

Helhetlig tiltaksplan og klimasårbarhetsanalyse for Sokndalsvassdraget



Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

Laboratorium for ferskvannøkologi og innlandsfiske (LFI)

NORCE Norwegian Research Center

NORCE LFI, Nygårdsgaten 112, 5008 Bergen, **Tel:** 55 58 22 28

ISSN nr: ISSN 2535-6623

NORCE LFI Rapport-nr. 486

Tittel: Helhetlig tiltaksplan og klimasårbarhetsanalyse for Sokndalsvassdraget

Dato: 21.04.2023

Forfattere: Ulrich Pulg, Christoph Hauer, Stephanie Mayer, Espen O. Espedal, Christoph Postler

Kvalitetssikret av: Jonathan Björklund

Bilder: Forfatterne, Ragnvald Immerstein (forsidefoto nederst til høyre)

Geografisk område: Rogaland, Norge

Antall sider: 96

Finansiering: Prosjektet pågikk i perioden 2021-2023 og ble finansiert av Dalane Vannområde og Sokndal Kommune. Arbeidet ble gjennomført av NORCE LFI (Bergen) og BOKU IWHW (Wien).

Kontaktpersoner: Trine Salvesen Røyneberg

Emneord: Flom, flomtunell, vannmiljø, laks, sjøaure, bunndyr, klimatilpasning, miljøtiltak, restaurering, klima

Sammendrag: I et tverrfaglig samarbeid som inkluderer ferskvanns- og restaureringsbiologi, klimaforskning, hydrologi og hydraulikk vises at vassdragsmiljøet i Sokndalsvassdraget er påvirket av en rekke fysiske inngrep og forurensing. Etter at forsuring er håndtert ved kalking vurderes finsedimentutslipp fra Sandbekkområdet som hovedpåvirkning. Utslippene har ført til svært lite skjul i elvebunn med reduserte forhold for elvemusling og svært lave fisketettheter. Flomdemping med flomtunell vil medføre virkning på miljøforhold som har blitt undervurdert i tidligere studier. Det er særlig plantevekst og sedimenteringsforhold som vil endres ved flomdemping, men også elvemorfologi vil kunne påvirkes. Miljørisikoen økes betydelig fordi det finnes allerede en storskala og langvarig finsedimentforurensing i vassdraget. Problemvekst av vannplanter og opphoping av sediment vil ved siden av miljøeffekter påvirke landbruk, ev. vannbruk, friluftsliv og kunne føre til lokal oversvømmelsesfare (krypsivproblematikk). Hydraulisk modellering viste at en flomtunell fra Lono i kombinasjon med elverestaurering og sikringstiltak vil kunne være et alternativ som gir lavere kostnader og mindre miljørisiko. Omfang av miljøpåvirkning vil avhenge hvilken type flomdemping som velges, beliggenhet av flomtunell og ved hvilken vannføring flomdemping begynnes.

Det viktigste tiltaket for å avbøte negativ miljøpåvirkning av flomdemping er å stoppe ytterligere finsedimentutslipp fra Sandbekkområdet og skånsom rensing av elvebunn som er påvirket av finsediment derfra. Dette vil kunne flerdoble fisketetthetene som er svært lave i dag. Deretter vil prioritering av miljøtiltak være avhengig av valgt scenario og omfang av flomdemping. Demping av mindre flommer (< Q20) kan føre til omfattende vedlikeholdsbehov av vassdraget for å sikre naturverdier (særlig fisk og elvemusling), landbruk, friluftsliv og hindre lokale oversvømmelser. I et slikt scenario kan det regnes med vedlikeholdsbehov for flere millioner NOK i året, først og fremst for rensing av sediment og fjerning av problemvekst (inkl. krypsiv). En kombinasjon av flomdemping fra Lono eller moderat demping fra Prestbro med utelukkende demping av ekstremflommer (>Q50) samt stopp av finsedimentutslipp og rensing av elvebunn fra Sandbekk og nedover vil kunne sikre miljøforhold og fiskeproduksjon samt bedre habitatet for elvemusling i forhold til 2020.

Et worst case scenario for miljøet vil være at finsedimentpåvirkningen fra Sandbekk fortsetter og det samtidig innføres en sterk flomdemping der også mindre flommer under Q20 dempes fra Prestbro. I så fall må det regnes med en sterkt redusert miljøtilstand med fare for at elvemusling forsvinner og laks- og ørretproduksjon reduseres sterkt. I tillegg må det regnes med problemvekst av planter inkludert krypsiv og opphoping av sedimenter med medfølgende konsekvenser for miljø, landbruk, friluftsliv og lokal oversvømmelsesfare nedenfor Prestbro.

Pulg, U., Hauer, C., Mayer, S., Espedal, E.O., Postler, C. 2023: Helhetlig tiltaksplan og klimasårbarhetsanalyse for Sokndalsvassdraget. NORCE LFI rapport 486. Norwegian Research Center LFI, Bergen.

Innhold

1	Innledning.....	4
2	Vassdragsmiljø og fiskehabitat.....	5
2.1	Innledning og metoder.....	5
2.2	Resultater.....	7
2.2.1	Flaskehalsanalyse fiskehabitat.....	45
2.2.2	Viktige påvirkningsfaktorer i vassdraget.....	49
3	Klimascenario og klimapåslag.....	50
4	Hydraulikk og hydrologi.....	52
4.1	Bakgrunn.....	52
4.2	Målsetting.....	53
4.3	Metode.....	53
4.3.1	Hydrodynamiske-modeller.....	53
4.3.2	Scenario 3.0.....	54
4.3.3	Scenario 3.1.....	54
4.3.4	Scenario 3.2.....	55
4.4	Resultater.....	56
4.4.1	Scenario 3.0.....	56
4.4.2	Scenario 3.1.....	59
4.4.3	Scenario 3.2.....	62
4.5	Konklusjoner.....	66
4.6	Flere hydrauliske og hydrologiske utredninger.....	66
5	Miljørisiko ved flomrisikohåndtering med flomtunell.....	67
5.1	Miljøeffekter.....	67
5.2	Miljøeffekter -i konsekvensutredning (KU).....	69
5.3	Naturreservat Årstad.....	69
6	Avbøtende miljøtiltak.....	70
6.1	Redusere miljøeffekter fra finsediment.....	70
6.1.1	Stopp av tilførsel av videre finmasser til vassdraget.....	71
6.1.2	Rensing av elvesediment ved fjerning av finsedimentavsetninger.....	71
6.1.3	Rensing av elvesedimentene ved hjelp av ripping.....	71
6.1.4	Rensing av elvesedimentene ved hjelp av flommer.....	71
6.2	Vedlikehold av undervannsvegetasjon.....	71
6.3	Gjenåpning av sideløp ved Kryptevika.....	74

6.4	Justere og fjerne terskler.....	75
6.5	Sikring av erosjon i leire og etablering av sideløp.....	76
6.6	Redusere utslipp og forurensing i vassdraget.....	78
6.7	Gjenopprette kantvegetasjon.....	78
6.8	Naturlig morfologi, utvidelse av aktivt elveløp og elveslette.....	79
6.9	Utlekking av steiner for økt hydraulisk variasjon.....	80
6.10	Tiltak for å lette oppvandring i Toksafossen og fossen ved Sandbekk.....	80
6.11	Fjerne terskel i øvre del av Litleåna.....	80
6.12	Aktualisere miljøvilkår i Lidland kraftverk.....	80
6.13	Sikring av konnektivitet for fisk og sediment ved tunellinntak.....	81
6.14	Tiltak – forurensere betaler prinsippet.....	87
7	Konklusjon.....	88
7.1.1	Klima.....	88
7.1.2	Flomrisikohåndtering.....	88
7.1.3	Miljøforhold.....	88
7.1.4	Miljøtiltak og effekter.....	89
8	Referanser.....	91

1 Innledning

Klimaendringer medfører en økende flomskaderisiko i mange vassdrag i Norge. Dette gjelder også Sokndalsvassdraget i Sokndal kommune, der bosetting på Hauge og en rekke andre områder er utsatt for oversvømmelse i en 200-årsflom.

