende partier preget av finsediment. For å nå dette målet ble tersklene som sørget for oppdemningseffekter senket.

Dagen etter arbeidet var vanddekket arealet redusert til ca. 6300 m² (ca. 2/3) ved vintervannføring. Ved sommervannføring vil arealet være større, dette bør måles opp når vannføringen er økt. Andel areal med gytegrus ble økt til 12 % og andelen dekning av areal med skjul til 75 %. Mye finsediment ble spylt ut rett etter arbeidet men utviklingen er ikke ferdig. Det forventes at utviklingen til et grovere sediment preget av grus og rullestein vil fortsette grunnet gradvis utspyling av finsediment. Utviklingen bør følges opp sommeren 2013.

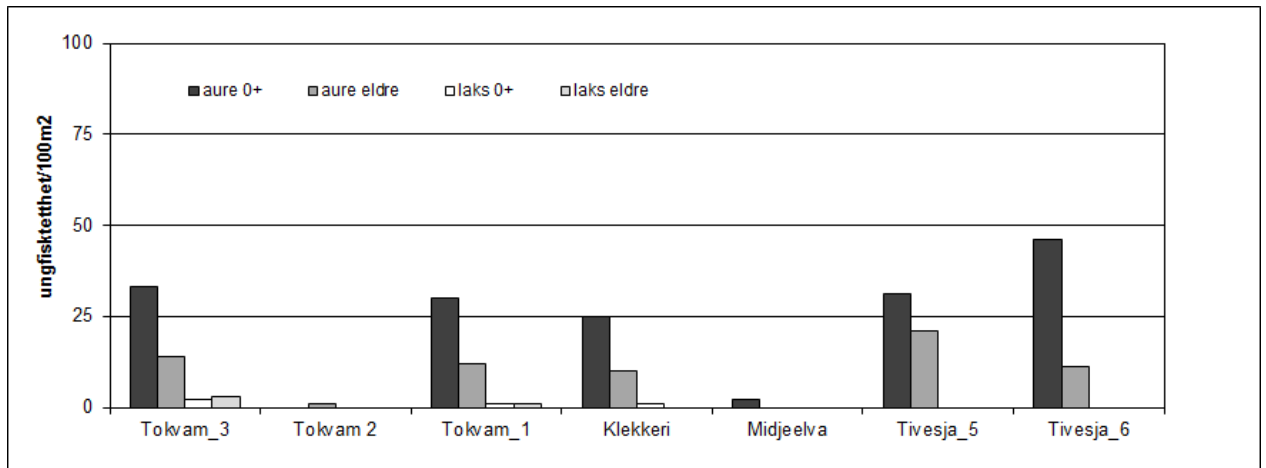
Tettheten av ungfisk ble undersøkt 11.10. 2011 med engangs overfiske på tre stasjoner i Tokvamsbekkene (Figur 56). Resultatene er presentert i (Figur 57 og Tabell 6). Det ble tatt få laks, 5 ungfisk/100 m² på stasjon Tokvam 3 og 2 på Tokvam 1. Det ble registrert 47 aure på Tokvam_3, en på Tokvam_2 og 42 på Tokvam_1. Fangsten var dominert av årssyngel (ca. 2/3).



Figur 55 Kartlegging sidebekker: Utgangssituasjon 2011.



Figur 56 Habitattyper og –kvalitet 2012 (etter restaurering av Tokvamsbekkene og sideløpet ved klekkeriet).



Figur 57 Ungfisketthet basert på el-fiske i sidebekker 11. oktober 2011

Tabell 6. Ungfisketthet basert på el-fiske i sidebekker 11. oktober 2011

St	aure 0+	aure eldre	aure total	laks 0+	laks eldre	laks total
Tokvam_3	33	14	47	2	3	5
Tokvam 2	0	1	1	0	0	0
Tokvam_1	30	12	42	1	1	2
Klekkeri	25	10	35	1	0	1
Midjeelva	2	0	2	0	0	0
Tivesja_5	31	21	52	0	0	0
Tivesja_6	46	11	57	0	0	0

Klekkeribekken

Dette sideløpet begynner rett nedenfor klekkeriet og er 165 m langt. Gradient er $I = 0,021$. Arealet var ca. 1500 m² i 2011. Medianvannføringen ble estimert til ca. 400-800 l/s om sommeren og ca. 100 l/s om vinteren. Utenom innløpsstryket (15 % av arealet) var løpet dominert av kulper (= kategori renne i Figur 55) med forholdsvis stillestående vann og mye finsediment (se Figur 58 og Figur 62). Habitatforholdene ble vurdert som god i innløpsstryket som var preget av rullestein og grus. Kulpene derimot hadde lite skjul (35 % dekning for hele bekken) og dårlig habitatkvalitet (Figur 55). Gyteareal fantes på små flekker i innløpet (1 % av totalarealet). Ungfisketthet ble estimert per el fiske i øverste kulp (Figur 57 og Tabell 6). Her ble det funnet 25 årsyngel og 10 eldre aure per 100 m². Det ble dessuten funnet en årsyngel av laks.



Figur 58 Sideløp ved klekkeri var preget av stillestående vann og dårlige vandringsbetingelser før 2012.



Figur 59 Fra restaurering 2012, tersklene ble senket for å øke vannhastighet og å bedre vandringsmuligheter.



Figur 60 Munning av sideløpet inn i hovedelven, et vandringshinder ved vintervannføring.



Figur 61 Munningen etter restaurering – passerbart ved alle relevante vannføringer



Figur 62 Bunns substrat i sideløp ved klekkeriet var preget av finsediment før 2012.



Figur 63 Samme sted etter restaureringen, bunns substratet domineres av gyttgrus og rullestein.



Figur 64 Sideløpet ved klekkeriet med sommervannføring 2013



Figur 65 Nedre Tokvamsbekken var preget av stillestående vann før 2012.



Figur 66 Etter justering av tersklene har vannhastigheten økt, vassdraget har blitt en elv igjen.



Figur 67 Øvre Tokvamsbekken før restaureringen: Store deler var dekket av finsediment.



Figur 68 Etter justering av tersklene 2012 har vannhastigheten økt, grussubstrat og rullestein har kommet frem.



Figur 69 Nedre Tokvamsbekken med det tidligere terskelbassenget, sommer 2013.

Tivesja

Tivesja er en sidebekk til Vassbygdelva og munner ut på sørbredden ved Vassbygdi (Figur 55). Vannet stammer ikke direkte fra hovedelven men fra en kilde i en steinur. Derfor er Tivesja preget av grunnvann med relativ høye vinter- og relativ lave sommertemperaturer. Måling ved kartlegging 04.05. 2011 viste 4,2 grader i Tivesja mens det var 2,1 grader i Vassbygdelva. Vannføringen er relativ liten og vurderes å ligge mellom 20 og 100 l/s. Ved bekken ligger et gammelt klekkeri som tidligere ble brukt for produksjon av aure og lakseyngel og oppbevaring av stamfisk (Per Veum, pers. med.). Sideløpet er 400 m lang og hadde i 2011 et areal på 3000 m². Gradient er $I = 0,013$. I nedre delen er det fire terskler som demmer opp vannet og sørger for stort vanddekket areal som er stilleflytende og dominert av finsediment og vannplanter (krypsiv og vasshår, Figur 72). Ved munningen ble det satt opp en terskel som leder vannet rett ovenfor en terskel i Vassbygdelva (Figur 70 og Figur 71). I midtre og øvre delen er det strykpartier med mer varierende substrat og enkelte gytegrusflekker (Figur 73). I mai 2011 ble det funnet 5 gytegroper i Tivesja. I midtre og øvre deler vurderes habitatkvaliteten som god til svært god i nedre deler som moderat (grunnet mye finsediment). Samlet sett ble dekning av gytegrus estimert til 4 %, dekning av areal med skjul til 50 %. Ungfiskundersøkelser 10/2011 resulterte i 52 aurer (hvorav 31 0+) på stasjon Tivesja_5 og 57 aurer på Tivesja_6 (hvorav 46 0+). Laks ble ikke funnet.



Figur 70 Munning av Tivesja (gjennom kulvert) i Vassbygdelva med kunstig kulp



Figur 71 Tivesja munner rett ovenfor terskler i Vassbygdelva. Inngangen er vanskelig å finne.



Figur 72 Store deler av nedre Tivesja er demmet opp med terskler og er stilleflytende.



Figur 73 I øvre del finnes det strykpartier med flekkvis gytegrus.

Midjeelva

Midjeelva er en sideelv til Vassbygdelva og munner rett nedenfor Vassbygdi. Store deler av nedbørsfeltet (71 %) er fraført etter reguleringen og elven er delvis tørr i lavvannsperioder (Sægrov et al. 2000). Forfatterne estimerer middelvannføringen til 1,4 m³/s før regulering, middel lavvannføring til 0,3 m³/s. Etter reguleringen ble middel vannføring anslått til 0,35 m³/s, middel lavvannføring til 0,05 m³/s. Ut i fra nedbørsfeltanalysen på NVE atlas (www.gis.nve.no, 21.02. 2012) hadde middel vannføring ligget mellom 2 og 4 m³/s uten regulering. Med en snaufjellandel på 85 %, en effektiv sjøprosent av 0,2 og 90 % av nedbørsfeltets areal (103 km²) mellom kote 978 og 1682 moh. må det regnes med stor vannføringsvariasjon i den opprinnelige elven med svært lav vannføring om vinteren og stor vannføring under snøsmelting om våren og sommeren. Øyevitner Per Veum og Ingvald Bjelde husker at deler av elven kunne bli tørr om vinteren også før reguleringen. De øverste 400 m av den anadrom delen skal ha hatt varig vannføring også om vinteren. Så skal vannet har forsvunnet i den porøse undergrunnen, men hele veien ned til munning i Vassbygdelva skal det ha vært kulper med vann hvor både vinterstøinger og ungfisk skal ha overlevd. Kulper skal særlig ha vært ovenfor RV50 broen og ved munning av sideelven Kvitra. Det skal ha vært mye massetransport og elvesengen skal ha forandret seg ofte etter flommer (Per Veum og Ingvald Bjelde pers. med. 1/2013). Sægrov et al. (2000) estimerer areal av Midjeelva på 21.000 m² og smoltproduksjonen basert på tidligere beregninger til 650 smolt/år. Forfatterne nevner imidlertid at det muligens er for lavt. E-CO Energi informerte om et tiltak som NVE hadde gjennomført før reguleringen: Masser skulle ha blitt tatt av elven pga. flomvern på 1970-tallet. Dette kan ha endret bunnssubstratet og kan ha økt permeabiliteten (Bjørn Otto Dønnum, pers. med. 1/2013).



Figur 74 Øvre deler av Midjeelvas anadrom del er preget av grovt substrat og bratte stryk.



Figur 75 Midtre deler av Midjeelva



Figur 76 Midjeelva ved Vassbygdi



Figur 77 Munning i Vassbygdelfva.

Ut i fra våre oppmålinger 4. mai 2011, er arealet beregnet til 12000 m² (Figur 55). Lengden på anadrom del er 1450 m. Elva er dominert av stryk som er relativt bratte, særlig i øvre del. Gradient for hele anadrom del er $I = 0,044$. Substratet i og ved elven er ikke preget av massetransport. Det fantes vegetasjon helt ned til vannkanten, på øyer og stein som stakk opp av vannet. Substrat under vann var begrodd med mose. Terskelbassenget som ble bygget øverst i anadrom for å sikre grunnvannsstanden i Vassbygdi (E-CO Energi) har ikke blitt fylt av masser siden.

Sedimentet i Midjeelva er dominert av rullestein med mye hulrom. Det er to små grusbanker med gunstige gyteforhold og få gytegrusflekker i strykene. Hulrommene i nedre deler av Midjeelva (fra bro Vassbygdi og nedover) er fylt med sand. Breddene i denne strekningen er dessuten forbygget med plastring. Samlet sett ble dekning av areal med gytegrus estimert til 3 %, areal med skjul til 70 %. Kantvegetasjonen er så å si heldekkende på begge sider av elveløpet på hele den anadrome strekningen. Habitatforholdene i Midjeelva ble vurdert som gunstig for ungfisk så lenge elven ikke tørker ut. Ved-el fiske i 2011 ble det kun funnet to årsyngel av aure, ingen eldre ungfisk og ingen laks. Ved gytefisketelling i 2011 ble det observert 2 sjøaurer (0,5-1 kg) øverst ved demningen, 2012 en sjøaure (1-2 kg), ellers ingen gytefisk. I 2012 ble det ved dykking også observert enkelte juvenile aurer (eldre enn 0+).

Tverrelva (Turlidelvi)

Denne sideelven munner ut i Aurlandselva ved Fossheim. Anadrom del er ca. 325 m lang og blir begrenset av en flere titalls meter høy foss. Arealet ble målt opp til 1800 m². Elven er bratt ($I = 0,064$). I nedre deler finnes det mye gytegrus (dekning 50 %), mens øvre deler er preget av store rullestein. For hele elven ble dekning av areal med skjul estimert til 80%, dekning areal med gytegrus til 20 %. Fysisk habitatkvalitet ble vurdert som svært god. Tverrelva er en av de få elver som tilfører grov substrat til Aurlandselva hovedsakelig grus og rullestein (1-40 cm). Bunnssubstratet i Aurlandselva nedenfor Tverrelva er lys, løs og gir mye skjul for ungfisk og flekkvis gytegrus.



Figur 78 Typisk parti av anadrom del i Tverrelva



Figur 79 Ortofoto 2009 fra munning Tverrelva i Aurlandselva (blått). Legg merke til det ferske, dynamiske og lyse substratet nedenfor munningen (hvite piler) mot det stabile, begrodde og mørke substratet ellers i Aurlandselva.

Prestøyni

På Prestøyni (delvis synlig på Figur 79 nede til høyre) skal det tidligere ha vært et permanent vannløp (Bjørn Vike muntlig, 8/2011). Det fantes et tørrlagt flomløp der i 2011 som har potensial til å bli fordypet slik at det får permanent vannføring. Lengden er ca. 175 m og med en gjennomsnittlig bredde av 2,5 til 5 m har løpet et potensial for ca. 450-900 m².

Mindre bekker på Vassbygdi

På Vassbygdi finnes det en rekke mindre bekker hvor det ble funnet fire gytegroper (5/2011), se Figur 55. Disse ligger mellom Vassbygdelva og E-CO-Energis kontor og videre oppover mot sørøst. Sjøaure kan nok bare bruke nederste delen siden bekken forsvinner i en lang kulvert under veien. Det er vannkilder å se i bekken og det er sannsynlig at bekken er dominert av grunnvann som kommer opp i Vassbygdelvas gamle elveseng. Vanndekket arealet ble målt til ca. 1000 m² 04. mai 2011.

4 Diskusjon

4.1 Gytefisk og gyting

Aurlandselva var tidligere kjent som et svært godt sjøaurevassdrag, og hadde også en bestand av laks. I perioden 1969-1982 ble det i sportsfiske tatt i gjennomsnitt 1516 sjøaure med en gjennomsnittsvekt på 1,8 kg, med en maksfangst på 2418 sjøaure i 1982. Tilsvarende ble det fanget i gjennomsnitt 136 laks med gjennomsnittsvekt på 5,9 kg i den samme perioden, med den høyeste registrerte fangsten på 205 laks i 1969. Utover 1980 tallet ble bestandene av laks og sjøaure betydelig redusert. Gytebestanden av sjøaure sank ytterligere utover 2000 tallet (Sægrov m.fl. 2007), og i årene 2006-2008 talte Rådgivende Biologer AS færre enn 400 gytefisk av sjøaure >1 kg samlet i Aurlandsvassdraget (Hellen m.fl. 2009). Fra 2009 til 2010 ble det registrert en dobling av sjøaurebestanden som følge av en sterk sjøårgang som først ble observert som blenkjer i 2009, og deretter som gytefisk av økende størrelse fra 2010-2012.

For laks ble det observert et noe økt innsig av mellomlaks i 2011, noe som også ble observert i mange andre elver på Vestlandet, men for øvrig synes det ikke å være noen trend i utviklingen for laksebestanden. Gytebestanden av laks er også vesentlig lavere enn gytebestandsmålet på 596 kg hunnfisk (tilsvarende 2 egg per m²) som er satt for vassdraget, dette til tross for at laksen er fredet (Anon. 2012).

Videoovervåking (Figur 48- Figur 54) viste at gyteplassene på Osen (utløp Vassbygdatnet) ble tatt i bruk raskt og intenst. Opptakene viser mye aktivitet på de utlagte gytegrusfleckene med mye fisk som nesten stadig slåss for gytemulighetene. Grusfleckene ble endevendt av gytende fisk. Dette og det store antallet egg som ble funnet ved eggundersøkelsene tyder på at gytefleckene var populære og at det har skjedd oppgraving av gytegroper. I motsetning til den forventede og ellers vanlige gytetiden av sjøaure i Vestlandet (oktober), har sjøaurene gytt helt ut til midten av desember (til 19.12. 2012) og muligens lengre. Gytetiden er dermed lengre enn hos laks i vestlandske vassdrag så vidt der kjent (vanligvis november). Denne atferden vil ha som følge at klekking av sjøaureegg og swim-up av yngel vil skje over en lang periode fra ca. mars til juli – ikke i løpet av en-to uker som tidligere beskrevet (Sægrov et al. 2007). Dette dekker seg med observasjonene under kontroll av eggoverlevelse der det ble funnet svært forskjellige utviklingsstadier fra ferdig 0+ yngel (Vassbygdelva mars 2012) til plommeseekkyngel, øyepunktegg og egg uten synlige øyepunkt (både mars 2011, 2012 og 2013). Gyteadferden kan gjøre sjøauren mer konkurransedyktig mot laks siden den unngår oppgraving av egg og tvert imot kan selv grave opp og ødelegge laksegroper. Det fremstår imidlertid som usikkert siden det ikke kan utelukkes at også laks kan ha senere gytetid i Aurlandselva. Det finnes enda ikke nok observasjoner av laksegyting for å vurdere dette. En utvidelse av videoovervåking bør derfor vurderes.

4.2 Sedimentforhold for gyting og ungfisk

4.2.1 Gyteareal

Ved kartlegging av gyteforholdene i 2009 ble det funnet påfallende få områder med egnet gytesubstrat i Aurlandsvassdraget. Kun 0,2 % av det totale elvearealet ble vurdert som egnet for gyting. Historiske bilder og lokalkjentes rapport tyder på at det opprinnelig var betydelig mer gyteareal tilgjengelig (Figur 18). Elvearealene tilgjengelig for gyting før og nå er ikke direkte sammenlignbart ettersom metodene for å estimere gytearealene er vidt forskjellige. For eksempel vil en visuell karakterisering av gyteområder fra land kunne gi inntrykk av at tilgjengelige gytearealer er større enn en gjør ved undervannsobservasjoner som ble gjort i 2009. Det er allikevel grunn til å tro at tilgangen til gyteområder har blitt redusert og at gyteforholdene dermed har blitt dårligere i de sist tiårene. I Vestlandselvene som ble utredet i LIV-prosjektet (Matre-, Modals-, Dale-, Teigdalselva og Ekso) ligger andel areal med gytegrus mellom ca. 3 og 40 % (Gabrielsen et al. 2013). Det foreligger ikke kartleggingsdata på omfanget av tilgjengelige gyteområder i naboelvene Flåmselva, Nærøydalselva og Lærdalselva, men inntrykket er at også disse har mer grus og sedimentdynamikk enn det en i dag finner i Aurlandselva. I motsetning til naboelvene ligger Aurlandselva nedenfor et stort vann som virker som sedimentasjonsbasseng. Selve elven ligger imidlertid på en morene/glasifluviale avsetninger med store mengder stein i grus- og rullesteinfraksjonen. Dette kan observeres langs elvebredden, for eksempel ved grustaket oppstrøms klekkeriet (Figur 84) men også nedenfor ved Skaim eller Skresanden. Med elvens naturlig gradient ($I_{\text{Aurlandselva}}=0,008$, $I_{\text{Vassbygdelva}}=0,019$) og vannføring (Tabell 7, $Q_{\text{maks}} = 526,7 \text{ m}^3/\text{s}$) hadde vassdraget potensial til å erodere og transportere både grus og rullestein fra breddene og elvebunn. Etter regulering er transport av sand- og grusfraksjoner fortsatt mulig men større stein kan knapt beveges (med grunnlag i sedimenttransportmodell fra Hauer et al. 2011). Med dette kan grusen ha gradvis blitt spylt ut etter regulering. Ut i fra naturlige rammebetingelser er det derfor rimelig å anta at Aurlandselva opprinnelig var preget av et mer dynamisk sedimentregime (se klassifisering av elver etter Leopold et al. 1964). Dette sammenfaller med inntrykket fra de historiske bildene (Figur 24 og Figur 26). I 2009 var det som nevnt påtagende lite gytegrus å finne. Substratet var dominert av rullestein med mye begroing av alger og mose. I tillegg var hulrommene flere steder fylt med finsediment og det har dannet seg harde armeringslag. Elvebunnen var preget av å ha ligget stabilt i flere år.

Tabell 7. **Vannføringsdata fa Aurlandselva (bearbeidet etter data fra ECO-Energi, døgnverdier)**

Aurlandselva	Før regulering	Etter regulering
	1950-1970	1990-2010
Gradient	0,008	0,008
Q _{middel} * [m ³ /s]	35,3	16,9
Q ₅ [m ³ /s]	2	3
Q ₅₀ [m ³ /s]	13,8	3,8
Q ₉₅ [m ³ /s]	133,8	57,3
Q _{maks} [m ³ /s]	526,7	135

*Pålagt minstevannføring: Aurlandselva: 3 m³/s fra 15 sept. til 16 juni, variabel 25 – 30 m³/s fra 16 juni til 25 aug, nedtrapping fra 25 til 3 m³/s fra 25 aug. til 15 sep. Målepunkt utløp Vassbygdvatnet, fra 2003 Skjærshølen.

Begrenset tilgang til gyteareal kan være en flaksehals for fiskeproduksjonen i vassdraget, ettersom dette kan føre til at vassdragets produksjonspotensial for ungfisk ikke blir oppfylt. Hvor mye gyteareal som bør være tilgjengelig for å sikre en fullverdig rekruttering av yngel vil imidlertid også være avhengig om hvordan gyteforholdene er fordelt i vassdraget. Hvorvidt gytearealet og andre substratforhold er en flaskehals for fiskeproduksjon er nærmere omtalt i et eget kapittel senere. Slik gyteforholdene var ved kartleggingen i 2009 var tilgjengelig gyteareal så begrenset at en kan forvente at flere fisk gyter på samme plass og graver ut mye av rognen som var gytt der allerede slik at den blir spylt nedover og dør eller blir spist (superimposition). Dette gjelder både intraspesifikk (konkurranse med andre aurer) og interspesifikk (konkurranse med laks). Videoovervåking viste hard hard konkurranse om de få gyteplassene og det må regnes med at en del fisk ble presset ut til suboptimale gyteplasser med høy eggdødelighet. Figur 80 viser bilder fra en video tatt i Vassbygdelva. Den viser sjøaurer som gyter på suboptimal substrat (rullestein) som er så grov at hoen ikke kan grave en gytegrøp. Når hunnfisken gyter driver derfor nesten alle eggene nedover hvor en stim mindre aurer venter for å spise de. Til sammenligning viser Figur 81 utklipp fra en film av gytende laks (lignende gyteatferd som sjøaure) som gyter på vel egnet gytegrus i Daleelva. Hunnfisken har laget gytegrøp, nesten alle egg blir liggende og dekket av grus. Uten egnet gytesubstrat må det derfor regnes med større eggdødelighet og mindre fekunditet enn med egnete gyteplasser (Figur 4). Siden det fantes svært lite gyteareal i 2009 og trolig også i årene før kan reduksjon i reproduksjonssuksess ha vært betydelig i flere år.

Man kan så stille spørsmålet om dette er så ille når vi vet at de fleste yngel uansett dør etter swim-up grunnet tetthetsavhengig dødelighet (Elliot 1994)? Svaret er ja, effekt på ungfiskproduksjon kan likevel være stor siden yngel som klekker på de få gyteplasser er utsatt for den samme tetthetsavhengige dødeligheten etter swim-up. Ettersom yngelen

synes å ha en begrenset spredning fra gytegrøpene (Teichert et al. 2011, Normann 2011), kan det føre til områder med høy konkurranse nært gyteplassene. Med få gyteplasser kan man dermed få høy lokal tetthetsavhengig regulering (Einum & Nislow 2011). Dette kan også forsterkes ettersom mange gytefisk må gyte på et begrenset areal. Dette kan i sin tur føre til at produksjonspotensialet på store arealer av elven ikke blir brukt når det er få og eller dårlig fordelte gyteplasser (se Figur 22).

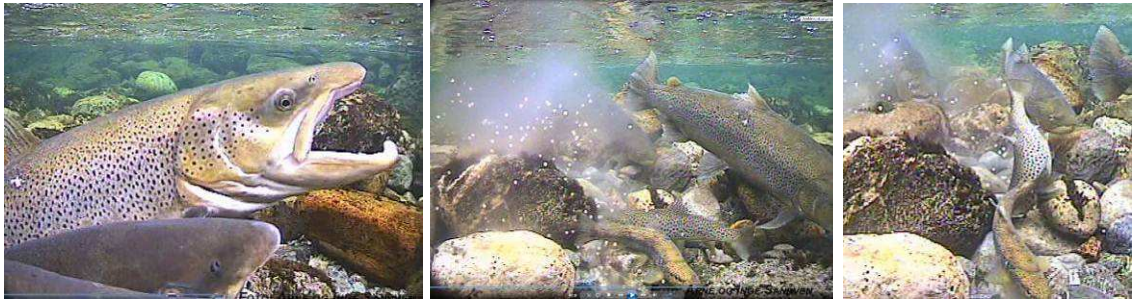
4.2.2 Ungfiskhabitat

Vurdering av ungfiskhabitatet var ikke del av oppdraget men undervannsobservasjonene ved kartlegging av gytegrus tyder på at store deler av elvestrekningen i Aurlandselva kan ha dårlig habitatkvalitet grunnet mangel på skjul (mer om metode og skjulbehov, se Finstad et al. 2007). Ved første blick virker Aurlandselva rik på skjul, særlig langs breddene. Men ser man nøyere etter under vann og prøver å snu på steinene, så finner man mye finsediment og svært harde armeringslag av finsediment, grus og mindre rullestein (for eksempel Figur 38) som er fastsementert i elvebunnen (Figur 36 og Figur 37). I områder hvor hulrom er fylt med finsediment eller som er fortettet (armeringslag) er habitatet mindre egnet for ungfisk. I slike områder kan ungfisken ikke søke skjul for å hvile, for å flykte fra flom/predatorer eller for å overvintre - avgjørende funksjoner for å overleve til smolt (se Figur 83).

Breddene ser ut til å ha mer hulrom, særlig de områder som ligger over minstevannstanden og faller tørt om vinteren. Her blir substratet rensset regelmessig side det er utsatt for regnvær, frost og periodisk vannstrøm. Det er langs breddene hvor det ble målt middels bra med skjul og middels høye tettheter med ungfisk, langt høyere en ute i elven (Ugedal et al. 2012). Tallene langs bredden tyder i seg selv ikke nødvendigvis på en flaskehals, men store områder i selve elven ser ut til å ha betydelig dårligere betingelser som ungfiskhabitat: Mindre skjul og betydelig lavere ungfisktettheter.

Samlet sett vurderes substratforholdene i 2009 som ugunstig for gyting og eventuell ugunstig for ungfisk. Hvor stort disse områdene med dårlige habitatbetingelser for ungfisk er bør utredes gjennom skjulmålinger, sedimentprøver, fasthetsmålinger og sedimentkartlegging.

På utvalgte områder ble substratforholdene forandret gjennom grusutlegg og harving i årene 2010-2012. Erfaringene vurderes i kap. 4.3.



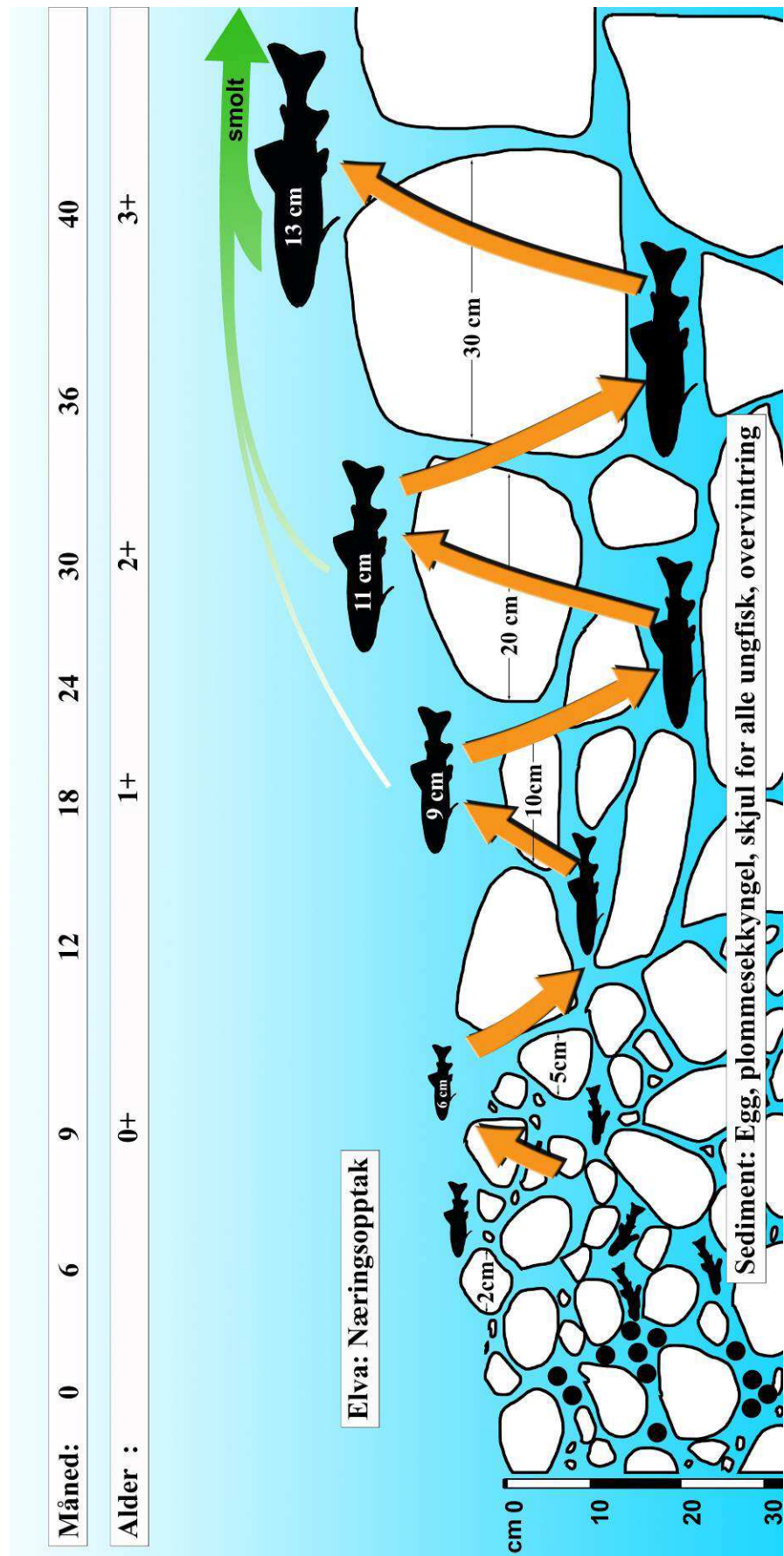
Figur 80 Eksempel for gyting på svært grovt substrat (10-40 cm), her sjøaure i Vassbygdelva (venstre). Fisken kan ikke lage gytegrøp og etter gyting forsvinner mesteparten av eggene ukontrollert med strømmen nedover (midten), der en stim aure venter for å spise eggene (høyre). Film: Arne og Inge Sandven.