Denne rapporten har som formål å beskrive miljøeffekter og risiko som følge av økt flomfare og aktuell flomrisikohåndtering. Det skal utvikles tiltak for å avbøte uønskete miljøeffekter og for å oppnå gjeldende miljømål. Arbeidet inkluderer vurdering av miljøeffekter og avbøtende miljøtiltak for en flomtunell, slik den er planlagt. Effekter og løsninger skal vurderes fra et helhetlig perspektiv som inkluderer klimaendringer, flomrisikohåndtering og miljøtiltak. Rapporten er derfor basert på et tverrfaglig samarbeid mellom hydrologer og hydrauliskere (BOKU Wien), klimaforskere (NORCE Klima), ferskvanns- og restaureringsbiologier (NORCE LFI).

De tre fagtemaene preger strukturen i rapporten: Vassdragsmiljø og fiskehabitat beskrives i kap. 2, der mye av datagrunnlaget kunne hentes fra en tidligere kartlegging av vassdraget (Skoglund et al. 2019). Klimaendringer omhandles i kap. 3 og flomrisikohåndtering i kap. 4. Deretter følger en vurdering av risiko og miljøeffekter (kap. 5) og forslag til tiltak (kap. 6). **Konklusjonen finnes i kap. 7 og dette kapitlet kan også leses som utvidet sammendrag, der leseren finner en god oversikt og kryssreferanser til kilder i resten av dokumentet.**

2 Vassdragsmiljø og fiskehabitat

Dette kapittelet bygger i stor grad på den tidligere kartleggingen av vassdraget med fokus på sedimentforhold og fiskehabitat (Skoglund et al. 2019).

2.1 Innledning og metoder

Sokndalsvassdraget munner ut ved Sogndalstrand ved Hauge i Dalane. Vassdraget er rammet av forsurening, noe som resulterte i at den opprinnelige laksebestanden trolig gikk tapt allerede i 1880-årene (Høgberget 2017). Det ble startet opp kalking i vassdraget i 1987, og laksebestanden har igjen tatt seg opp i perioden etter at kalkingen ble satt i verk. Vitenskapelig råd for lakseforvaltning vurderer gytebestandsmål og høstbart overskudd i vassdraget som *svært god*, mens genetisk integritet med hensyn til innblanding av rømt oppdrettslaks vurderes som *moderat* (Anon 2018). Per 2023 er det en kalkingsdoserer i Bakkaåna (Løtoft) og en doserer i Rosslandsåna. Det er også igangsatt bygging av en kalkingsdoserer på Mydland.

NORCE LFI (tidligere Uni Research Miljø) har kartlagt habitatforhold for laks og sjøaure i vassdraget. Kartleggingen ble utført etter prinsippene beskrevet i *Håndbok for miljødesign i regulerte laksevassdrag* (Forseth & Harby 2013) og Pulg m.fl. (2011), hvor det fokuseres på å beskrive gyteforhold og oppveksthabitat for ungfisk. Hensiktene med undersøkelsene var å identifisere mulige flaskehals for fiskeproduksjonen i vassdraget, samt å foreslå eventuelle tiltak for å styrke den naturlige rekrutteringen av laks og sjøaure. I tillegg ble det registrert ulike fysiske inngrep og synlige forurensningskilder i vassdraget, samt at det ble registrert forekomster av elvemusling.

Om lakseproduksjon og habitatforhold

Laks og sjøaure har ulike krav til habitatforhold gjennom livssyklusen, og en rekke studier har i den senere tiden påpekt at den romlige fordelingen av egnete habitatforhold for ulike livsstadier kan ha stor effekt på vassdragets bærekapasitet for produksjon av laksesmolt. Særlig viktig anses tilgangen til gyteområder for voksen fisk og skjulforhold for ungfisk. Nedenfor er det gitt en kort beskrivelse av sammenhengen mellom gyteområder, skjul og lakseproduksjon. Det faglige grunnlaget for dette har nylig blitt oppsummert i Aas et al. (2011) og sammenfattet i Forseth & Harby (2013), og det henvises til disse for ytterligere informasjon og referanser.

Gyteområder

Laksen gyter ved at eggene graves porsjonsvis ned i elvegrusen i såkalte «gytegroper». Det er hunfisken som konstruerer gytegroppen, og en hunfisk kan fordele eggene i flere slike gytegroper. Områder med gyteaktivitet kan ofte ses som et lysere felt med omrørt grus etter gyteperioden.

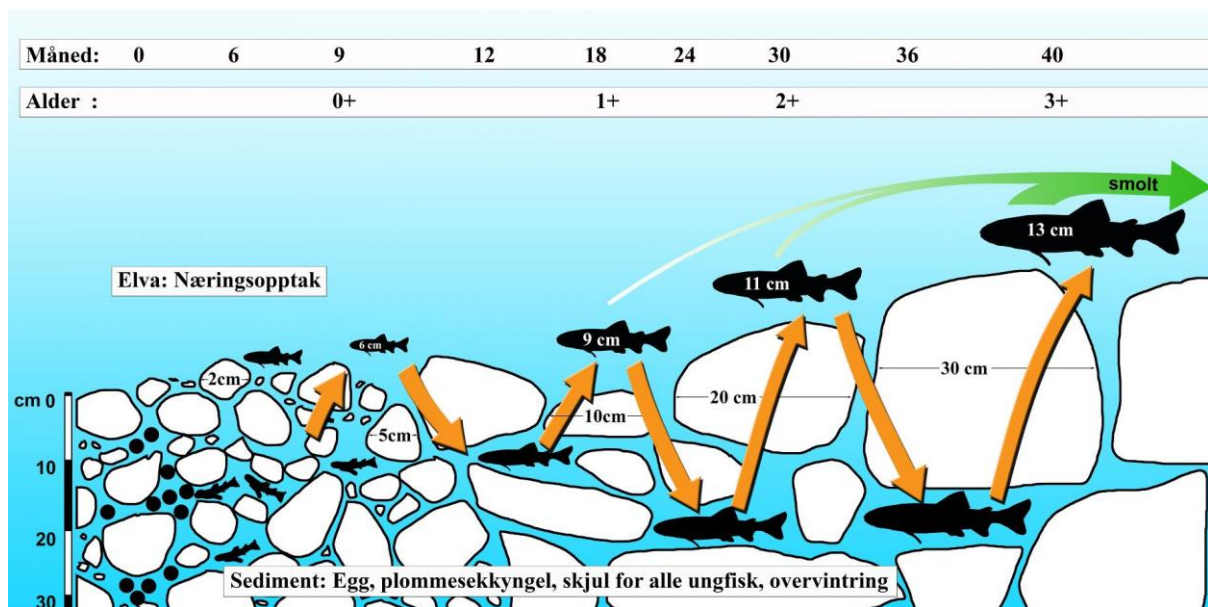
Laksen stiller strenge krav til valg av gyteplass, der sammensetningen av bunnssubstrat, vanddyb og vannhastighet synes å være de viktigste fysiske faktorene. Typisk finnes gyteområdene på forholdsvis grunne deler av elven (0,3-0,7 m, men også dypere) hvor elvebunnen består av grus og små stein, og på partier med akselererende vannhastighet (0,3-0,6 m/s). Utløpsområder («brekk») av kulper er ofte gode gyteområder. Fiskestørrelse spiller også en rolle, ettersom stor fisk gjerne benytter grovere grus og stein og større dyp enn mindre fisk. Som en følge av dette ser en også at laksen ofte gyter på dypere områder og på grovere substrat enn det auren gjør, men i praksis overlapper laksen og auren i stor grad og gyter ofte på de samme områdene. Det strenge kravet til valg av gyteplass resulterer i at det i mange tilfeller er kun et fåtall plasser i elven som har egnete forhold for gyting. Hvor slike områder

finnes, vil være avhengig av både geologiske (sedimenttilførsel) og hydrauliske forhold (vannhastighet og sediment transport) i vassdraget.