Figur 81 Eksempel for gyting på grus (1-10 cm), her laks i Daleelva. Hoen lager en gytegrøp og gyter eggene målrettet i den slik at de blir liggende, bare få egg blir spylt nedover (midten). Deretter dekkes eggene med grus. Eggene ligger beskyttet mot predatorer inne i grusen (5-30 cm) inntil de klekker våren etter. Film: Uni miljø v/Tore Wiers.



Figur 82 Sjøaureho og stasjonær hann på en gyteplass med gunstig substrat i Teigdalselva



Figur 83 Substratbruk av sjøaure: Egg og plommeseekyngel utvikler seg i grus men også eldre ungfisk trenger hulrom i etter hvert grovere substrat, særlig for skjul for predatorer eller ved flom og overvintring.

4.2.3 Er substratforhold flaskehals eller ikke?

I tidligere rapporter om Aurlandsvassdraget (Sægrov et al. 2000) ble det først og fremst fremhevet to flaskehals for fiskeproduksjon: Redusert vannføring (f.eks. i Midjeelva) og forandrete temperaturforhold. Substratforhold har ikke tidligere blitt utredet. Det ble diskutert om redusert temperatur bare virker negativt på spesielt sårbare stadier (swim up) eller om det generelt reduserer vekst og overlevelse til smolt. Dataseriene (Skoglund et al. 2013) viser at temperatur har effekt i Aurlandselva. I varmere år var tetthet av ungfisk og deres lengde større enn i kalde år med lavere vanntemperatur. Hvorvidt vil substratforhold og fysisk habitat være relevant som flaskehals i forhold andre flaskehals? Selv om sommertemperatur og vannføring kan være vesentlige flaskehals for fiskeproduksjonen under dagens reguleringsforhold, så vil det fysiske habitatet, i form av tilgjengelig gyte- og ungfiskhabitat, være avgjørende for hvorvidt en oppnår vassdragets produksjonspotensial under dagens forhold. Dersom betingelsene for ungfisk er ugunstig (større dødelighet og lite vekst) så vil effekten for totalbestand av ungfisk være enda mer ugunstig når eggene er svært klumpete fordelt med høy tetthet på få plasser. Store deler av elven kan ikke tas i bruk av yngel. Omvendt vil totalantall ungfisk være større dersom gyteplasser og egg er jevnt fordelt over hele elven siden hele elven vil kunne tas i bruk av yngel. Lave temperatur vil også dempe vekst og overlevelse men siden et større areal er i bruk som oppvekstområde vil totalantall fisk i vassdraget være større. En rekke studier viser at yngelen ofte etablerer seg nært gyteområdene i tiden etter den har kommet opp av gytegroppen (Einum et al. 2009, Foldvik et al. 2010, Skoglund et al. 2011). Erfaringer fra rognplantingsforsøk viser også at en finner høyeste tetthet av yngel innenfor 100 m fra utplantingsområdet, og selv om enkelte yngel kan spre seg forholdsvis langt nedstrøms (>1 km) vil tetthetene oftest være lave bare ved avstander >100-200 m fra gytegroppene (LFI Uni Miljø upubliserte data). Slik gyteforholdene var i 2009, var om lag 27 % av elvearealet i Aurlandselva og 25 % av elvearealet av Vassbygdelva mer enn 100 m fra en gyteplass. I disse områdene forventes det at fiskeproduksjonen ligger under potensialet siden det i mindre grad kunne tas i bruk av årsyngel. Ungfisktettheter som ble observert av Sægrov et al. (2008) peker også i denne retningen. Det ble observert påfallende lave tettheter på stasjon 1, 4 og 5 (<41, årsyngel 8-16). Disse el-fiskestasjoner ligger på lange strekninger uten eller med svært lite gyteareal. Stasjon 2 og 3 ligger rett ved gyteareal og hadde høye ungfisktettheter (> 100 ungfisk per 100 m², årsyngel > 38 per 100 m²).

Etter tiltakene med å legge ut grus ble spredning av gyteareal økt og med dette ble avstandene til nærmeste gyteareal redusert. Andel areal med minst 100 m avstand til nærmeste gyteplass ble redusert til ca. 17 % i Aurlandselva og 21 % Vassbygdelva. På disse områdene kan mangel på gyteareal fortsatt være flaskehals for ungfiskproduksjon.

Også mangel på skjul kan være en flaskehals men her mangler data for å vurdere det. Det ble observert påfallende armeringslag og begrodde områder men det mangler sedimentundersøkelser og en kartlegging av forskjellige sedimentkvaliteter til å kvantifisere

dette. Det kan ikke utelukkes at bedre tilgang til skjul og standplasser vil bedre overlevelse – også og kanskje særlig under de til dels krevende temperaturforholdene i Aurlandselva.

Det konkluderes derfor at mangel på gyteareal er en flaskehals for den samlede ungfiskproduksjonen i Aurlandsvassdraget og at mangel på ungfiskhabitat kan være en flaskehals.

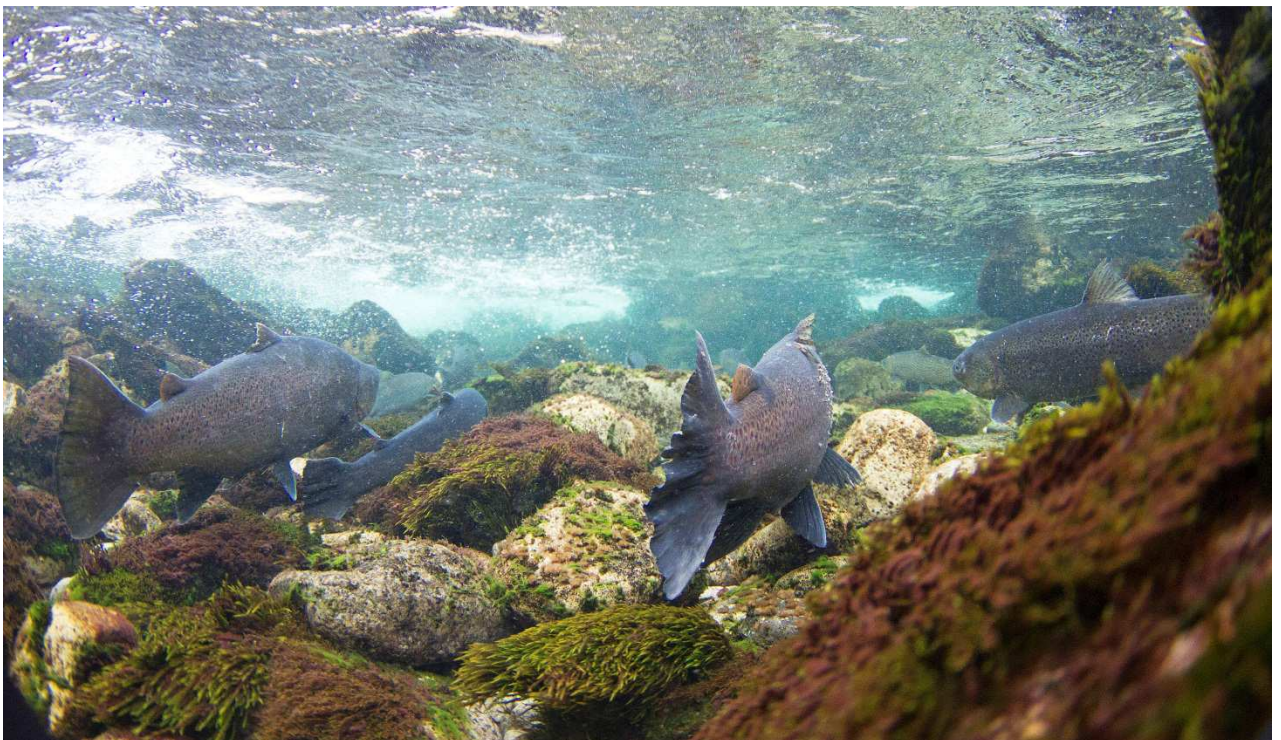
4.2.4 Hva er årsak til ugunstige substratforhold?

Grus i elver er over tid i bevegelse. Store flommer spylar den gradvis ut til dype høler, innsjøer, sjøen eller andre rolige partier i vassdraget. Dette gjelder også for den regulerte Aurlandselva som har mindre flommer etter reguleringen men fortsatt kapasitet til å flytte grus (gradient $I = 0,008$, mellom Tokvam og Vassbygdvatnet $I = 0,01$, Q_{sommer} mellom 30 og 60 m³/s). Tilførsel av grus er derimot redusert. Ut i fra naturlige årsaker kan grusen ikke transporteres gjennom Vassbygdvannet – heller ikke før reguleringen. Nedenfor Vassbygdvannet er Aurlandselva gradvis blitt forbygget hele veien ned til munningen, hovedsakelig med steinsettinger og buner. Denne forbyggingen startet allerede før kraftreguleringen og hadde trolig som mål å beskytte landbruksområder og bosetting mot erosjon (Figur 24), delvis også for å skape fiskeplasser. Etter kraftregulering ble flomvannføring redusert (Tabell 7). Samlet sett fører dette til at side- og bunnerosjon siden rundt 1980 trolig er redusert til det ubetydelige. Sideelver som tilfører substrat finnes knapt utenom Tverrelva. Denne elven tilfører substrat og denne effekten er synlig i Aurlandselva rett etter munningen hvor det finnes gytesubstrat og dynamiske rullestein (Figur 79). Elven er imidlertid liten og substrattilførsel derfor begrenset.

Årsak til mangel på gytegrus i Aurlandselva er mest sannsynlig mangel på tilførsel av grus på grunn av forbygninger og redusert vannføringsdynamikk. Årsak til begroing og sedimentering av det resterende bunnsubstratet så vel som dannelse av kraftige armeringslag ligger trolig i den reduserte sedimentdynamikken. Rullestein blir ikke snudd lenger. Nye stein blir ikke tilføyd. Grustransport som rensar overflaten av rullestein («sliping») er sterkt redusert. Spor etter isskuring ble ikke oppdaget ved skjegg av eggoverlevelse. Rullesteinene ligger i ro, alger og mose kan gro nesten uforstyrret. Armeringslag kan dannes grunnet kohesjonseffekter i sediment som ligger i ro i årtier. Hulrom fylles med finsediment som ikke blir spylt ut igjen siden rullesteinene ligger stabilt. Denne prosessen er typisk for regulerte elver med sterkt redusert sedimentdynamikk og er beskrevet i en rekke vassdrag (Jungwirth et al. 2003, Hauer et al. 2011). I Aurlandselva har det imidlertid ikke vært fokus på denne prosessen selv om situasjonen trolig oppsto gradvis siden 1980-tallet. Dessuten kan degradering av sedimentet ha blitt akselerert pga. avreining av finpartikulært materiale fra sandtaket rett ovenfor klekkeriet. Der overvann fra sandtaket renner inn i elva var det mye finsediment å se ved gytefisketellingene.



Figur 84 Morenegrus/glasifluviale avsetninger øst for Aurlandselva ved sandtaket ovenfor klekkeriet.



Figur 85 Svære sjøaurer på typisk substrat i Vassbygdelva. Rullestein 10-100 cm dominerer. Det er generelt mindre begroing enn i Aurlandselva, mye tyder på at substratet er mer dynamisk.

I Vassbygdelva er sedimenttransport fra fjellet fortsatt mulig. Begroing med alger og mose er mindre enn i Aurlandselva. I Vassbygdelva danner det seg ofte tykk is i kalde vintre, og dette kan bidra til skuring av stein i vårløsningen slik at begroingen ikke blir like påfallende som enkelte steder i Aurlandselva. Det ble ikke observert store områder med sedimenteringsproblemer eller som er armert under kartlegging av gytegrus i 2009. Skjulmulighetene i det resterende elveløpet betraktes derfor ikke som spesielt dårlig (Figur 85). Det var imidlertid ikke mye gytegrus å finne i 2009, særlig ikke i øvre deler. Andel gyteareal utgjorde 0,4 % av elvearealet, to ganger så mye som i Aurlandselva men kan likevel betraktes som lite. Grusmangel her kan forklares med at elven er relativt bratt ($I = 0,04$ i øvre del mellom Jørven og Vassbygdi, nedenfor er $I = 0,014$) og at elven har blitt snevret inn for å tilpasse elvefarene til mindre vannføring. Vassbygdelva er også sikret mot flomskader på strekningen nedstrøms Belde bru og ned til Vassbygdvannet. Fra å være en flettet elv (braided river, Leopold et al. 1964) med flere armer og sideløp er elven nå for det meste en kanal, men rett oppstrøms ECO-Energies bygg i Vassbygdi renner elven delvis i flere løp. Denne er mindre utsatt for tørrfalling etter innsnevringen men den har trolig ført til økte skjærspenninger ved flom – noe som kan ha bidratt til å spyle grus nedover i elveleiet. Denne forklaringen støttes av at det var mer grus å finne i nedre deler og rolige terskelbassenger så vel som i selve munningsområdet i Vassbygdvannet. Marbakken i elveosen er en svær grushaug. Ca. 3 km opp fra utløpet i Vassbygdvannet ligger Sitjandefossen. Oppstrøms denne fossen er det store grusforekomster, og det kan virke som om grustransporten fra Aurlandsdalen og sidedalene er redusert nedenfor fossen. Dessuten er fjellområdet i nedbørsfeltet bratt og - så vidt det er mulig å se - er det preget av bart fjell og rullestein – ikke morenegrus. Det er derfor nærliggende å tro at grustilførsel fra nedbørsfeltet ikke er så stort av naturlige årsaker. Sammen med økt utspyling grunnet flomforbyggingen kan det ha bidratt til reduserte gytemuligheter. Gytemuligheter ble i 2009 vurdert som moderat til ugunstig siden det var lite gyteareal. Skjulmuligheter for ungfisk ble ikke kartlagt men inntrykket vi fikk ved dykking tyder på at det finnes relativt sett mer skjul enn i Aurlandselva og at skjul ikke er flaskehals i Vassbygdelva.

4.3 Erfaringer med tiltak som er gjennomført

4.3.1 Hovedelven

Den utlagte gytegrusen i Aurlandselva og Vassbygdelva ble brukt for gyting rett etter utleggingen både i 2010, 2011 og 2012. På alle grusutlegg ble det funnet gytegroper med egg. Både videoopptakene og antall egg funnet tyder på at gyteplassene var attraktive for fiskene og at de hadde behov for disse gyteplasser. I elver med flere alternative gyteplasser ble det observert at det kan ta flere år før auren tar i bruk nye gyteplasser (Pulg 2009) eller at fisk ikke tar den i bruk i det hele tatt (Zeh & Dønne 1994). Intensitet til gyting og den korte responstiden på utlagt grus i Aurlandsvassdraget tyder på at det var mangel på gyteplasser i 2009 og at dette fortsatt var tilfelle i 2012. På alle grusutlegg ble det som nevnt funnet gytegroper med egg (mars 2011, 2012 og 2013). Eggoverlevelse var høy i Aurlandselven (80 % - 100 %) utenom på Skresanden og Osen. Trolig er større fínsedimentandel årsak til den lavere overlevelsen der (ca. 60%). Antall årsyngel har økt fra 2010 til 2012 både på våre og NINAs stasjoner (Ugedal & Jensås 2012). Samtidig har antall gytefisk økt fra 482 i 2009 til 1034 i 2012. At ungfisktettheten har økt kan ha flere årsaker men at dette sammenfaller med økning av antall gytefisk og gyteareal og at dette arealet ble brukt intenst til gyting tyder på at tiltaket har fungert etter hensikten. Det bidrar til flere gytemuligheter godt fordelt i elven slik at eggoverlevelsen og fordeling av yngel kan bli større og elvens produksjonspotensial utnyttes på en bedre måte.

Generelt sett ble grusen i liten grad flyttet nedstrøms av gytende fisk og vannstrømmen. Bare grusutlegg ved klekkeriet i 2009 og Vassbygdi i 2009 ble forflyttet i større grad (20-50% av grusen). Akkumulasjon av fínsediment og begroing var nesten ikke å observere utenom på Osen (nesten stillestående vann grunnet demning). Erfaringene viser at grusutleggene i Aurlandselva var egnet til gyting minst to år og trolig flere år til. Hvor lenge gyteplassen er brukbar bør utredes i fremtiden for å bedømme tiltakets effektivitet. Det er i hvert fall ikke slik at grusen gror igjen, spyles ut eller tettes med fínsediment i løpet av tre gytesesonger. Årvis graving fra gytefisk er her et viktig bidrag til å holde grusen ren for fínsedimenter og begroing. På denne måten blir gyteplassene selvrensende så lenge fisken benytter de. De første årenes erfaring fra Aurlandsvassdraget tyder på at flere av grusutleggene har resultert i slike stabile og selvrensende gyteplasser med årvis gyting.

Harving av substrat (særlig tatt i bruk nedenfor E16 bro og ved Aurlandshallen) vurderes som egnet til å rive opp armeringslag og fjerne fínsediment og med dette å skape hulrom og skjul for ungfisk (Figur 39). På stasjon Ndf. E16 bro økte ungfisktetthet sterk etter harving i 2011 og ett til to år senere var det visuelt ikke mulig å observere begroing eller sedimentasjon i det harvete substratet. At både grus og harvete rullestein er ren, løs og uten begroing etter 1-2 år tyder på at det ikke er spesielt mye fínsediment eller høy trofi (mye

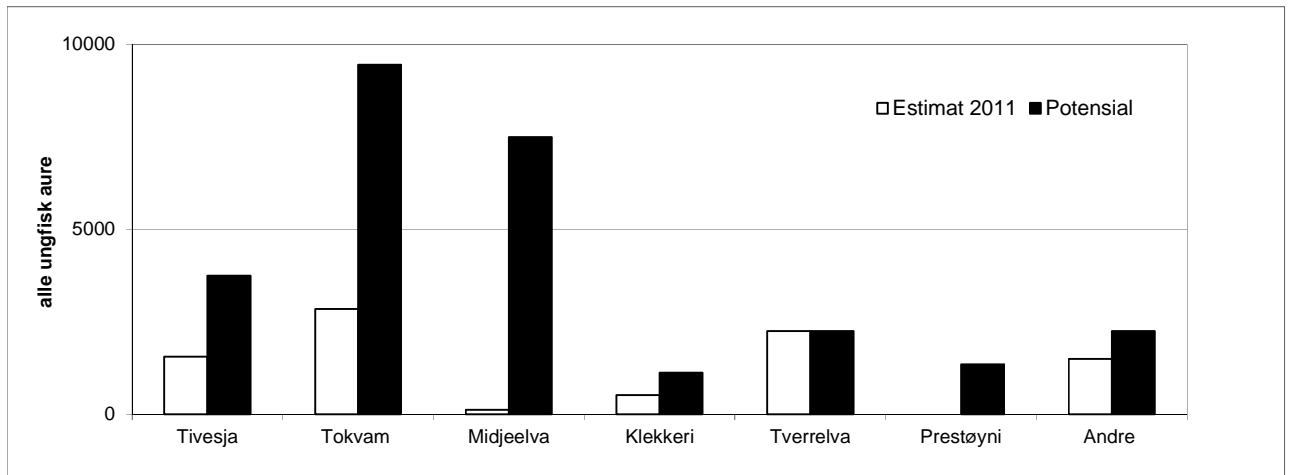
næringsstoffer) i Aurlandsvassdraget som sørger for degradering av sediment. Begroing, sedimentering og utspyling av grus i Aurlandselva har trolig tatt flere tiår og kunne bare oppstå siden grustilførsel ble stoppet og rullesteinene la stabile.

Harving viste seg ikke spesielt egnet til å restaurere gyteplasser. Dette fordi det ble funnet lite grus i undergrunnen Ndf. E16 bro. Ved Aurlandshallen ble det funnet mer grus men renseeffekten var ikke særlig stor. Grusen der hadde mer finsediment (vurdert visuelt) etter harving enn utlagt grus. Effekten kan imidlertid variere andre steder. Dersom det finnes nok grus i undergrunnen og dersom den renses tilstrekkelig gjennom gjentatt graving kan harving være like egnet som utlegging av grus for å skape gyteplasser og bør prøves videre (kap. 5, Pulg et al. 2013) .

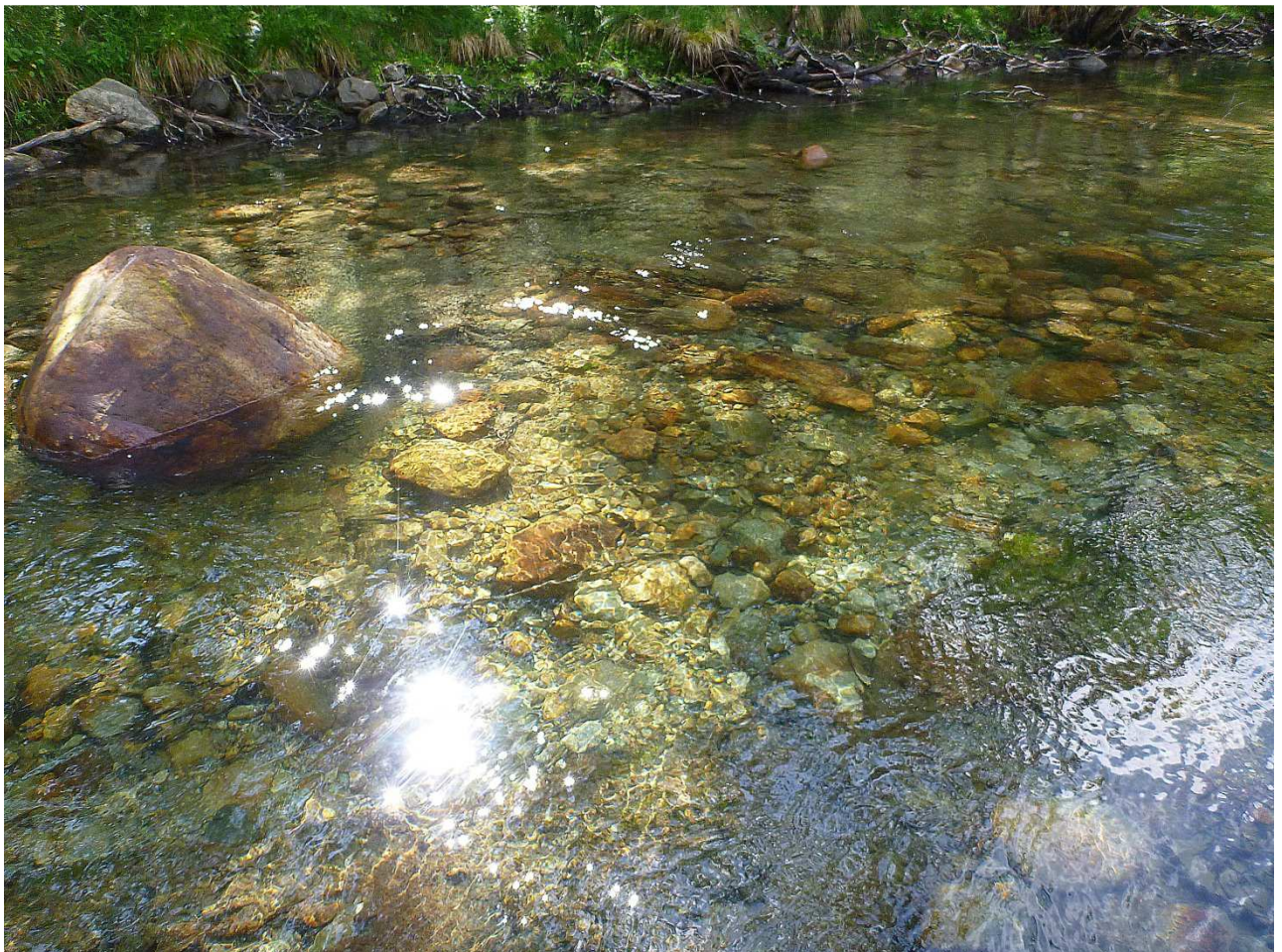
4.3.2 Sideløp

Justering av terskler i Tokvamsbekkene og Klekkeribekken i september 2012 har fungert som planlagt. Strømhastigheten har økt og bekken er ikke lengre preget av stillestående vann. Andel gyteareal og areal med skjul har økt betydelig og vil sannsynligvis øke enda mer siden utspyling av finsediment var enda ikke avsluttet ved første kartleggingen to dager etter justeringen. Skjul og næringstilgang vil bedres enda mer dersom kantvegetasjon utvides og døde trær legges ut. Vanddekket areal ble redusert. For å vurdere summen av både reduksjon i vanddekket areal og bedring av habitatkvalitet, ble ungfiskantallet modellert før og etter tiltaket (Figur 86). For 2011-estimatet ble vannarealet før terskeljustering og ungfisktettheter fra el-fisket i 2011 lagt til grunn (Tabell 6). For potensiell ungfiskeestimat i sidebekkene ble middel ungfisktetthet fra referansebekker med god til svært gode habitatbetingelser lagt til grunn (Figur 88, Pulg et al. 2011). Det ble brukt 150 ungfisk/100m² (mye skjul, nok gyteareal, oligotroft vann, relativt lave temperaturer), dessuten arealet etter tiltaket (målt for Tverrelva, bekker i Vassbygdi, Tokvam- og Klekkeribekken, anslått for Tivesja, Prestøyni, Midjeelva).

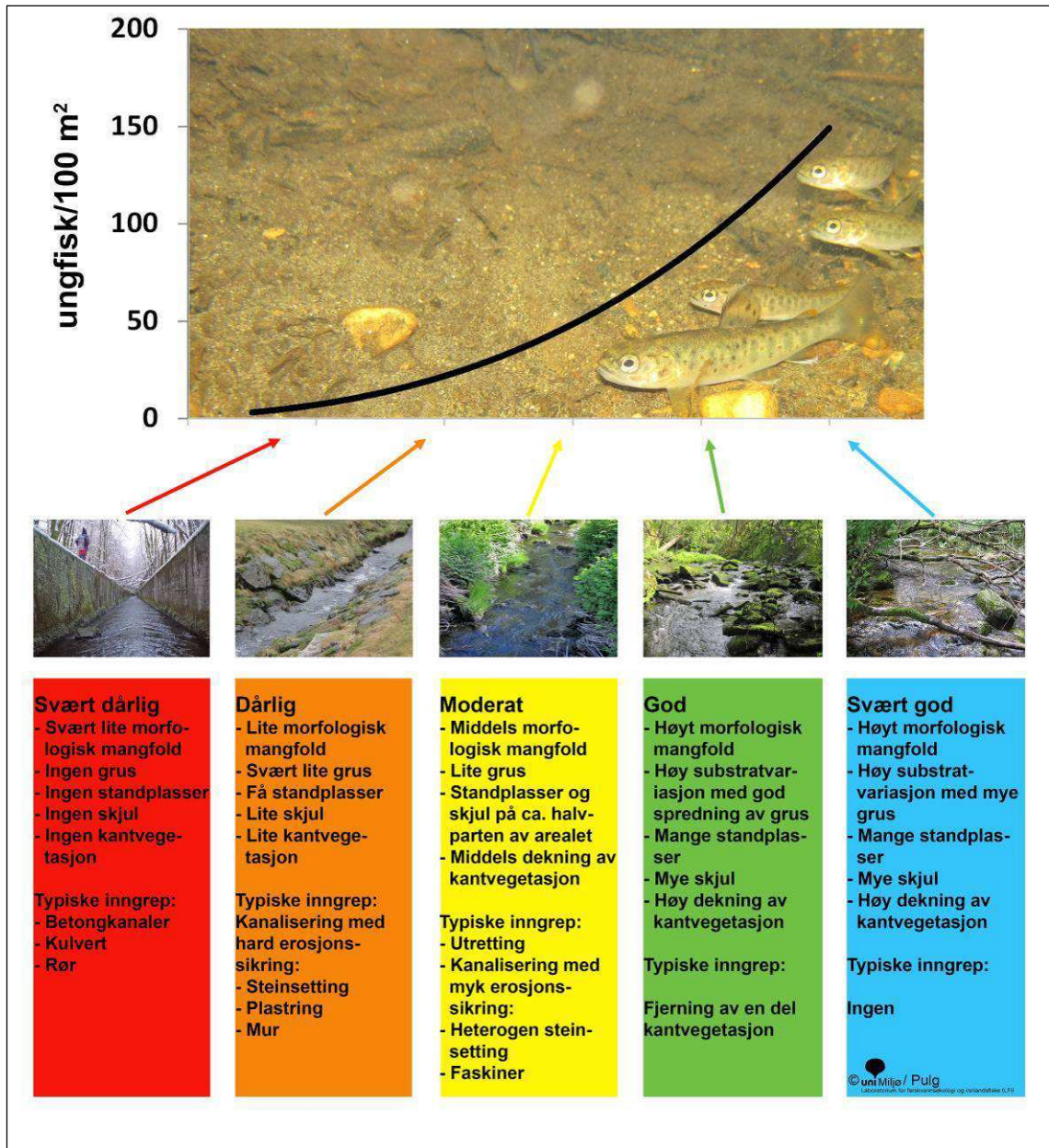
Dersom det skapes svært gode habitatforhold i sidebekkene er det et potensial for å øke antall ungfisk i fra ca. 9.000 til 28.000 selv om arealet reduseres fra ca. 29.000 til 18.000 m² (Figur 86). Dersom 5-10 % av ungfiskene vandrer ut som smolt per år vil bidraget fra sidebekkene øke fra ca. 450-900 til 1400-2800 smolt. Det er usikkert om svært gode habitatforhold kan skapes overalt og om man når makismalverdiene, men beregningen viser at det er fornuftig å satse på sidebekkene. En dobling av ungfiskantallet er allerede en betydelig forbedring og det er ikke urealistisk dersom man betrakter lignende sideløp og sjøarebekker. Tiltakene som betraktes som nødvendig for å få til sånne habitatkvaliteter beskrives i kap. 5.



Figur 86 Estimert antall ungfisk i sidebekker basert på el-fiske data fra 2011 og beregnet med habitatavhengige tettheter fra sjøaurebikker med gunstige forhold (potensial i bekkene).



Figur 87 Substrat i nedre Tokvamsbekken sommer 2013 - 9 måneder etter restaurering. Grus og rullestein dominerer der det tidligere var finsediment (se Figur 65).



Figur 88 Fysiske habitatforhold: Gytebekker med strømmende vann, mye gytegrus, stein, døde og levende trær som gir skjul har største ungfisktettheter. Utrettete, oppdemmete og kanaliserte strekninger har betydelig lavere tettheter. Er bunnen plastret eller av betong finnes det nesten ingen fisk. Her resultater fra 77 strekninger i små anadrome elver på Vestlandet 2010-2012 (trendlinje $r^2 = 0,6$ $p < 0,001$ Kruskal-Wallis-test).

4.4 Veien videre

For å bedre forholdene for fiskebestandene i Aurlandselva, bør det gjenskapes tilstrekkelige gyteforhold og ungfiskhabitat til å utnytte vassdragets produksjonspotensial. Dette kan i stor grad gjøres ved å gjenskape sedimentforhold som er mer likt slik det var før inngrep og reguleringen i vassdraget, men som samtidig fungerer etter hensikt ved dagens

vannføringsregime. Det bør gjenskapes substratforhold med gjennomgående mye hulrom og skjul i substratet som igjen bidrar til gode habitatbetingelser for ungfisk. Elven bør ha en viss grad av substratdynamikk som sørger for at begroing, sedimentasjon og armeringslag reduseres, holdes i grenser og at gyteareal, skjul og hulrom gjennomgående oppstår på nytt. Substratet bør på andre side ikke være for dynamisk. Gyteplasser med egg i skal helst ikke eroderes heller ikke elvebunnen før bunndyr har etablert seg. I stedet bør elvebunnen bestå av et mosaikk av grus og rullestein, begrodd og rent substrat, stabile og dynamiske områder – hverken helt «sandblåst» eller helt begrodd. Langs bredden bør det være kantvegetasjon som øker skjul og tilførsel av organisk material som blad og dødt trevirke. Døde trær, kvister og tømmerstokker bør være en del av substratet i Aurlandselva. Med sånne substratforhold forventes best mulige produksjonsbetingelser under de gitte næringsforholdene og temperaturregimet.