Fordeling og størrelse av gyteområder i vassdraget har stor betydning for rekruttering og dermed produksjon av lakseunger. De første ukene etter at yngelen har brukt opp plommesekken og kommer opp av grusen for å starte næringsopptak, er ofte en flaskehals for overlevelse for laks. Yngelen etablerer tidlig territorier som forsvares aggressivt mot inntrengere, noe som resulterer i en sterk tetthetsavhengig dødelighet. Yngelen som kommer tidlig opp av grusen vil ofte etablere territorier først i området i nærheten av gytegroppen, og fortrenger yngel som kommer senere. Yngel som taper i konkurransen om territorier blir fortrent (ofte nedstrøms), og vil ha langt dårligere overlevelsesmuligheter. Dette resulterer i at fordelingen av yngelen i tidlig livsfase ofte er «klumpet» i nærheten av gyteområdene.

Skjulforhold for ungfisk

Etter å ha overlevd den første kritiske yngelfasen, vil overlevelse og vekst av lakseparr frem til smoltstadiet være avhengig av både næringstilgang og habitatforhold. Lakseparr foretrekker ofte grunne partier med hurtigrennende vann, men kan også finnes på sakeflytende og dypere elvepartier. I de senere årene har flere studier fremhevet viktigheten av skjulområder for å kunne hvile og å unngå predasjon, og dette har vist seg å være et viktig element for overlevelse og produksjon av ungfisk (Finstad et al. 2009). Lakseparr finner som regel skjul i hulrom mellom steiner eller i vegetasjon og andre fysiske strukturer på elvebunnen. Tilgangen til skjulmuligheter i hulrom er sterkt knyttet til kornstørrelse og sammensetningen av bunnsubstratet. Det er hovedsakelig blokker og stein som gir gode skjulforhold, særlig for eldre ungfisk av laks, mens områder som er dominert av grus og sand vanligvis gir få muligheter til å skjule seg. I tillegg kan ungfisk finne skjul i tilknytning til vannvegetasjon, trær og andre strukturer i vannet.



Figur 1. Prinsippkisse for hvordan ulike livsstadier hos ungfisk hos laks og aure benytter bunnsubstratet.

Habitatflaskehals og begrensende faktorer

Et vassdrags potensial for lakseproduksjon påvirkes i stor grad av de fysiske habitatforholdene, og hvordan habitatressurser for ulike livsstadier er fordelt innad i vassdraget (Einum & Nislow 2011). Vekst og overlevelse hos ungfisk vil være avhengig av bestandstetthet. Dersom antall fisk er høyere enn ressurstilgangen vil vekst og/eller overlevelse reduseres, slik at bestandsstørrelsen tilpasses bæreevnen. Vi sier da at bestanden har gått igjennom en tetthetsavhengig flaskehals. Ettersom lakseyngelen har begrenset evne (eller motivasjon) til å spre seg, vil mengden og fordeling av gytehabitat i stor grad være bestemmende for hvor mye yngel som vil rekrutteres til et område. Dersom mengden gytehabitat på et område er liten, og avstanden til nærmeste gyteområde er stor, vil mengden yngel som tilføres et område kunne bli for lavt til at områdets potensiale for ungfiskproduksjon (bæreevne) blir utnyttet. Vi sier da at tilgang til gyteområder er en begrensende ressurs, og dermed en flaskehals for fiskeproduksjonen. Hvor mange yngel som overlever frem til smoltstadiet vil på sin side være avhengig av kvaliteten på oppveksthabitatet. For lakseparr er tilgang til skjul regnet som den viktigste begrensende ressursen, og dermed habitatflaskehals for parr. En ideell lakseelv har gyteområder som er godt fordelt innad i elven og som i tillegg har god tilgang til skjulområder i nærheten av gyteplassene.

Områdebeskrivelse

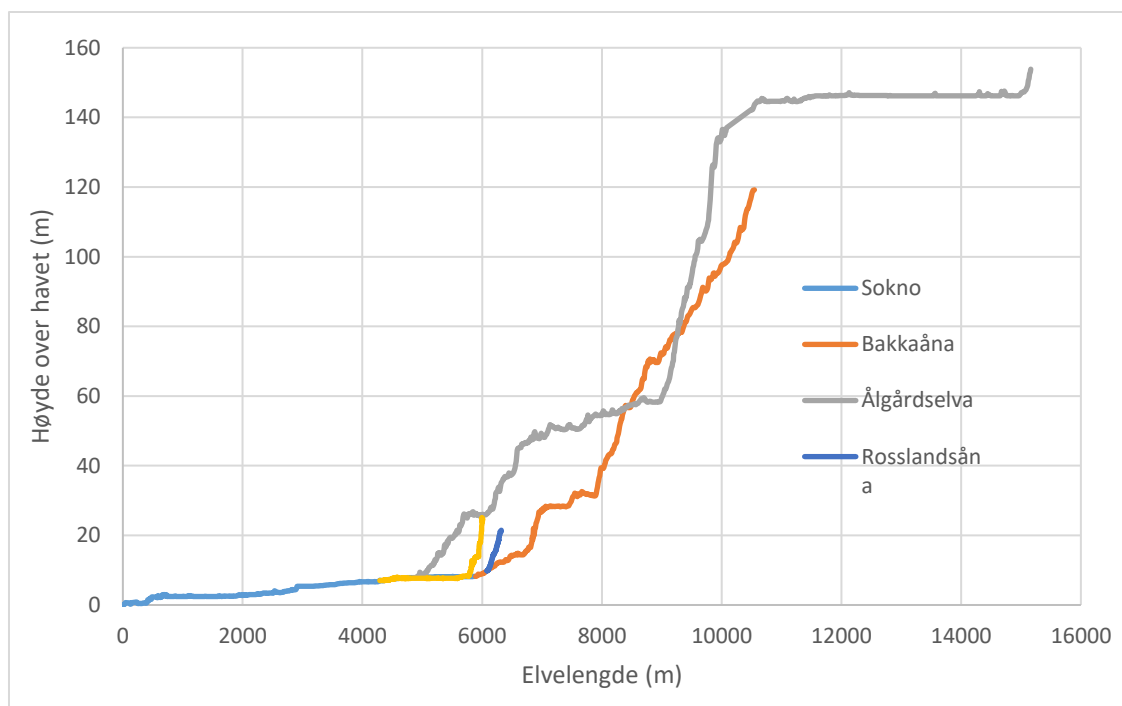
Sokndalsvassdraget (026.4Z) ligger i Sokndal, Lund og Eigersund kommune, og har sitt utløp ved Sogndalstrand ved Hauge i Dalane. Vassdraget har et nedbørfelt på 306 km² og en middelvannføring på 17,1 m³/s (www.atlas.nve.no). Nedbørfeltet består av snaufjell (44 %), skog (32 %), innsjøer (12 %), dyrket mark (2,8 %) og myr (1,2 %). Vassdraget består av fire hovedgreiner; Bakkaåna (Steinsvassdraget), Ålgårdselva (Myssavassdraget), Litleåna (Mydlandsvassdraget) og Rosslandsåna (Barstadvassdraget). Disse samles og utgjør hovedelva i nedre del som kalles Sokno eller Sokndalselva. Alle delene utgjør Sokndalsvassdraget. Vassdraget står oppført med en lakseførende strekning på 24,3 km, og et gytebestandsmål for laks på 861 kg hunfisk (www.lakseregisteret.no). Vassdraget har utløp i Kysten Jæren og Dalane nasjonale laksefjord. Gytebestandsmålet har i de senere årene vært oppnådd, og Vitenskapelig råd for lakseforvaltning klassifiserer bestandsstatus som *svært god* etter kriteriene i villaksnormen (Anon 2018). Bestanden klassifiseres som *moderat* med hensyn til genetisk integritet for innkryssing av rømt oppdrettslaks, noe som resulterer i at bestandene også klassifiseres som moderat totalt sett i henhold til kvalitetsnormen for villaks.

2.2 Resultater

Beskrivelse av vassdragsavsnittene

Kartleggingen omfattet en total elvestrekning på 17,7 km av de lakseførende strekningene i Sokno, Bakkaåna, Ålgårdselva, Litleåna og Rosslandsåna (Figur 2, Figur 7). I følge FKB-kartgrunnlaget utgjorde dette et elveareal på totalt 347 476 m². Sokno, fra Lindland og ned til sjøen, utgjør det arealmessige største vassdragsavsnittet. Ålgårdselva har den lengste lakseførende elvestrekningen i vassdraget med totalt 10,4 km, hvorav 6,4 km utgjøres av rennende elvestrekninger og de øvrige av innsjøer.

Fallgradienten varierer betydelig mellom de ulike vassdragsavsnittene (Figur 2, Tabell 1). Sokno, som utgjør den nederste og arealmessige største vassdragsavsnittet, har et fall på 8 m på den 5,3 km lange strekningen fra Lindland og ned til sjøen. De øvrige vassdragsavsnittene har gjennomgående høyere fallgradient, men også i større grad mer varierende gradientforhold.



Figur 2. Høydeprofil for lakseførende strekning på de ulike vassdragsavsnittene i Sokndalselva.

Tabell 1. **Oversikt over kartlagte vassdragsavsnitt i Sokndalsvassdraget. Arealer og elvelengde er basert på FKB-kartdata, mens fallgradient er basert på laseroppmåling fra www.hoydedata.no. Innsjøer, loner og andre områder med dypt og stillestående vann er ikke kartlagt og inngår derfor ikke i elvelengde og areal.**

Vassdragsavsnitt	Elvelengde (km)	Gradient (%)	Areal (m ²)	Gjsn. elvebredde (m)
Sokno	5,3	0,1	166 978	32
Bakkaåna	4,7	2,4	82 127	17
Ålgårdselva	6,4	1,0	80 668	13
Litelåna	1,0	1,4	15 809	16
Rosslandsåna	0,3	4,9	1 894	6
Totalt	17.7	1,3	347 476	20

Elveklasser, mesohabitat og substratsammensetning

Fordelingen av elveklasser og substratsammensetning er i stor grad knyttet til variasjoner i fallgradient. Områder med lite fall er i hovedsak dominert av sakteflytende områder med glatt vannoverflate, og betegnes med elveklassene *kulp* og *glattstrøm* (eller mesohabitattypene C, B1 og B2). Disse

elveklassene er spesielt dominerende i Sokno og i de flatere partiene i de øvrige vassdragsavsnittene. Partier med stryk (mesohabitattyper E, F, G1, G2 og H) finnes i større grad i de brattere partiene i Bakkaåna, Ålgårdselva, Rossalandsåna og øvre deler av Litleåna. En oversikt over sammensetningen av elveklasser på de ulike segmentene er vist på den øverste figuren i Figur 5

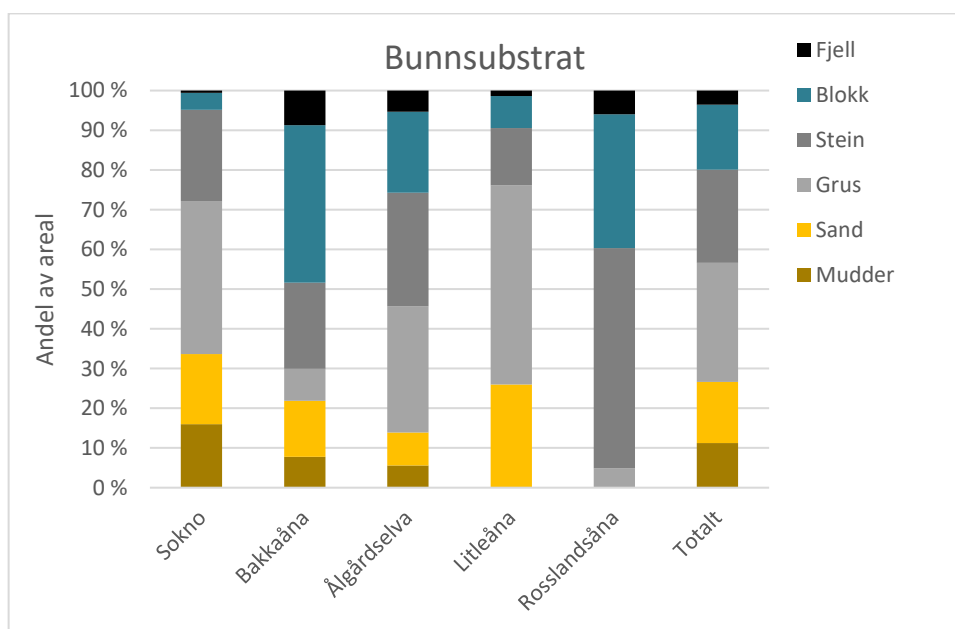
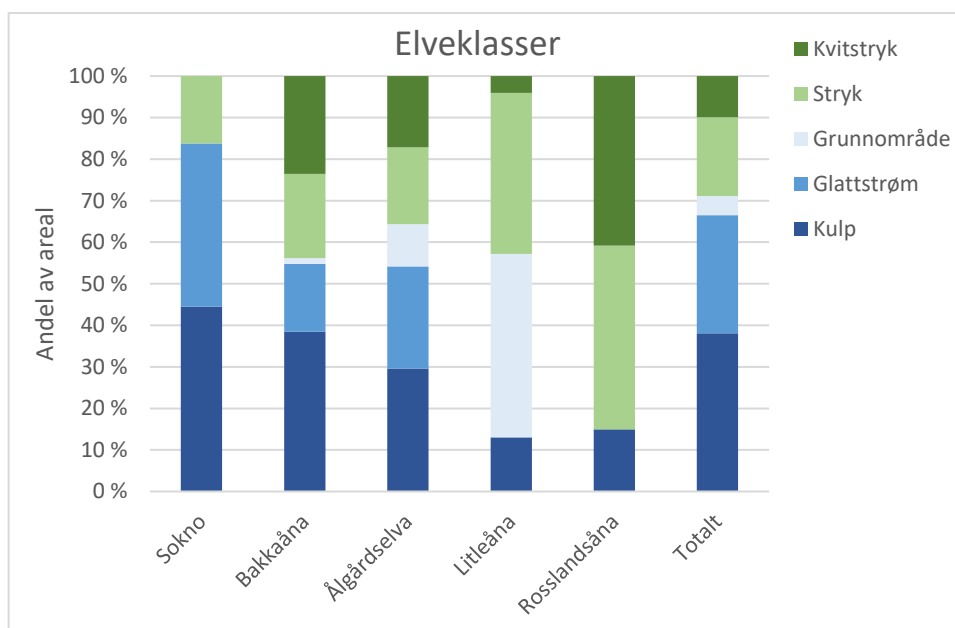
Kornfordelingen i elvebunnen gjenspeiler i stor grad gradientforholdene på ulike elvestrekninger. En samlet oversikt over substratsammensetningen på de ulike vassdragsavsnittene er vist i den nederste Figur 5, mens oversikt over dominerende substratklasser er vist i Figur 8. I Sokno, som har en forholdsvis flat gradient, er elvebunnen i stor grad dominert av grus og mindre stein. I tillegg er det et betydelig innslag av sand og mudder på de mer stilleflytende partiene. I både Ålgårdselva og Bakkaåna er elvebunnen dominert av blokker og store stein i strykområdene, men har også innslag av grus, og til dels sand og mudder særlig i Ålgårdselva nedenfor Sandbekk (Figur 4). I Rossalandsåna består elvebunnen i hovedsak av store stein og blokk.