Effektene av grusutleggene og harving vurderes som hensiktsmessig. Sannsynligvis har tiltakene bidratt til større reproduksjon og bedre ungfiskhabitat. Tiltakene kan fortsettes i fremtiden og det er det behov for siden gytearealet i 2012 la bare ved ca. 1 % og områder harvet var enda mindre (< 0,1%). Ulemper med tiltakene er at de er små i forhold til elvearealet, at de ikke fjerner årsakene til ugunstige sedimentforhold og at de krever gjentagelser etter hvert. Dersom vi antar at hvert grusutlegg blir liggende i fem år og dersom man fortsetter med grusutleggene som i 2010-2012 vil andel gyteareal aldri overskride 2-3 %. Det trengs altså større innsats hvis man vil ha mer en lokale effekter. Fokuserer man bare på fiskenes behov hadde det vært gunstig å få tilbake elvens egendynamikk. Dette står imidlertid mot bruksinteresser langs bredden: trafikk, landbruk, bosetting og kraftregulering. Spørsmålet er i hvilken grad naturlige prosesser kan gjenskapes uten at dette står imot dagens bruk av elven og arealene ned til elven.

Grusmanagement

I en rekke regulerte elver i Nordamerika og Europa gjennomføres forskjellige former av grusmanagement både for å ivareta miljøforhold og hydrauliske egenskaper av elvene. Nedenfor nederste demning i Rhinen (Iffezheim) for eksempel tilføres hvert år mellom 100.000 m³ og 275.000 m³ grus for å vedlikeholde bunnivået av elven som hadde gravet seg ned siden grustransporten oppstrøms er stoppet grunnet deminger (Vogel 2011). Tiltaket sørger dessuten for at det finnes nok grusgyteplasser nedenfor. I elven Isar ble det i 1996 utlagt 126.000 m³ grus for å bedre miljøforholdene (Binder et al. 2002). Det samme gjelder flere tiltak i elven Donau der grusutleggene varierer mellom 60.000 og 500.000 m³ (Jungwirth et al. 2003). Felles for tiltakene er at grustransport og fordeling blir overlatt elven etter at grusen er utlagt. På denne måten kan sedimentsammensetningen i elvene bedres som ønsket på store områder, på en effektiv og naturlig måte.

I Aurlandselva tilføyes substrat fra Tverrelva. Også dette substratet blir fordelt på en naturlig måte og kan finnes nedenfor munningen. Mengden er imidlertid liten. Andre steder langs elven kan en eller flere grustilførsler etableres. På disse stedene kan grusen legges ut som hauger, som elven kan erodere og spyle nedover. På denne måten vil begroing på rullestein nedenfor reduseres siden den blir delvis «slipet» bort av rullende grus. Naturlike grusbanker vil oppstå som kan brukes som gyteplasser og ungfiskhabitat og dette på store områder og med forholdsvis enkle tiltak.

Tilførsel av grus kan medføre uønskete effekter. For mye grus eller feil plassering kan dekke viktige ungfiskhabitater, fiskeplasser og skape unødvendig mye og muligens ustabil gyteareal. Substratet kan bli for dynamisk med for lite begroing og ustabil skjul for ungfisk. Dessuten kan grusen sedimentere på steder der avsetningen øker vannspeilet ved flom – noe som kan øke fare for oversvømmelse. Ved nøye gjennomtenkt dimensjonering og plassering derimot betraktes et grusmanagement som effektiv strategi for å restaurere sedimentbetingelser i Aurlandselva. Grusmengden som elven ikke kan ta lengre fra sidene erstattes på denne måten. For å finne ut riktig plassering og dimensjonering kreves en vurdering av hydrologiske og geomorfologiske rammebetingelser (Kondolf 2000), en detaljert kartlegging av dagens substratforhold og en modellering av elvens transportkapasitet og sedimentasjonsområder (sedimentmodell). Med en slik tilnærming kan man utvikle et smart nett av grustilførselssteder som skaper produktive habitatbetingelser i hele elven på en effektiv måte.

Restaurering og naturlig egendynamikk

Gjenskapelse av naturlige elvemorfologiske prosesser som sørger for den ønskete habitatkvaliteten er en effektiv måte nå målsettingen og inkluderer dessuten en rekke andre arter som vil profitere (Jungwirth et al. 2003, Fjeldstad et al. 2012). I Aurlandselva er rammene gitt av ønsket vannbruk. Forbygningsgraden av elven virker likevel overdrevet, for eksempel erosjonsvern og buner på innsiden av elvebuer. Dessuten er langt fra alle områder langs elven brukt for landbruk. En diskusjon med grunneierne på Aurlandsseminaret 20.10. 2012 viste at det finnes områder langs elven der det er rom for naturlige elvemorfologiske prosesser med erosjon og sedimentasjon. Dette vil sørge for bedre habitatforhold både for gyting og ungfisk. Med verktøypakken som er beskrevet under «Grusmanagement» (sedimentdata, sedimentmodell) kan det vurderes hvilke områder som er egnet for en restaurering og hvilke konsekvenser dette vil ha. På de områder der grunneierne er villig til å bidra kan så erosjonssikring fjernes eller settes tilbake til den ønskete grensen av erosjon.

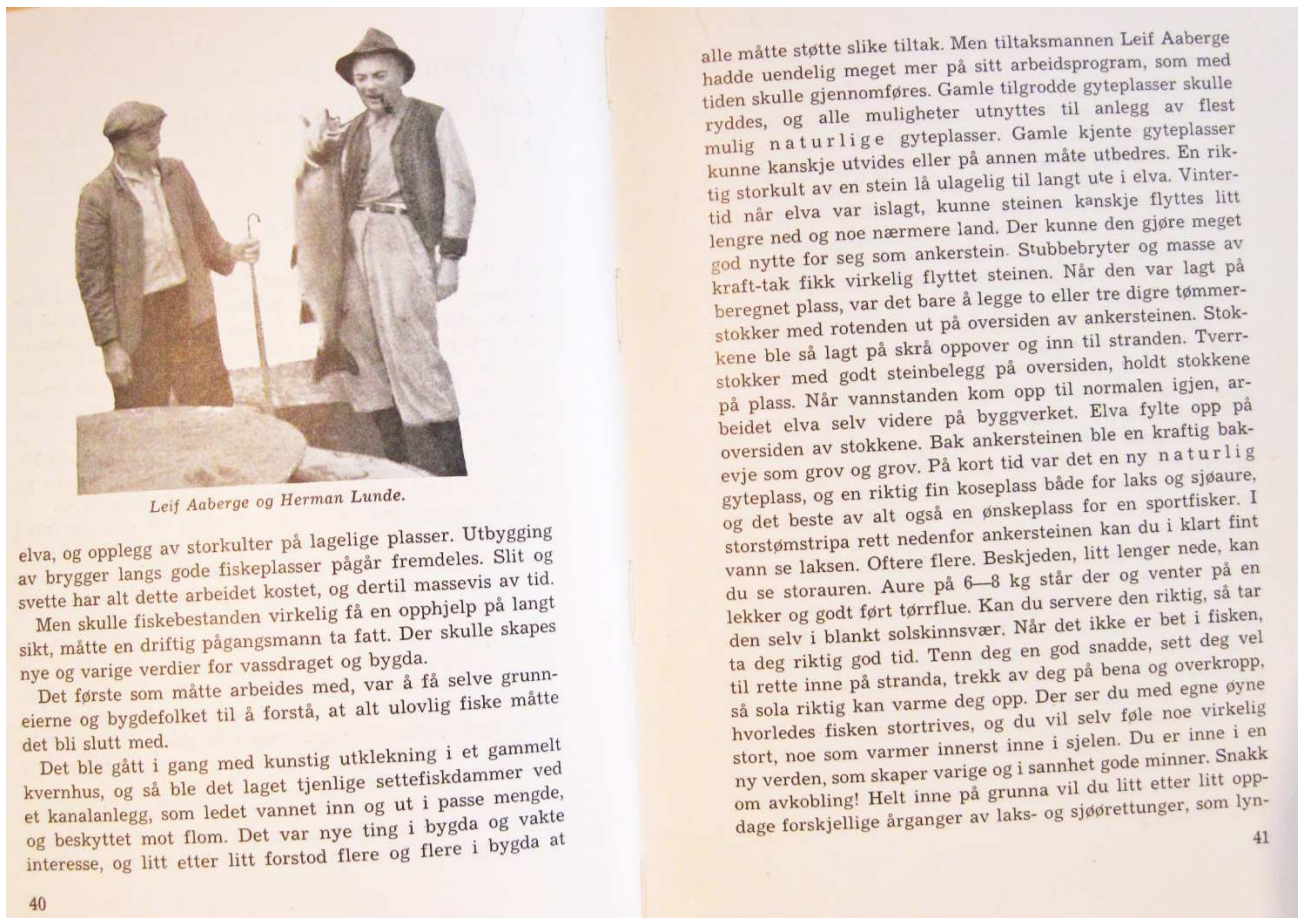
Allerede i 1950-tallet var fiskeinteresserte opptatt av å skape «naturlige» gyte- og standplasser i Aurlandselva, se utklipp fra «Stangfiskeren 1954» på Figur 89, Oslo Sportsfiskere sin årbok (Anonymus 1954). Sånne tiltak var imidlertid avhengig av en viss

grad av sedimenttransport i elven. Bunene som dekker store deler av elvebredden i dag skaper ikke gyteplasser men bidrar istedenfor til økt substratstabilitet og mindre dynamikk.

Harving

Oppbryting av armeringslaget kan fortsatt være et verktøy som kan brukes lokalt for å bedre habitatforhold for ungfisk og avhengig av substratet øke gytearealet. Med grunnlag i sedimentundersøkelsene beskrevet ovenfor vil det være mulig hvor og i hvilket omfang harving er nødvendig. Arbeidet bør sees i sammenheng med grusmanagement og restaurering. Mes sannsynlig vil det være hensiktsmessig å harve begrensete lokale områder i forskjellige områder av elven hvert år slik at det oppstår en mosaikk av begrodde og rene rullestein. Ved utvalg av harvingsområder legges dessuten sedimentmodellen til grunn for å unngå fjerning av armeringslag som er viktig for å opprettholde bruksinteresser i og langs elven (for eksempel for å unngå uønsket side- eller bunnerosjon)

I sidebekkene varierer flaskehalser (kap. 3.3). Nødvendige tiltak for å bedre habitatkvaliteten er beskrevet i kap 5.



Leif Aaberge og Herman Lunde.

elva, og opplegg av storkulter på lagelige plasser. Utbygging av brygger langs gode fiskeplasser pågår fremdeles. Slit og svette har alt dette arbeidet kostet, og dertil massevis av tid.

Men skulle fiskebestanden virkelig få en opphjelp på langt sikt, måtte en driftig pågangsmann ta fatt. Der skulle skapes nye og varige verdier for vassdraget og bygda.

Det første som måtte arbeides med, var å få selve grunneierne og bygdefolket til å forstå, at alt ulovlig fiske måtte det bli slutt med.

Det ble gått i gang med kunstig utklekning i et gammelt kvernhus, og så ble det laget tjenlige settefiskdammer ved et kanalanlegg, som ledet vannet inn og ut i passe mengde, og beskyttet mot flom. Det var nye ting i bygda og vakte interesse, og litt etter litt forstod flere og flere i bygda at

alle måtte støtte slike tiltak. Men tiltaks mannen Leif Aaberge hadde uendelig meget mer på sitt arbeidsprogram, som med tiden skulle gjennomføres. Gamle tilgrodde gyteplasser skulle ryddes, og alle muligheter utnyttet til anlegg av flest mulig naturlige gyteplasser. Gamle kjente gyteplasser kunne kanskje utvides eller på annen måte utbedres. En riktig storkult av en stein lå ulagelig til langt ute i elva. Vintertid når elva var islagt, kunne steinen kanskje flyttes litt lengre ned og noe nærmere land. Der kunne den gjøre meget god nytte for seg som ankerstein. Stubbebryter og masse av kraft-tak fikk virkelig flyttet steinen. Når den var lagt på beregnet plass, var det bare å legge to eller tre digre tømmerstokker med rotenden ut på oversiden av ankersteinen. Stokkene ble så lagt på skrå oppover og inn til stranden. Tverrstokker med godt steinbelegg på oversiden, holdt stokkene på plass. Når vannstanden kom opp til normalen igjen, arbeidet elva selv videre på byggverket. Elva fylte opp på oversiden av stokkene. Bak ankersteinen ble en kraftig bakveje som grov og grov. På kort tid var det en ny naturlig gyteplass, og en riktig fin koseplass både for laks og sjøaure, og det beste av alt også en ønskeplass for en sportfisker. I storstømsstripa rett nedenfor ankersteinen kan du i klart fint vann se laksen. Ofte flere. Beskjeden, litt lenger nede, kan du se storauren. Aure på 6—8 kg står der og venter på en lekker og godt ført tørrflue. Kan du servere den riktig, så tar den selv i blankt solskinnsvær. Når det ikke er bet i fisken, ta deg riktig god tid. Tenn deg en god snadde, sett deg vel til rette inne på stranda, trekk av deg på bena og overkropp, så sola riktig kan varme deg opp. Der ser du med egne øyne hvorledes fisken stortrives, og du vil selv føle noe virkelig stort, noe som varmer innerst inne i sjelen. Du er inne i en ny verden, som skaper varige og i sannhet gode minner. Snakk om avkobling! Helt inne på grunna vil du litt etter litt oppdage forskjellige årganger av laks- og sjørettunger, som lyn-

Figur 89 Utklipp fra Stangfiskeren 1954: Artikkelen omhandler fiske i Aurlandselva, klekkeriet og tiltak for å skape gyteplasser og standplasser.

5 Tiltaksplan

I dette kapittelet gis en oversikt over tiltak som anbefales til å redusere flaskehalsene relatert til sedimentforhold og sideløp i Aurlandsvassdraget. Erfaringen som ble gjort i de siste årene viser at en bærekraftig og storskala bedring av sedimentforholdene i Aurlandselva krever detaljert planlegging og forberedelse. Tiltak i sideløpene er enklere og er delvis satt i gang allerede. Grusmanagement og elverestaurering i hovedelven må først konkretiseres før tiltak kan settes i verk. Tiltaksplanen forstås som levende dokument som suppleres fortløpende. Metodikken som legges til grunn for å velge og å utvikle tiltak følger EnviDORR-metoden som bygger på en nøye diagnose av flaskehalsen. Metoden beskrives i «Miljødesignhåndboken» som skal komme ut i høst (2013, se www.cedren.no). Håndboken gjelder for laksehabitat men metoden kan prinsipielt også anvendes for sjøaure. Arbeidet med tiltak i Aurland vil gi en anledning å teste miljødesignhåndboken og å videreutvikle den.