Figur 3. Eksempler på ulike elveklassetyper i Sokndalsvassdraget. I tilløpselvene er det partier med kvitstryk/fossestryk (øverst til venstre), og strykparter med et stort innslag av stein/blokk (øverst til høyre). I Sokno er elven mer sakterennende og dominert av grus og små stein, og veksler mellom kulper og glattstrøm (nede til venstre) og korte strykparter (nede til høyre).



Figur 4. Sandavsetninger i Ålgårdselva og begynnende groing.

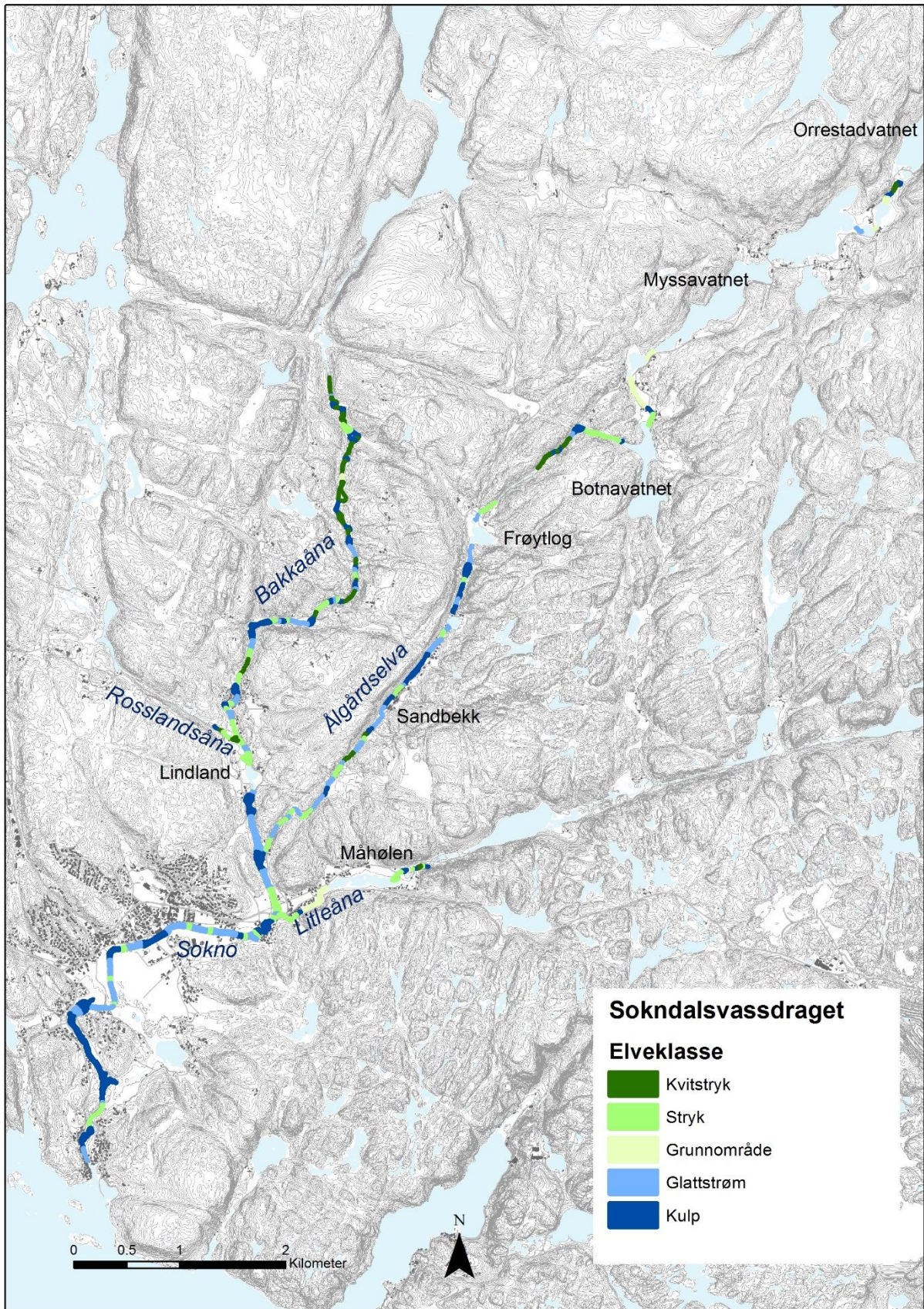


Figur 5. Fordeling av ulike elveklasser (øverst) og substratklasser (nederst) basert på andelen de utgjør av elvearealet på de ulike vassdragsavsnittene i Sokndalsvassdraget.

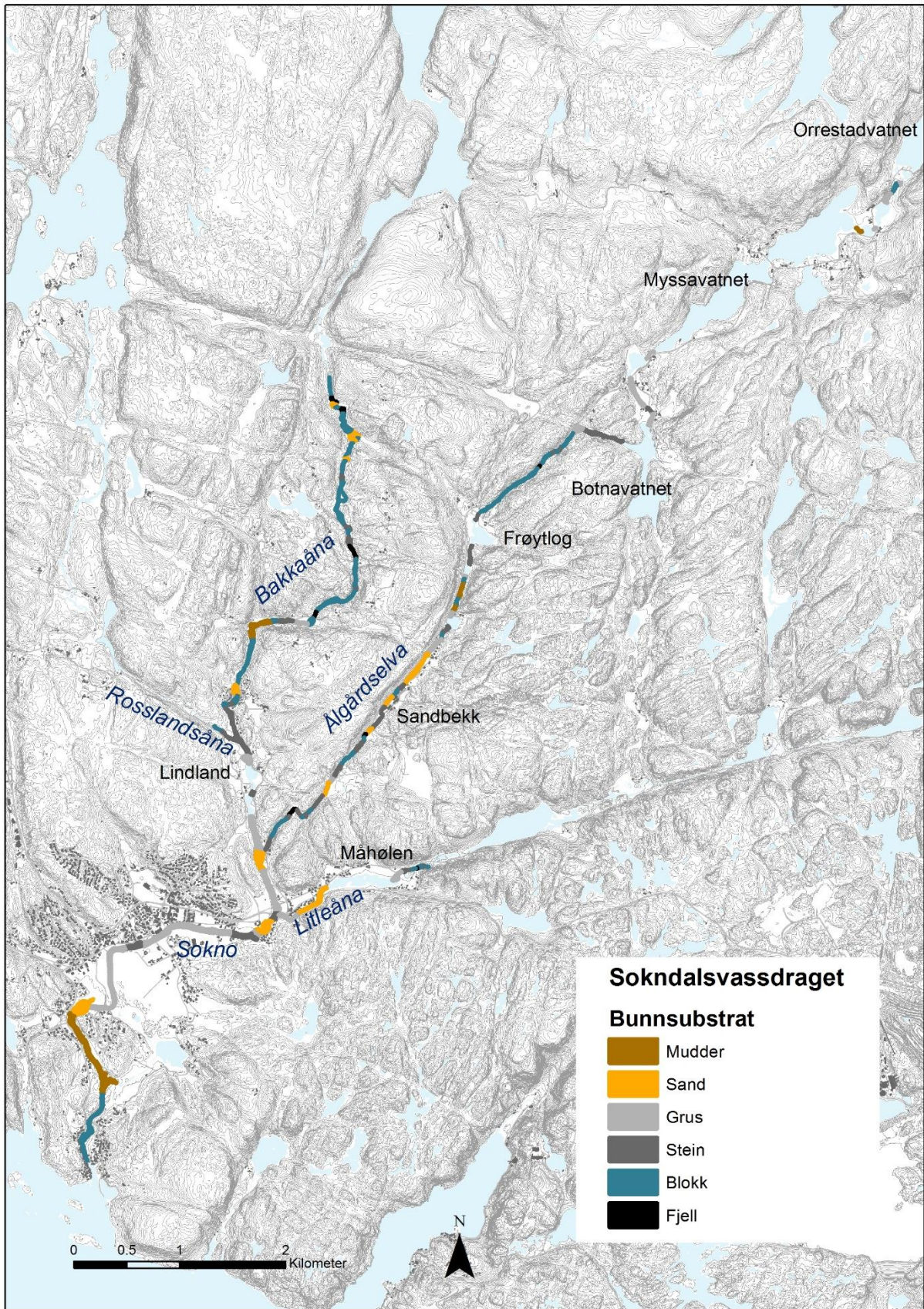
I Ålgårdselva ble det registrert et høyt innslag av sand og finsediment som høyst sannsynlig stammer fra gruveponier ved Sandbekk. Dette er mer omtalt senere i rapporten. For øvrig ble det i Sokno like nedstrøms Hauge i Dalane observert områder hvor elvebunnen besto av tykke lag med hardpakket finsediment. Sedimentene synes å være tidlig erodert av strøm, og synes å bestå av hardpakket sand. Det er ukjent om sedimentene er naturlige gamle elve- eller marine sedimentene som har blitt eksponert ved elveerosjon, eller om det er et resultat av menneskelig tilførsel. Ifølge Oddvar Mydland (pers. medd.) ble vassdraget tilført store mengder sand og finmasser under etablering av gruvevirksomheten på Sandbekk, og det er mulig at massene stammer fra disse utslippene.



Figur 6. I Sokno nedenfor Hauge i Dalane besto elvebunnen stedvis av tykke lag med kompakt sand som har lagt seg over eldre grussediment.



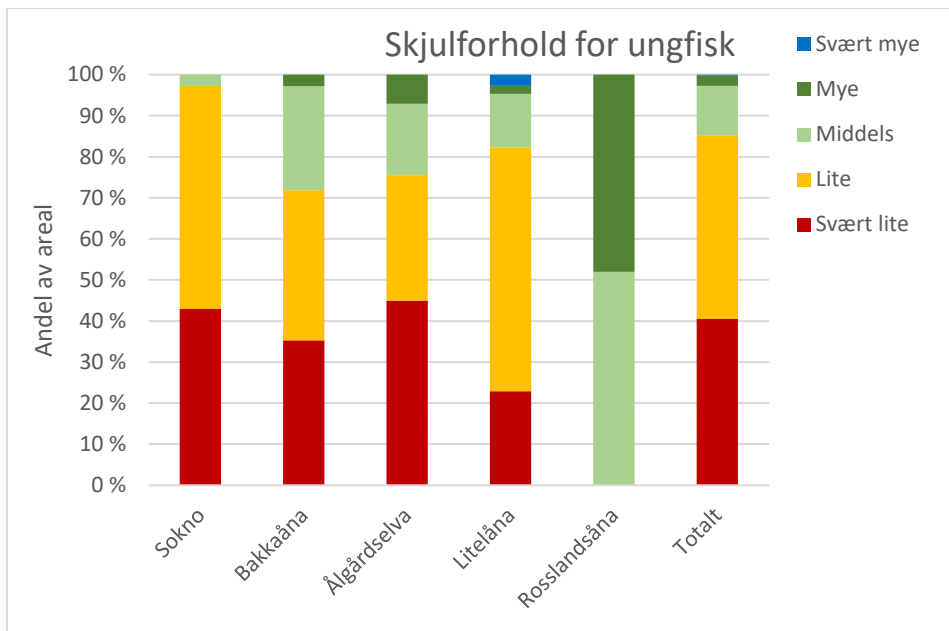
Figur 7. Elveklasser på lakseførende strekning i Sokndalsvassdraget kartlagt mai 2018.



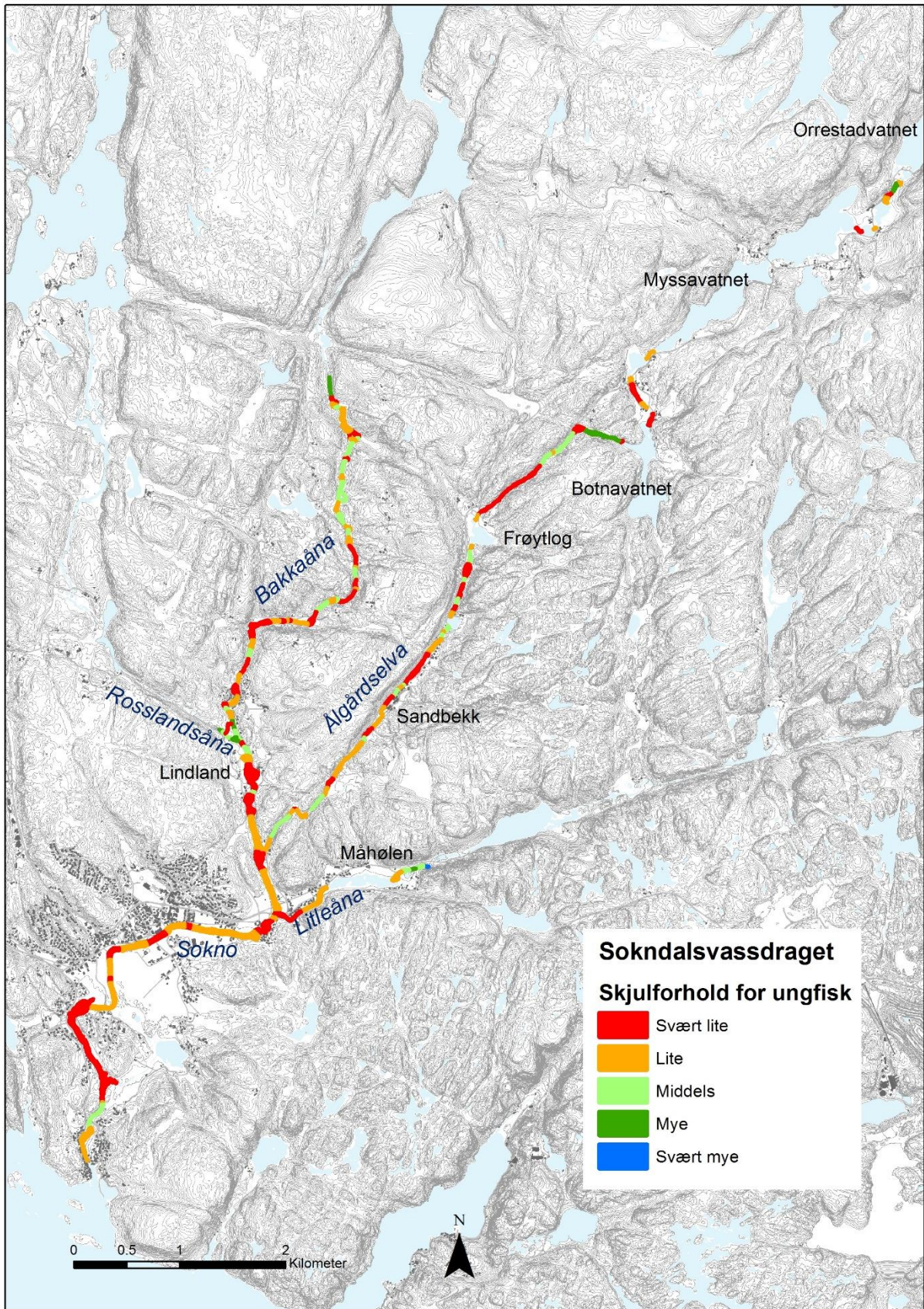
Figur 8. Dominerende bunnsbstrat på lakseførende elvestrekninger i Sokndalsvassdraget kartlagt mai 2018.