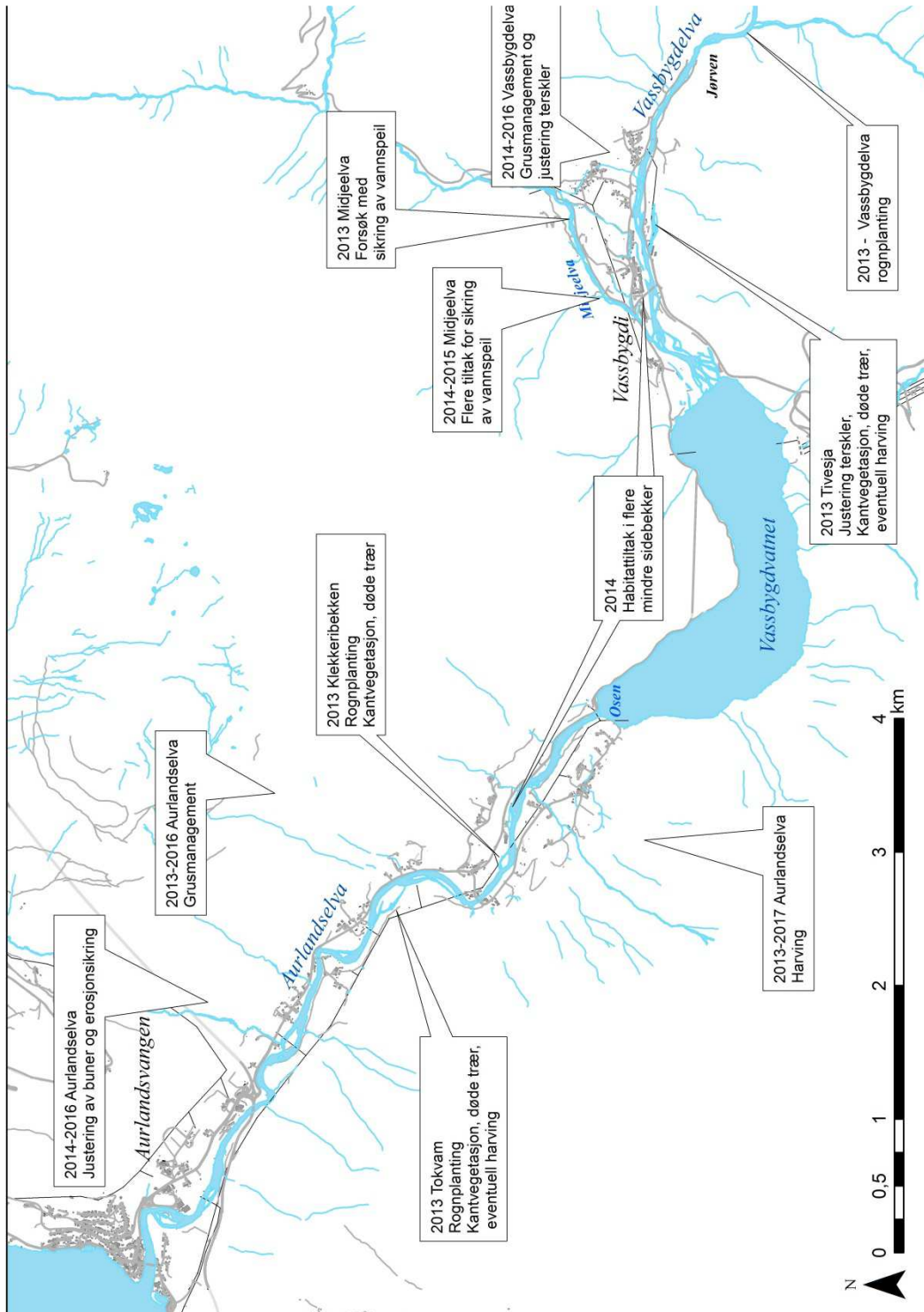
Tabell 8 inneholder en oversikt over en masterplan som viser rammene for de forskjellige tiltakene basert på status i dag.

Tabell 8. **Forslag for en masterplan (mørklegging indikerer arbeidsintensitet).**

	2013	2014	2015	2016	2017
Tokvamsbekken, vegetasjon og oppfølging					
Klekkeribekken, vegetasjon og oppfølging					
Tivesja, habitattiltak, vegetasjon, oppfølging					
Midjeelva, lavvannskulper					
Andre bekker, habitattiltak					
Grusmanagement hovedelven					
Restaurering i hovedelven					
Harving i sideløp og hovedelven					
Supplering datagrunnlag og planlegging av tiltak					
Overvåking og oppfølging					

Masterplanen strekker seg på årene 2013-2017 og den bør suppleres, aktualiseres og justeres underveis. Dette er nødvendig for å kunne ta hensyn til innspill fra grunneiere, myndigheter og resultater fra modelleringen og overvåkingen. I det første året forventes det mest arbeid siden de sannsynligvis omfattende arbeidene 2014 må planlegges og drøftes med grunneier og myndigheter. I årene etterpå forventes at arbeidsomfang gradvis vil avta. Det mangler en rekke grunnlagsdata for den hydrauliske og sedimentologiske modellen, hovedsakelig topografiske data som må måles opp og skjulmålinger (Midtre og nedre deler av Aurlandselva, hele Vassbygdelva og sideelver så vidt som relevant). Dessuten må det hentes inn og aktualiseres en rekke grunnlagsdata: Geologiske data, klimadata, hydrologiske data og ortofoto. Også her estimeres arbeidsomfanget som størst i 2013 (oppmåling), etterpå vil det avta (oppdatering).

Med grunnlagsdataene settes opp en hydraulisk og sedimentologisk modell (sedimentmodell). Dette skjer bare en gang (2013). Senere brukes modellen for å kjøre scenarioer og å finne løsninger. Modelleringen gir mulighet til å forutsi effekter av tiltak – både med tanke på biologiske virkninger (f.eks. gytesubstrat) og praktisk tekniske virkninger (konsekvenser for erosjon, flomvannstand o.l.). Med dette verktøyet blir det



Figur 90 Kart over tiltakene som er beskrevet i Tabell 8.

mulig å finne effektive tiltak som lar seg forene med andre bruksinteresser. Dessuten vil modelleringen være en forutsetning for en rekke tiltak som krever godkjenning fra myndigheter og grunneier. Modellverktøyet er viktigst i starten når tiltakene planlegges og detaljeres, så vil behovet avta sammen med tiltaksplanlegging. Modelleringen vil også brukes for å utrede og å vurdere biologiske effekter – f.eks. for å vurdere vannhastigheter, skjærspenning eller sedimenttransport på gytehabitat.

I motsetning til tiltaksplanleggingens intensitet som varierer mellom årene vil den grunnleggende overvåkingen være relativt stabil over alle 5 år. Gytefisktelling bygger på en årrekke med data og gir en utmerket grunnlag for å vurdere bestandsutvikling av laks og sjøaure, gytebestandsmål og egg tetthet. Dessuten indikerer data fra gytefisktellingene sjøoverlevelse, effekt av tiltak og en rekke trusselfaktorer. Tellingen gjennomføres en gang i oktober hvert år (med fokus på sjøaure) og kan suppleres med en ekstratelling (november, fokus laks) ved behov. El-fiske bør fortsettes som i de siste årene for å sikre en god dataserie. Det supplerende el-fiske bør fortsette siden det har som mål å overvåke effekter på ungfisktetthet direkte på de restaurerte tiltaksområdene (gyteplasser og sidebekker) siden stasjonsnett til NINA ikke dekker alle relevante områder. Overvåking av eggoverlevelse på de restaurerte gyteområder og på gammelt substrat (så vidt det finnes) gir en direkte indikasjon om fisken har brukt arealene og om de har reproduksjonssuksess. Dessuten er det kjent fra litteraturen at eggoverlevelsen kan avta på aldrende gyteplasser grunnet silting. Overvåkingen vil altså si noe om tiltakets effektivitet og eventuell vedlikeholdsbehov. Genetisk analyse av eggene vil fortelle oss hvilken art som har gytt der eggoverlevelse ble målt. Dette er avgjørende for å kunne skille laksens habitatbehov fra aurens og vil indikere om det går oppover med laksebestanden eller ikke. Eggdata gir oss dette tidligere enn el-fiske (7-8 måneder tidligere) og bidrar å avdekke eventuelle flaskehalsar i tidlige livsstadier. Dessuten vil identifisering av art være avgjørende for all forskning som bruker data fra prosjektet. Habitatkartleggingen består først og fremst av en kartlegging av substrattyper og -kvaliteter i hele det anadrome elvefarete inkl. sideløp og også i midten av elven siden arbeidet gjennomføres dykkende. Kartleggingen suppleres med skjulmålinger, måling av sedimentets fasthet (armering) og sammensetning (embeddedness, kolmation, finsedimentandel). Overvåkingen gjennomføres hvert år for å kunne se om tiltakene som fokuserer nettopp på substratsammensetning har effekt. På denne måten kan statusen til gunstig gyte- og ungfiskhabitat følges gjennom årene og vurderes i sammenheng med tiltakene, vannføring, sedimenttransport. Tiltaksovervåking er i mange publikasjoner om restaurering (Jungwirth et al. 2003, Gough et al. 2012) fremhevet som viktig for å forstå effekter og for å kunne gjøre endringer underveis i et prosjekt, men er som oftest manglende eller så lite omfattende at man ikke kan avgjøre om tiltak har effekt eller ikke. Endringer i sedimentsammensetning og særlig innenfor grusfraksjonen vil ha effekter på bunndyr. Dessverre finnes det lite data om bunndyr på restaurerte gyteplasser eller ungfiskhabitat. Vi har derimot lagt merke til at det var påfallende mye bunndyr å finne i

grusen under overvåking av eggoverlevelse i mars 2011 og 2012. Vi vil derfor følge med utviklingen i bunndyrsamfunnet på restaurerte sedimenter og referansestasjoner. Muligens kan tiltakene bedre produksjonsbetingelser for fisk via næringsdyr og ikke bare via direkte stand- og gyteplasser.

Ved all planlegging, overvåking og tiltak forutsettes et godt samarbeid med de foregående forskningsprosjekter KUSTUS og EnviDORR slik at det kan tas hensyn til erfaringer, data og kunnskap fra de forskjellige prosjekter. Alle arbeider forutsetter innvilgning og samarbeid med grunneierne. NVE, Fylkesmannen og andre berørte myndigheter bør involveres når det er nødvendig.

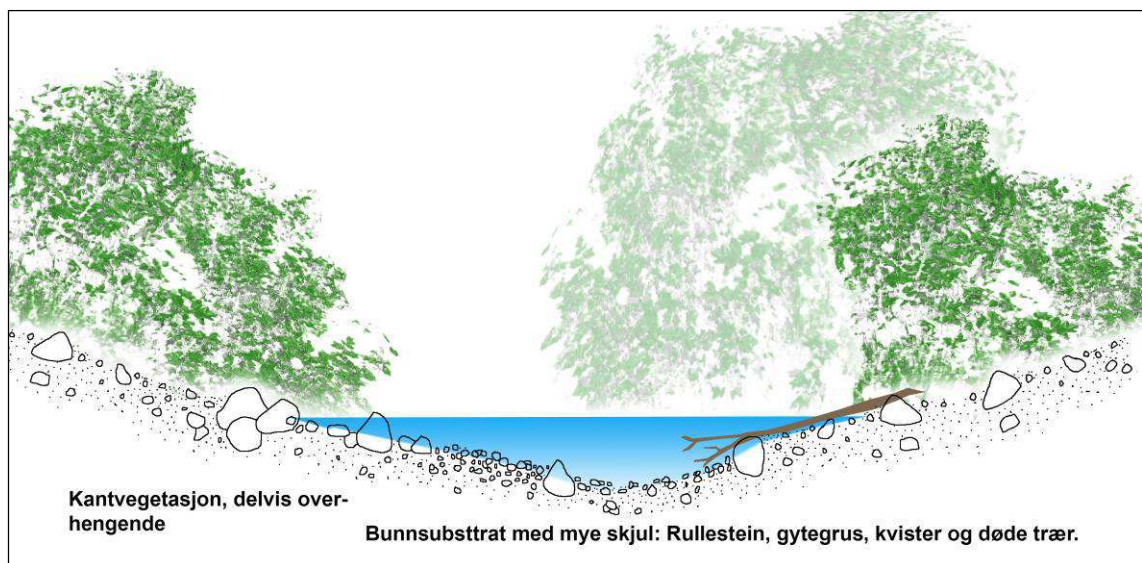
5.1 Grusmanagement, elverestaurering og harving

Som beskrevet i kapitel ovenfor kan grusmanagement og elverestaurering være bærekraftige og effektive metoder til å skape bedre habitatforhold for fisk i Aurlandselva og i deler av Vassbygdelva. Tiltakene krever en detaljert planlegging for å kunne lykkes og for å unngå uønskete effekter. Grunneier og myndigheter må involveres siden flere interesser er berørt. Som grunnlag kreves en vurdering av hydrologiske og geomorfologiske rammebetingelser (Kondolf 2000), en detaljert kartlegging av dagens substratforhold og en modellering av elvens transportkapasitet og sedimentasjonsområder (sedimentmodell). Så kan tiltakspakkene utformes, dimensjoneres og visualiseres. Det anbefales å begynne med å skaffe nødvendig datagrunnlag og å starte planleggingen i 2013. Realisering av tiltak kan så forventes fra 2014. Det samme gjelder i utgangspunkt for harving i stor stil. Inntil såne store tiltakspakker er klar for gjennomføring (2014 og senere) bør lokale tiltak fortsettes – som i de siste tre årene. Høsten 2013 bør det derfor gjennomføres lokale grusutlegg og harving, særlig i de områder som har lite gyteareal og skjul (se Figur 23).

5.2 Sideløp

Tokvamsbekken og Klekkeribekken var preget av stilleflytende vann og mye finsediment. Dette har endret seg gjennom justering av tersklene i september 2012. Det som gjenstår her til å skape de ønskete habitatbetingelser er å legge ut døde trær og plante kantvegetasjon i de områder hvor bredden gir lite skjul. 2013/14 bør det plantes gråtor (fra nærområdet) og selje som stiklinger. Stiklingene tas fra seljetrær på stedet gjennom å kutte passende kvister. Stiklinger og trær må beskyttes mot beitende dyr med netting. Det regnes med 20-50 or for Tokvamsbekkene og 20-30 for Klekkeribekken. Seljebehovet ligger i samme størrelsesklassen og bestemmes på stedet. Langs og i hele bekken legges ut døde trær eller store kvister (Figur 94). Det regnes med et behov av ca. 50 trær/kvister mellom 5 og 10 m høyde for begge bekker. Trærne skaffes lokalt i samarbeid med E-CO Energi og

grunneierne. Trærne festes med påler og rullestein slik at de ligger stabile også ved flomvannføring. Så vidt som mulig legges trærne ut per hånd høsten 2013 eller våren 2014. Dersom nødvending suppleres arbeidet med maskinarbeid når det er frost. Når sommervannføring kjøres bør innløpene i sideløpene følges opp og eventuell justeres slik at vannføring i bekken tilpasses i forhold til den nye utformingen. Dette bør gjennomføres i mai. Tetthet av trær er dimensjonert slik at ikke hele bekken vil dekkes eller skyggelegges. Istedenfor skal det skapes en mosaikk av vegetasjon og varierende substrat- og vegetasjonstyper som gir mye skjul og god næringstilgang (Figur 91-Figur 95).



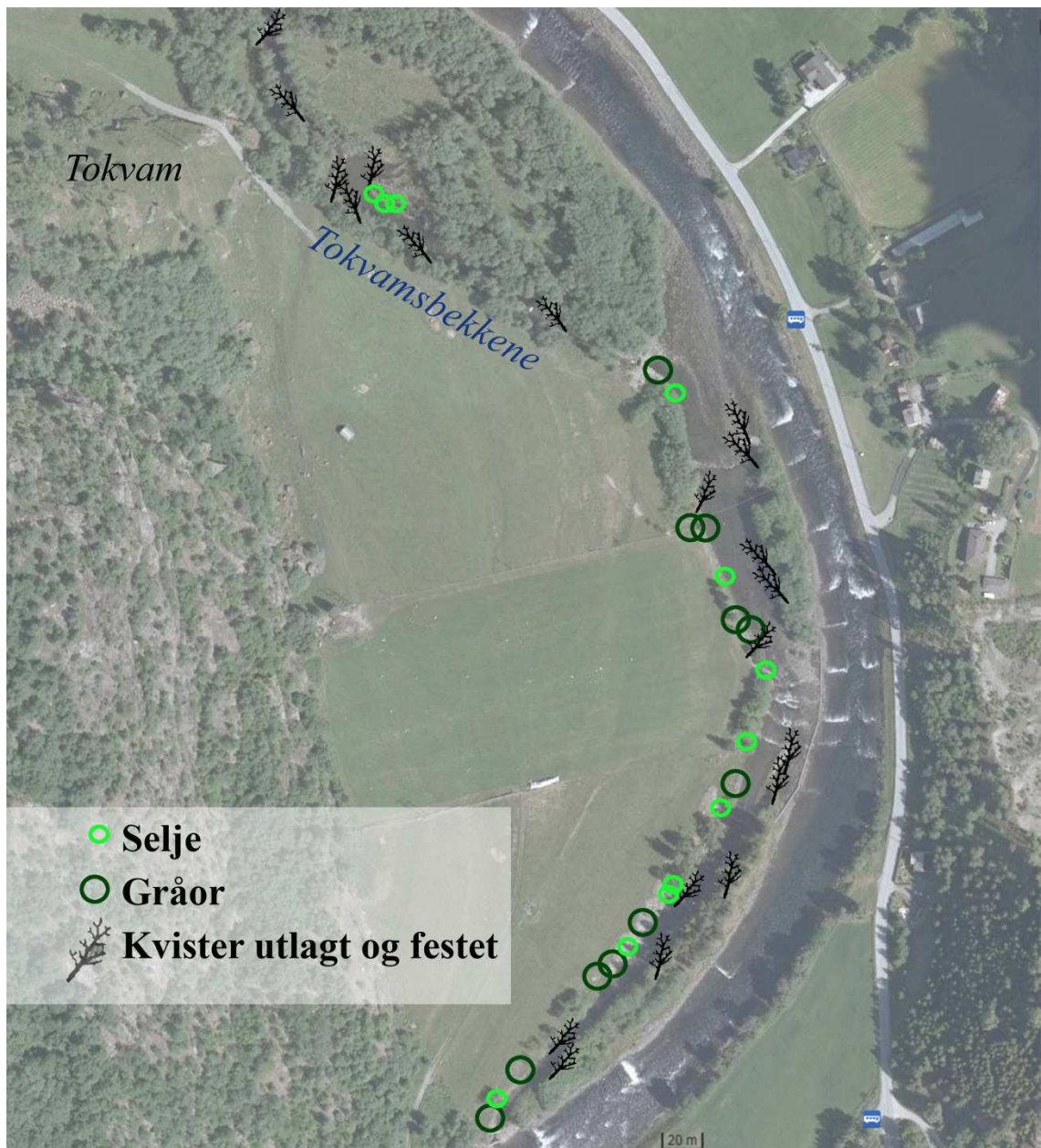
Figur 91 Målsetting for Tokvamsbekken og Klekkeribekken (tverrprofil): En mosaikk av rullestein, gytegrus, delvis overhengende vegetasjon, kvister og døde trær skal gi bestmulige forhold for ungfisk av sjøaure.