Skjulforhold for ungfisk

Skjulforholdene på ulike segmenter i Sokndalsvassdraget er vist i Figur 9 og Figur 10. Om lag 85 % av elvebunnen totalt sett for alle vassdragsavsnittene, ble klassifisert å ha enten svært dårlig eller dårlige skjulforhold, 12 % middels mens kun 3 % ble klassifisert å ha gode skjulforhold. Skjulforholdene gjenspeiler i stor grad fordelingen i substratstørrelse, med høy andel finsediment og grus som gir lite hulrom for fisk i elvebunnen. Som forventet er de beste skjulforholdene på strekninger med høyest gradient og med substrat dominert av stein og blokk.



Figur 9. Skjulforhold for ungfisk på de ulike vassdragsavsnittene i Sokndalsvassdraget kartlagt mai 2018.



Figur 10. Skjulforhold for ungfisk på lakseførende strekninger i Sokndalsvassdraget kartlagt mai 2018.

Gyteområder

En oversikt over gyteområder som ble kartlagt i Sokndalsvassdraget er vist i Figur 12, mens en oversikt over kartlagt gyteareal og vurdering av gyteforhold på de ulike vassdragsavsnittene er gitt i Tabell 2. I Sokno er elvebunnen dominert av grus og små stein som gir gode gytemuligheter for både laks og sjøaure. Særlig på den om lag 2 km lange elvestrekningen fra Lindland og ned til sentrum i Hauge, er det svært gode gytemuligheter. I nedre del av Sokno er bunnsubstratet i større grad dominert av mudder, sand og fin grus, som er mindre egnet for gyting, men jevnt over er det flere gode gytemuligheter i nedre del av Sokno også. Også i Litleåna er det svært gode gyteforhold både på innløpsstrekningen til Måhølen og fra Måhølen og ned til Sokno. I Bakkaåna er det flere større gyteområder i nedre del, fra Brandsberghølen og ned Lindland, mens det på den bratte elvestrekningen fra Toksafossen og ned til Brandsberg kun er sporadiske gytemuligheter.

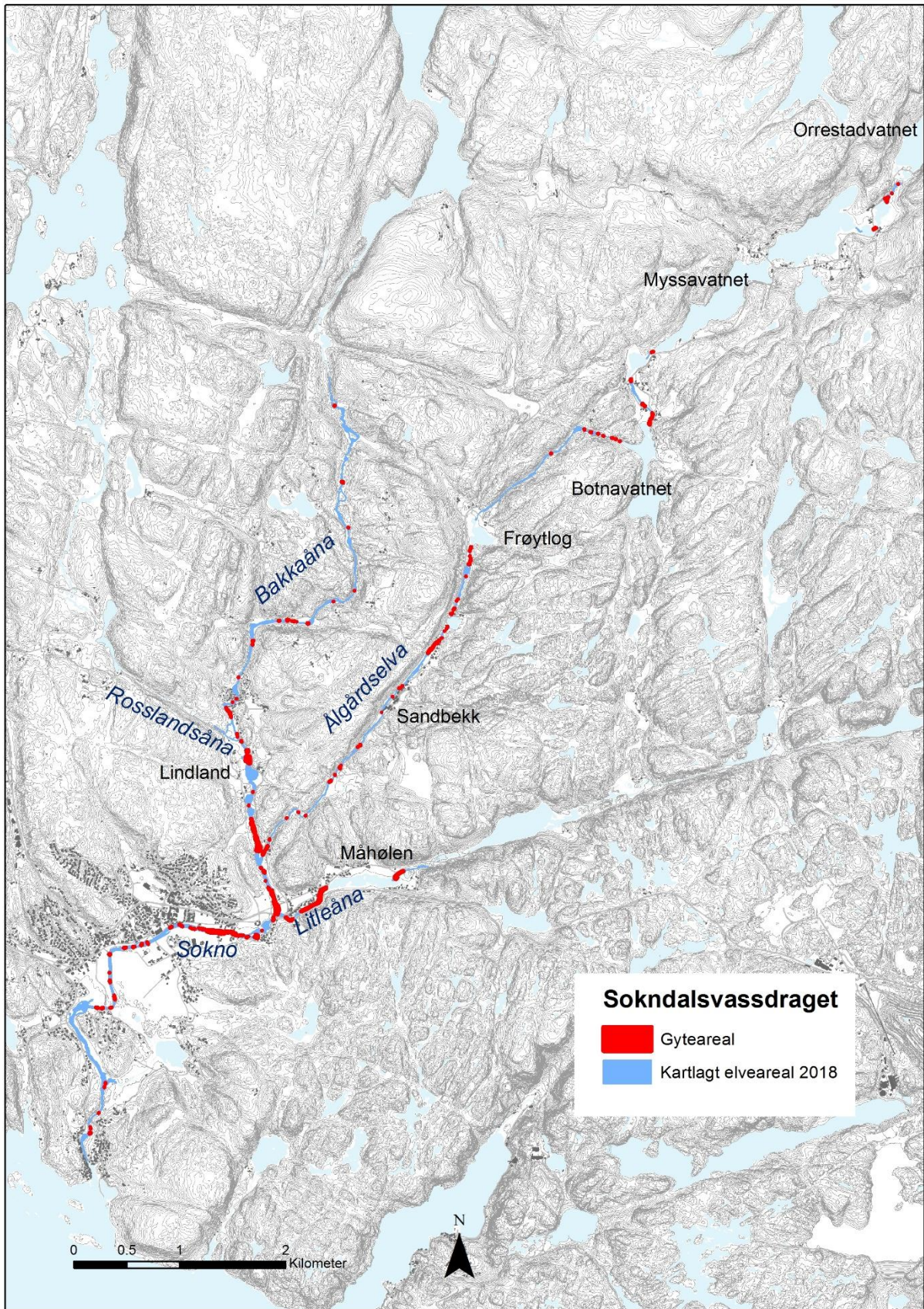
I Ålgårdselva er gytemulighetene jevnt fordelt på hele den lakseførende strekningen, og gyteforholdene kan totalt sett karakteriseres som moderat til gode. I nedre del av elven, dvs. på elvestrekningen fra Sandbekk og ned til samløp i Sokno, var elvebunnen sterkt preget av sand og finmasser tilført fra Sandbekk. Dette har bidratt til en vesentlig forringelse av gyteforholdene på denne strekningen. Utslippene fra Sandbekk er nærmere beskrevet senere i rapporten.