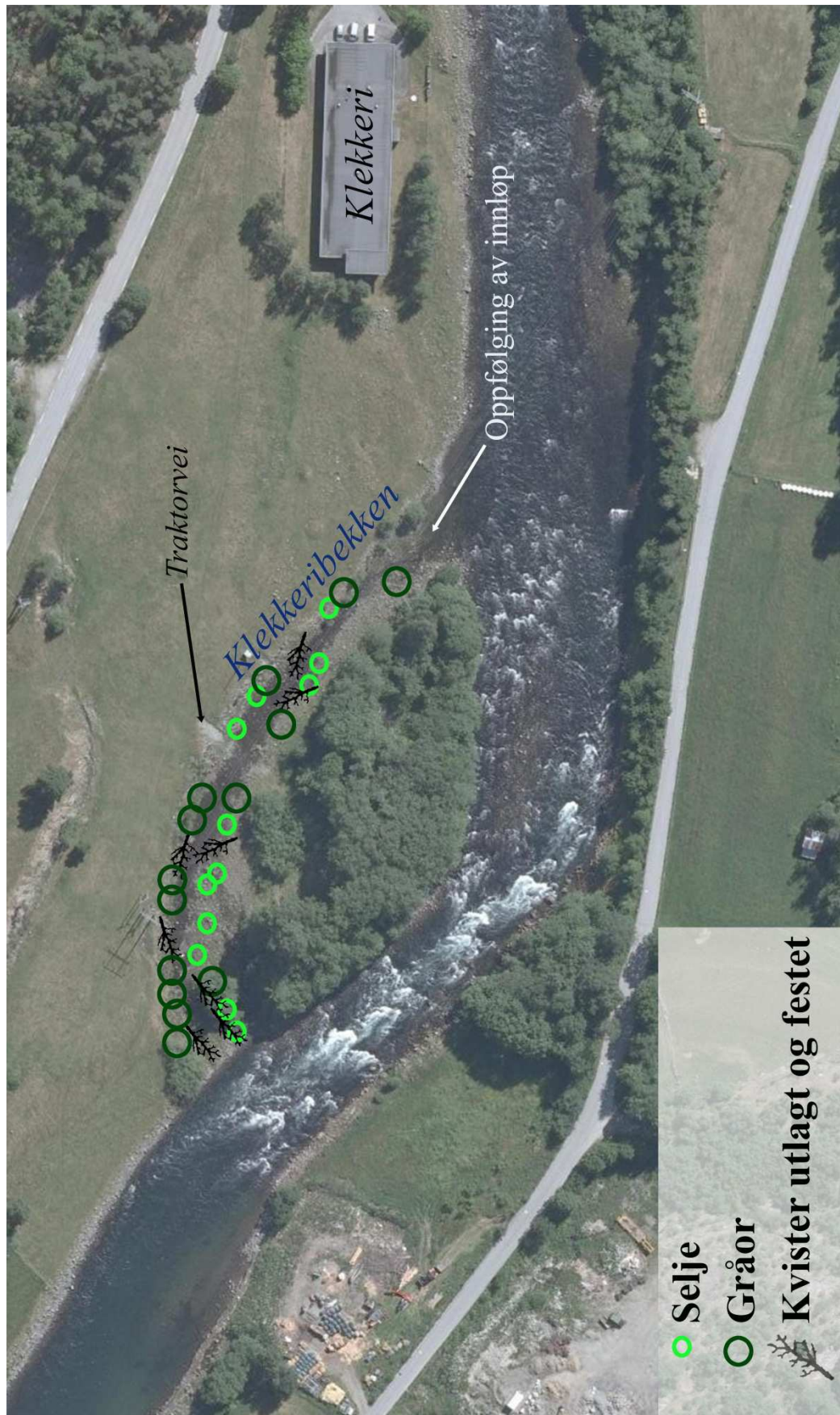
Figur 92 En bekk med meget gode fysiske forhold for sjøaurengel: Mye skjul, mange standplasser og mye gyteareal og høye fisketettheter (fra Kleivlandsbekken). Bekken er et idealbilde for utforming av sideløpene.



Figur 93 Aurengel finner mye skjul og næring i og ved døde trær eller røtter (bilde fra Æneselva).



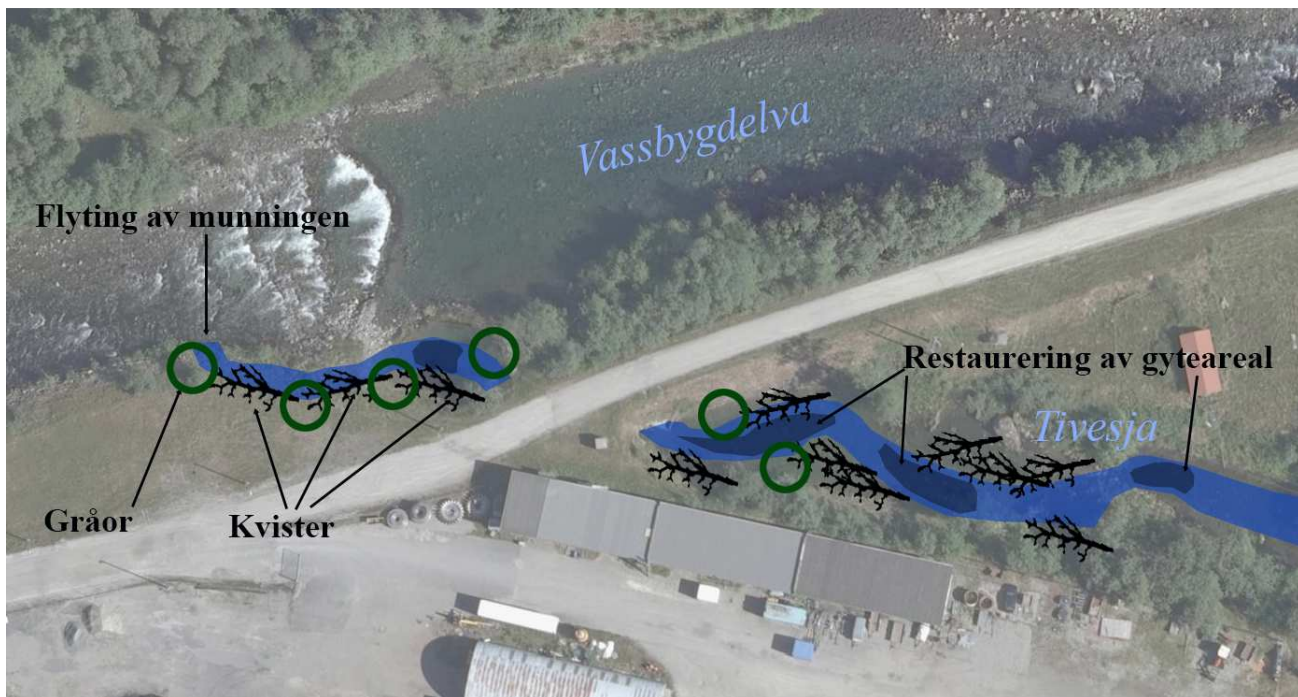
Figur 94 Tiltak langs Tokvamsbekkene 2013-14: planting av trær og utlegging og festing av kvister



Figur 95 Tiltak ved klekkeribekken våren 2013: planting av trær og utlegging og festing av kvister

Tivesja

For nedre deler av Tivesja planlegges justeringer etter samme prinsipp som i Tokvam: Tersklene bør senkes for å bedre substratforholdene. Utløpet i Vassbygdelva bør flyttes nedenfor terskel i Vassbygdelva for å kunne øke fall i Tivesja. Dessuten møter den nye munningen dypålen i Vassbygdelva noe som vil gjøre innløpet til Tivesja lettere å finne for oppvandrende fisk. Utover dette vinner man noen m² bekkeareal. Under tillaging av dette nederste løpet bør det brukes duk i undergrunn for å redusere eventuell infiltrering i den porøse undergrunnen. Justering av terskler bør fortsettes oppover Tivesja til ca. 100 m ovenfor kulverten. Substrat bør renses fra finsediment gjennom harving. Det går ut i fra at det finnes nok gytegrus i under toppdekket i bekkebunnen – dersom det ikke er tilfelle bør grus utlegges slik at det skapes 4-6 gyteplasser i nedre Tivesja. Kantvegetasjonen suppleres med erosjonssikrende gråor (Figur 96). Dessuten legges ut kvister/døde trær (ca. 10 5-10 m kvister/trær) som festes med påler. Egned tidsrom for gjennomføring er sommer 2013.



Figur 96 Habitattiltak i nedre deler av Tivesja

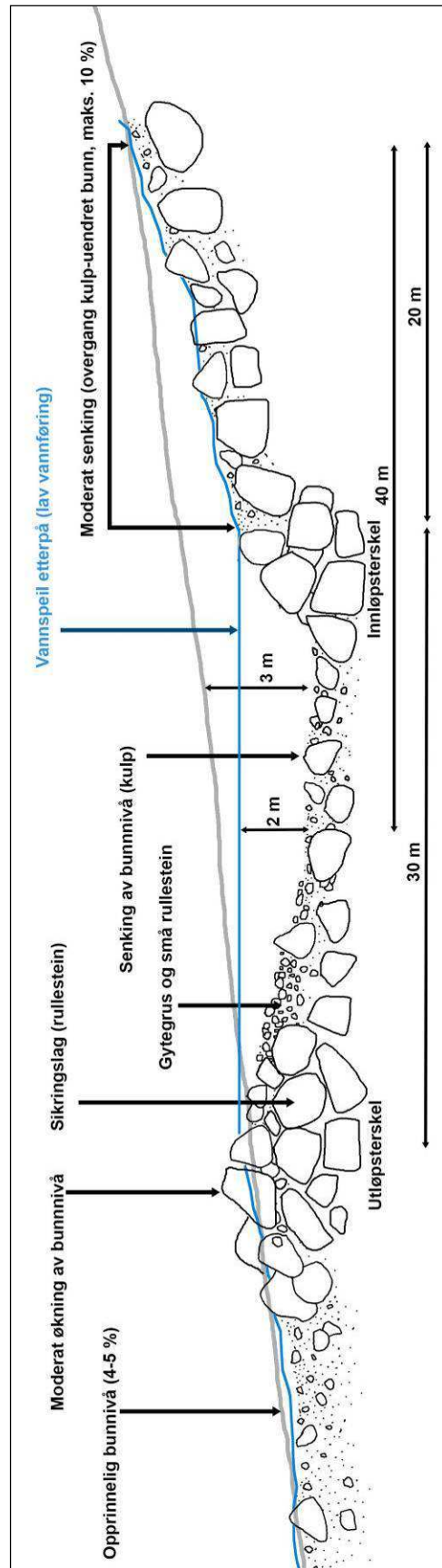
Midjeelva

Det har lenge vært vurdert å restaurere Midjeelva som fiskeelv (Sægrov et al. 2000). Det ble forslått å bygge terskler som skal sikre vannføringen i lavvannsperioder. Handling har derimot uteblitt og fortsatt er Midjeelva uten nevneverdig fiskeproduksjon siden elven tørrfaller i store deler særlig om vinteren.

For å sikre vannføring finnes det to muligheter 1. sikre en minste vannføring gjennom vannslipp/pumping og eller 2. habitattiltak som optimaliserer vanndecket areal med en gitt

vannføring. Kost-nytte effekten med 2.) vil være størst dersom man lykkes å skape et varig vannspeil. Det foreslås derfor å prøve fysiske habitattiltak som sørger for at det finnes vann året rundt også i lavvannsperioder og om vinteren. Det tas utgangspunkt i den naturlige situasjonen, der det var kulper som holdt vann gjennom hele året og der ungfisk og vinterstøinger kunne overleve. Terskler som tidligere ble foreslått synes ikke å være hensiktsmessig siden de vil heve vannspeilet – noe som er vanskelig med så porøse grunnforhold som det er langs Midjeelva. I stedet foreslås å senke elvebunnen og å lage kulper som kan nyttiggjøre seg grunnvannet i det porøse steinlaget (Figur 97). Det er usikkert om grunnvannet kan nås med denne metoden og om gjennomstrømmingen er nok for å unngå totalfrysning. Men siden kost-nytte-effekten kan være stor bør det prøves med 2-3 testkulper som bygges sommer 2014 og følges opp etterpå. Testkulpene bør ligge i øvre tredel av anadrom del i Midjeelva der er sansynligheten størst å finne grunnvann og å kunne samle viktige erfaringer for for resten v elven. Figur 97 viser en prinsipptegning gjennom en prøvekulp. Legg merke til at senking av bunnivået må begynnes ca. 20 m ovenfor kulpen siden gradienten er bratt i Midjeelva (0,04-0,05). Uten en sånn overgang oppstår bratte trinn som vil virke som vandringshinder. Både innløp, kulpens bunn og utløp bør sikres med stein som er stor nok for å tåle flomvannføring (> 1-2 m). Stein hentes fortrinnsvis fra elva og sidene. Tegningen viser at det er mulig å nå dyp som ligger under 3 m av dagens bunnivå. Elvebunnen i inn- og utløp bør utformes uregelmessig med høy ruhet. I kulpen bør det legges ut gytegrus og mindre rullestein (20-40 cm) på og mellom større rullestein for å skape gode habitatbetingelser. Siden det satses på å bruke grunnvann trengs det ikke tetting. Skulle det ved graving vise seg at det ikke finnes grunnvann i det hele tatt kan det prøves å tette undergrunnen med duk og filtermasser under sikringslaget. På denne måten kan det eventuell samles nok vann – oddsen vurderes imidlertid som dårlig siden det vanskelig å få til 100%-tetting i en elv og at helt stillestående vann uten grunnvannskontakt er svært utsatt for bunnfrysing.

Med hjelp av temperatur- og vannstandslogger vil det være mulig å bedømme vannforsyning gjennom året også under isen. Dessuten bør det legges ut sjøaurerogn som vil indikere betingelsene i hele tidsperioden ved sjekk året etter. Dersom forsøket viser at kulper fungerer som ønsket bør det skapes 10-15 sånne lavvannskulper i hele anadrom del av Midjeelva. Med dette kan Midjeelva få tilbake den opprinnelige karakter samtidig som fisk og rogn kan overleve i godt fordelte refugier og bruke hele elven ved større vannføringer. På brekkene av kulpene bør det legges ut gytegrus siden de finnes lite grus i Midjeelva i dag. Ellers vurderes habitatforhold som gode, det finnes mye skjul og tett kantvegetasjon hele veien.



Figur 97 Prinsipp tegning gjennom en prøvekuip (lengdeprofil). Prosenttallene angir helning.

Tiltak høst 2013 og vår 2014

Som beskrevet ovenfor vil større tiltakspakker (grusmanagement, restaurering) ikke være klare for gjennomføring før 2014 siden de krever en mer omfattende planlegging. 2013 bør de lokale tiltakene fra årene før fortsettes, først og fremst tiltak ved sideløpene, grusutlegg og harving. Tiltakene, anbefalt tidsrom og omfang er beskrevet i tabellen nedenfor.

Tabell 9. Oversikt tiltak i nærmere fremtid

Tiltak	Omfang	Tidsrom
Tivesja – justering av terskler og elveløp	2 dager gravemaskin, ca. 25 m ³ rullestein og 16 m ³ gytegrus	I slutten av september 2013
Grusutlegg	Supplerende lokale utlegg, særlig i områder med lite gyteareal, ca. 100-200 m ³ gytegrus, gravemaskin og lastebil i 2-3 dager	I slutten av september 2013
Døde trær	Flere lass med døde trær for utlegging i Tivesja, Tokvams- og Klekkeribekken. Wire og stein for festing av trærne.	Høst 2013, vinter 2013/2014
Planting av kantvegetasjon	Supplering av kantvegetasjon langs sideløpene Tivesja, på Tokvam og ved Klekkeriet – i samarbeid med elveeierlaget, skoler eller ungdomsgrupper	Vår 2014
Midjeelva	Etablering av testkulper med varig vannspeil	Høst 2013 til høst 2014
Rognplanting	Rognplanting bør fortsettes som i de siste årene, særlig i sideløpene og ovenfor Sitjandefossen	Vår 2014



Figur 98 Sjøaureho i Aurlandselva 2011

6 Sammendrag

Kartlegging av gyteforhold i Aurlandsvassdraget i 2009 har vist at bare 0,2 % av elvearealet hadde substrat og hydrauliske forhold som var egnet til gyting av sjøaure eller laks. Om lag 27% av elvearealet i Aurlandselva og 25 % i Vassbygdelva hadde en avstand til nærmeste gyteareal som var større enn 100 m – en indikasjon for at potensial for ungfiskproduksjon ikke var utnyttet. I de følgende årene (2010-2012) ble det prøvd å øke gytearealene ved utlegging av gytesubstrat og ved harving av elvebunnen. På denne måten ble andel gyteareal økt til 1 % av elvearealet i Aurlandselva og 0,7 % i Vassbygdelva. Elveareal med avstand større enn 100 m til nærmeste gyteplass ble redusert til henholdsvis 17 og 21 %. Sjøauren tok raskt i bruk de nye gyte plassene. Laksen var i mindre grad representert på gyteområdene, noe som gjenspeiler den generelt lave laksebestanden i vassdraget. Antall gytefisk steg markant fra 439 sjøaurer (2009) til 1034 (2012), antall laks fra 12 (2009) til 86 (2011) og 61 (2012). Alle grusutlegg som ble undersøkt ble brukt av gytende fisk. Eggoverlevelse var gjennomgående høy (> 90%), med unntak av utleggene på Osen, i Vassbygdelva og nederst i Aurlandselva hvor grusen var preget av et høyere innslag finsediment (overlevelse 60-70%). Det konkluderes med at mangel på gyteareal var en flaskehals for ungfiskproduksjonen, særlig på elvestrekninger hvor avstanden til gyteområder var stor. Utlegging av gytegrus har bidratt til å bedre gyteforholdene i elven, men totalt sett er gytearealet i Aurlandselva fortsatt lavt og trolig begrensende for ungfiskproduksjonen.

Kartlegging av sidebekker (2011) viste at store arealer hadde dårlige habitatforhold grunnet overdimensjonerte terskler som sørget for sedimentering av finstoffer og ugunstige substratforhold (Klekkeribekken, Tokvamsbekken, Tivesja) eller for lav vannstand i perioder (Midjeelva). Klekkeribekken og Tokvamsbekken ble restaurert i 2012 hovedsakelig middels justering av terskler. Tiltaket bør suppleres med planting av kantvegetasjon og utlegging av kvister/døde trær våren 2013. Effekt på fiskeproduksjon bør følges opp.

Det ble laget en tiltaksplan som bygger på erfaringene med restaurering av gyte plasser og tiltak i sideløpene 2010-2012. For å skape bedre gyteforhold og ungfiskhabitat i Aurlandselva og Vassbygdelva foreslås det å satse på elverestaurering, grusmanagement og harving fremover. Arbeidet i sideløpene bør følges opp og fortsettes med habitattiltak i Tivesja og Midjeelva.

7 Litteratur

- Acornly R.M., Sear D.A. 1999. Sediment transport and siltation of brown trout (*Salmo trutta* L.) spawning gravels in chalk streams. *Hydr. Proc.* 13: 447-458.
- Anon. (2011) Status for norske laksebestander i 2011. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 3, 285 sider.
- Armstrong J.D., Kemp P.S., Kennedy G.J.A., Ladle M., Milner N.J.. 2003. Habitat requirements of Atlantic salmon and brown trout in rivers and streams. *Fisheries Research* 62: 143-170.
- Barlaup, B. T. & V. Moen 2001. Planting of salmonid eggs for stock enhancement – a review of the most commonly used methods. *Nordic Journal of Freshwater Research*, 75: 7-19.
- Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.-E., Skoglund, H. & Wiers, T. 2008. Addition of spawning gravel – a means to restore spawning habitat of Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) and brown trout (*Salmo trutta* L.). *River research and Applications*, 24: 453-550.
- Binder, W., Gabel, G., Groebmaier, W. 2002: *Flusslandschaft Isar*. Bayerisches Landesamt fuer Umwelt. Muenchen
- Bjørn, P.A., Nilsen, R., Llinares, R.M.S., Asplin L., Boxaspen, K.K., Finstad, B., Uglem, I., Kålås, S., Barlaup, B. & Vollset K.W. (2011) Sluttrapport til Mattilsynet over lakselusinfeksjonen på vill laksefisk langs norskekysten i 2011. Rapport fra Havforskningen, nr. 19-2011. 34 s.
- Bohlin, T., Hamrin, S., Heggberget, T.G., Rasmussen, G. and Saltveit, S.J. 1989. Electrofishing - theory and practice with special emphasis on salmonids. *Hydrobiologia* 173: 9-43.
- Borsanyi, P., Knudsen, A., Harby, A., Ugedal, O., Kraxner, C. 2004: A Meso-scale Habitat Classification Method for Production Modelling of Atlantic Salmon in Norway. *Hydroécol. Appl.* (2004) 14 Vol. 1, pp. 119-138
- Clay, C. H.1995: *Design of fishways and other fish facilities*. CRC-Press, Boca Raton, Florida
- Crisp DT, Carling PA. 1989. Observation on silting, dimensions and structures of salmonid redds. *Journal of Fish Biology* 3: 119-134
- Crisp, D.T. 1981. A desk study of the relationship between temperature and hatching time for the eggs of five species of salmonid fishes. *Freshwater biology* 11:361-368.

- Crisp, D.T. 1988. Prediction, from temperature, of eying, hatching and 'swim-up' times for salmonid embryos. *Freshwater biology* 19:41-48.
- Direktoratsgruppen (2009) Klassifisering av miljøtilstand i vann - Økologisk og kjemisk klassifiseringssystem for kystvann innsjøer og elver i henhold til vannforskriften. Veileder 01:2009. (www.vannportalen.no).
- Einum S, Nislow KH, Reynolds JD, Sutherland WJ. 2008. Predicting population responses to restoration of breeding habitat in Atlantic salmon. *Journal of Applied Ecology* 45: 930-938.
- Einum S, Nislow KH. 2005. Local-scale density-dependent survival of mobile organisms in continuous habitats: an experimental test using Atlantic salmon, *Oecologia* 143: 203–210
- Einum, S. & Fleming, I. 2001: Implications of stocking: Ecological interactions
- Elliot JM. 1994. *Quantitative Ecology and the Brown Trout*. Oxford University Press. Oxford, New York, Tokyo.
- FAO 2002: *Fish passes - design dimensions and monitoring*. Food and Agriculture organization of the United Nations. ISBN 92-5-104894-0. Roma
- Fjeldstad H-P., B. T. Barlaup, M. Stickler, S. - E. Gabrielsen and K. Alfredsen 2012: Removal of weirs and the influence of physical habitat in a Norwegian River. *RRA River Res. Applic.* 28: 753-763 (2012)
- Forseth, T. & Forsgren, E 2008: *El-fiskemetodikk – Gamle problemer og nye utfordringer*. NINA Rapport 488, 74 s.
- Frisell C.A., Liss W.J., Warren C.E., Hurley M.D., 1986: "A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context", *Environmental Management*, Vol.10, 199-214
- Gabrielsen, S-E., Barlaup B. T., Skoglund, H., Wiers, T. 2007: Rognplanting, etablering av et nytt gyteområde og gytefisktelinger i Flekke og Guddalsvassdraget. Rapport Laboratorium for Ferskvannøkologi og Innlandsfiske, Universitetet i Bergen, Bergen
- Gabrielsen Sven-Erik, Bjørn T. Barlaup, Helge Skoglund Godtfred A. Halvorsen, Ole Sandven, Tore Wiers, Gunnar B. Lehmann, Bjørnar Skår, Ulrich Pulg, Knut Wiik Vollset & Eirik Straume Normann 2013: "LIV" – livet i vassdragene. Langsiktige undersøkelser av laks og sjøaurebestander i seks regulerte elver i perioden 2006-2012. ISSN NR: ISSN-1892-889 LFI-RAPPORT NR: 194, LFI UNI MILJØ, Bergen

- Gough, P., Philipsen, P., Schollema, P.P. & Wannigen, H. 2012: From Sea To source; International Guidance for the restoration of fish migration highways. Regional Water Authority Hunze en Aa's. Veendam.
- Hanfland, S., Schnell, J. Ekart, C., Pulg, U. 2010: Lebensraum Fließgewässer entwickeln und restaurieren. 2. Auflage, Landesfischereiverband Bayern e.V. Muenchen. 76 s.
- Hauer, Ch., Unfer, G., Tritthart, M., Habersack, H. 2011: Effects of stream channel morphology, transport processes and effective discharge on salmonid spawning habitats. *Earth Surf. Process. Landforms* 36, 672–685
- Jungwirth M, Haidvogel G, Moog O, Muhar S, Schmutz S. 2003. *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*, Facultas Universitätsverlag, Wien
- Klemetsen A, Amundsen P-A, Dempson JB, Jonsson B, Jonsson N, O'Connell MF, Mortensen E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* L.: a review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1–59.
- Kondolf GM, Sale MJ, Wolman MG. 1993. Modification of Fluvial Gravel Size by Spawning Salmonids. *Water Resources research* 29/7: 2265-2274
- Kondolf GM, Vick JC, Ramirez TM. 1996. Salmon spawning habitat rehabilitation on the Merced river, California. *Transactions of the American Fisheries Society* 125: 899-912.
- Kondolf GM. 2000. Assessing Salmonid Spawning Gravel Quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262-281.
- Kondolf GM. 2000. Assessing Salmonid Spawning Gravel Quality. *Transactions of the American Fisheries Society* 129: 262-281.
- Leopold, L.B., Wolman, M.G., Miller J.P. 1964: *Fluvial processes in geomorphology*. Freeman, San Fransisco, CA.
- Louhi P, Maeki-Petaeis A, Erkinaro J. 2008. Spawning habitat of Atlantic Salmon and brown trout: General criteria and intragravel factors. *River Research and Applications*: 24: 330–339
- Moen, V. 1996. Otolitt-merking av laks. Massemerking av rogn og yngel ved tilsetting av fargestoff i vannbad. SVLT-Oppdragsavdelingen. Rapport 1996.
- Normann, E. S. 2011: Spatial Distribution of Seatrout Spawning and the Effects on Juvenile Abundance in River Teigdalselva, Western-Norway. Master thesis. University of Bergen, Department of Biology, <https://bora.uib.no/handle/1956/5590>

- Opperman JJ, Lohse KA, Brooks C, Kelly MN, Merenlender AM. 2005. Influence of land use on fine sediment in salmonid spawning gravels within the Russian Rivers Basin, California. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 62: 2740–2751.
- Pulg U. 2009: Laichplaetze der Bachforelle (*Salmo trutta*) in der Moosach – die Bewertung ihrer Funktionsfaehigkeit, ihre Degradierung und ihre Restaurierung. Dissertation am Lehrstuhl fuer Landschaftsoekologie der Technischen Universitaet Muenchen. <http://mediatum2.ub.tum.de/node?id=680304>
- Pulg U., Barlaup, T.B., Sternekcker, K., Trepl. L., Unfer, G. 2013: Restoration of spawning habitats of brown trout in a regulated chalk stream. *Riv. Res. Applic.* 29: 172-182
- Sægrov H., Hellen, B.A., Jensen, A.J., Barlaup B.T., Johnsen, G.H. 2000: Fiskebiologiske undersøkelser i Aurlandsvassdraget 1989-1999. Oppsummering av resultaater og evaluering av tiltak. Rådgivende Biologer AS rapport 450. Bergen.
- Sægrov, H., Hellen, B.A., Kålås, S., Urdal, K & Johnsen G.H. (2007) Endra manøvrering i Aurland 2003 – 2006. Sluttrapport – Fisk. Rådgivende Biologer rapport nr. 1000. 103 s.
- Sættem, L.M. 1995. Gytebestander av laks og sjøaure. En sammenstilling av registreringer fra ti vassdrag i Sogn og Fjordane fra 1960-94. – Direktoratet for Naturforvaltning. Utredning nr. 7-1995. 107 sider.
- Skoglund, H. 2013: Temperatureffekter I Aurlandsvassdraget. Foredrag på EnviDORR møte Trondheim 24.6. 2013. UNI MILJØ LFI. Bergen.
- Skoglund, H., Barlaup, B.T., Gabrielsen, S.-E. & Wiers, T. 2007: Fiskebiologiske undersøkelser i Bjoreio, Eidfjordvassdraget, i perioden 2004-2006 - med vekt på vintervannføring og temperaturforhold. LFI-rapport nr 136. 67 s.
- Skoglund, H., Bjørn T. Barlaup, Sven-Erik Gabrielsen, Gunnar B. Lehmann, Godtfred A. Halvorsen, Tore Wiers, Bjørnar Skår, Ulrich Pulg & Knut Wiik Vollset 2012: Fiskebiologiske undersøkelser i Eidfjordvassdraget – sluttrapport for perioden 2004-2012. ISSN NR: ISSN-1892-889 LFI-RAPPORT NR: 203, LFI UNI MILJØ, Bergen
- Sømme I.D. 1941: Ørrethåndboka. Ørretfiske, ferskvannsfiske, fiskekultur. Jakob Dybwalds forlag: Oslo
- Soulsby, C, Youngson AF., Moir HJ, Malcolm IA. 2000. Fine sediment influence on salmonid spawning habitat in a lowland agricultural stream: a preliminary assessment. *The science of the total environment* 265: 295-307.

-
- Sutherland AB, Meyer JI, Gardiner EP. 2002. Effects of land cover on sediment regime and fish assemblage structure in four southern Appalachian streams. *Freshwater Biology* 47: 1791–1805.
- Ugedal, O. & Jensås, J.G. 2012: Elfiskeundersøkelser i Aurlandsvassdraget i 2009, 2010 og 2011. NINA notat for ECO-energi 18.6. 2013. NINA Trondheim
- Vogel, J.. 2011: Kleine und Grosse Steine – Gestörtes Geschiebegleichgewicht am Oberrhein. 41. Internationales Wasserbausymposium Aachen. Lehrstuhl fuer Wasserbau und wasserwirtschaft. Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen |
- Zeh M, Dönni W. 1994. Restoration of spawning grounds for trout and grayling in the river high Rhine. *Aquatic Sciences* 56/1: 60-69