Tabell 2. **Vurdering av gytemulighetene i de undersøkte vassdravsnittene i Sokndalsvassdraget basert på elvearealet og registrert gyteareal. Kriteriene for vurderingen av Moderat, Lite eller Mye gytemuligheter er hentet fra Håndbok i miljødesign av regulerte laksevassdrag (Forseth & Harby 2013).**

Vassdragsavsnitt	Elveareal	Kartlagt gyteareal	Andel gyteareal	Gytemuligheter vurdering
Sokno	166 978	22 471	13.5	Mye
Bakkaåna	82 127	1 428	1.7	Lite/moderat
Ålgårdselva	80 668	4 695	5.8	Moderat/mye
Litleåna	15 809	7 336	46.4	Mye
Rosslandsåna	1 894	0	0.0	Lite
Totalt	347 476	35 930	10.3	Mye



Figur 11. Det er gode gyteforhold i Sokno, særlig på strekningen nedstrøms Lindland ovenfor Ålgårdselva, og det var fortsatt tydelige tegn etter gytegroper fra høsten i forveien.



Figur 12. Oversikt over gyteområder i Sokndalsvassdraget kartlagt mai 2018.

Utslipp og forurensningskilder

Det ble registrert fire punkter med synlige punktutslipp i vassdraget; to i Ålgårdselva ved Sandbekk, mens to var i Sokno like ved sentrum i Hauge i Dalane. Ved Sandbekk var det et utslipp av kloakk som trolig skyldes en lekkasje fra rør/kom fra kloakkanlegg ved bebyggelse. I tillegg var det ved avrenning fra et rør ved industriområdet ved Sandbekk. Det er usikkert hva avrenningen besto i eller hva som var kilden, men avrenningen avga et illeluktende oransjefarget belegg på steinene, og det ble også funnet død laksesmolt like nedenfor utslippspunktet. Ved sentrum i Hauge i Dalane var det i 2018 et utslipp av kloakk fra rør like ved kommunehuset. Forurensningskilden har blitt lokalisert av kommunen og er nå tilkoblet avløpsnettet (Jan-Ove Grastveit, pers. med.). I 2018 ble det også observert utslipp med landbruksforurensning, begge like oppstrøms broa ved Årstadveien. Flere steder langs elven ble det også observert mer diffus avrenning, hovedsakelig i fra landbruk.



Figur 13. Punktutslipp i Sokndalsvassdraget. Ved Sandbekk ble det registrert avrenning fra et rør som avga vond lukt og oransjefarget slam/begroing (øverst t.v.). Like nedenfor avrenningspunktet ble det observert en død laksesmolt (øverst t.h.). Ved sentrum i Hauge i Dalane ble det registrert et avrenningspunkt fra rør med antatt landbruksforurensning (nede t.v.) og et rør med avrenning av kloakk (nede t.h.). Forurensningskilde i Hauge har blitt lokalisert av kommunen og er nå tilkoblet avløpsnettet (Jan-Ove Grastveit, pers. med.).

Nedenfor Sandbekk ble det observert en større mengde sand og finmasser i vassdraget. Massene synes å stamme fra området ved gruveponiet ved Sandbekk, og ser ut til å ha blitt tilført vassdraget fra flere tilsig/sidebekker. Finmassene preger store deler av elvebunnene på elvestrekningen nedstrøms Sandbekk og helt ned til utløp i Sokno. Finmassene ligger stedvis i tykke lag og resulterer i at

elvbunnen stedvis får et «ørkenpreg». I tillegg har finmassene i store deler kittet igjen hulrom mellom stein, og bidrar til å forringe både gyteområder og skjulforhold for ungfisk på elvestrekningen.



Figur 14. Elvestrekningen nedstrøms Sandbekk i Ålgårdselva var sterkt preget av sand og finsedimenter etter avrenning fra deponiet ved Sandbekk. Finsedimentene ligger stedvis som et tykt belegg over elvbunnen og på elvbreddene, og bidrar også til å kytte igjen hulrom mellom stein. Finsedimentene bidrar til en vesentlig forringelse av gyte- og oppvekstsvilkårene på elvestrekningen og videre nedover.

Fysiske inngrep

Vassdraget er stedvis forbygget i områder med bebyggelse, samt langs veier og langs jordbruksareal, og stedvis synes vassdraget å være noe kanalisert. Flere av forbygningene synes å være av eldre dato og stort sett er de av en karakter hvor de i liten grad påvirker habitatforholdene for fisk slik de fremstår i dag. I tillegg er det bygget to terskler i Sokno, og en i øvre deler av Litleåna. Terskelen i Litleåna er delvis støpt i betong, og kan virke vandringshindrende for fisk på lave vannføringer. For øvrig er det også enkelte mindre inngrep i form av buner, konstruksjoner ved utløpet av Lindland kraftverk, samt rester av et gammelt kraftverk og inntakskanal ved Toksafossen. En oversikt over fysiske inngrep i vassdraget er gitt i Vedlegg 2.



Figur 15. Flyfoto fra parti av Sokno ved hauge i Dalane i 1969 (øverst) og 2014 (nederst). Bildet viser hvordan elveløpet har blitt snevret inn og sideløp avstengt. Bildet viser også de to tersklene i Sokno.



Figur 16. Flyfoto fra nedre del av Sokno fra 1969 (øverst) som viser et flomløp som har ledet vann inn i Kryptevik og inn i Sokno igjen ved utløpet av Lono. Det er mulig at dette også har vært et gammelt elveløp. Bildet viser også at det er laget en forbygning i svingen for å hindre at elven tar denne veien igjen.

Kantvegetasjon

Kantvegetasjon er fjernet flere steder der vassdraget renner langs jordbruksområder, samt ved bebyggelse og enkelte steder nært veier. Langs store deler av Sokno og i nedre deler av Bakkaåna, er kantvegetasjon helt eller delvis fjernet. I øvre del av Bakkaåna og Litleåna, samt langs store deler av Ålgårdselva, er kantvegetasjonen tett og frodig. En oversikt over status for kantvegetasjon i vassdraget er gitt i Vedlegg 2.

Vandringshindre

Aktuelle vandringshindre i de ulike elvestrekningene ble kartlagt og er illustrert i Vedlegg 2. I Bakkaåna ble Toksafossen vurdert som et endelig vandringshinder for fisk. I fylgelokalt hold har det blitt observert laks også ovenfor Toksafossen (Oddvar Mydland pers medd.). Det er derfor mulig at laksen kan vandre her på visse vannføringer. I fossen er det en stein som synes å være hindrende, og det er

sannsynlig at oppvandring kunne vært lettere for fisk ved forholdsvis enkle tiltak i fossen. Også i Ålgårdselva er det et fossestryk som er vandringshindrende ved lave vannføringer like nedenfor Sandbekk. Denne kan bidra til å forsinke oppvandring hos laks, og det kan oppkonsentrere seg mye fisk i fossekulp nedenfor fossen som er utsatt for tyvfiske (Oddvar Mydland pers. medd.).



Figur 17. Vandringshinder i Ålgårdselva like nedstrøms Orrestadvatent (t.v.) og i Bakkaåna ved Toksafossen (t.h.). I Toksafossen opplyses det om at det er observert laks i vassdraget ovenfor, og at fossen dermed trolig er passerbar på visse vannføringer. Oppvandring kan lettes ved å fjerne steinblokk/utspring midt i fossen.



Figur 18. Kunstig betongterskel i Litleåna som kan være vandringshindrende ved lave vannføring, spesielt for ungfisk (t.v.). I Ålgårdselva ved Sandbekk er det et fossestryk som er vandringshindrende ved lave vannføringer, og som kan bidra til å forsinke laksens oppvandring i vassdraget.

Elvemusling og andre observasjoner

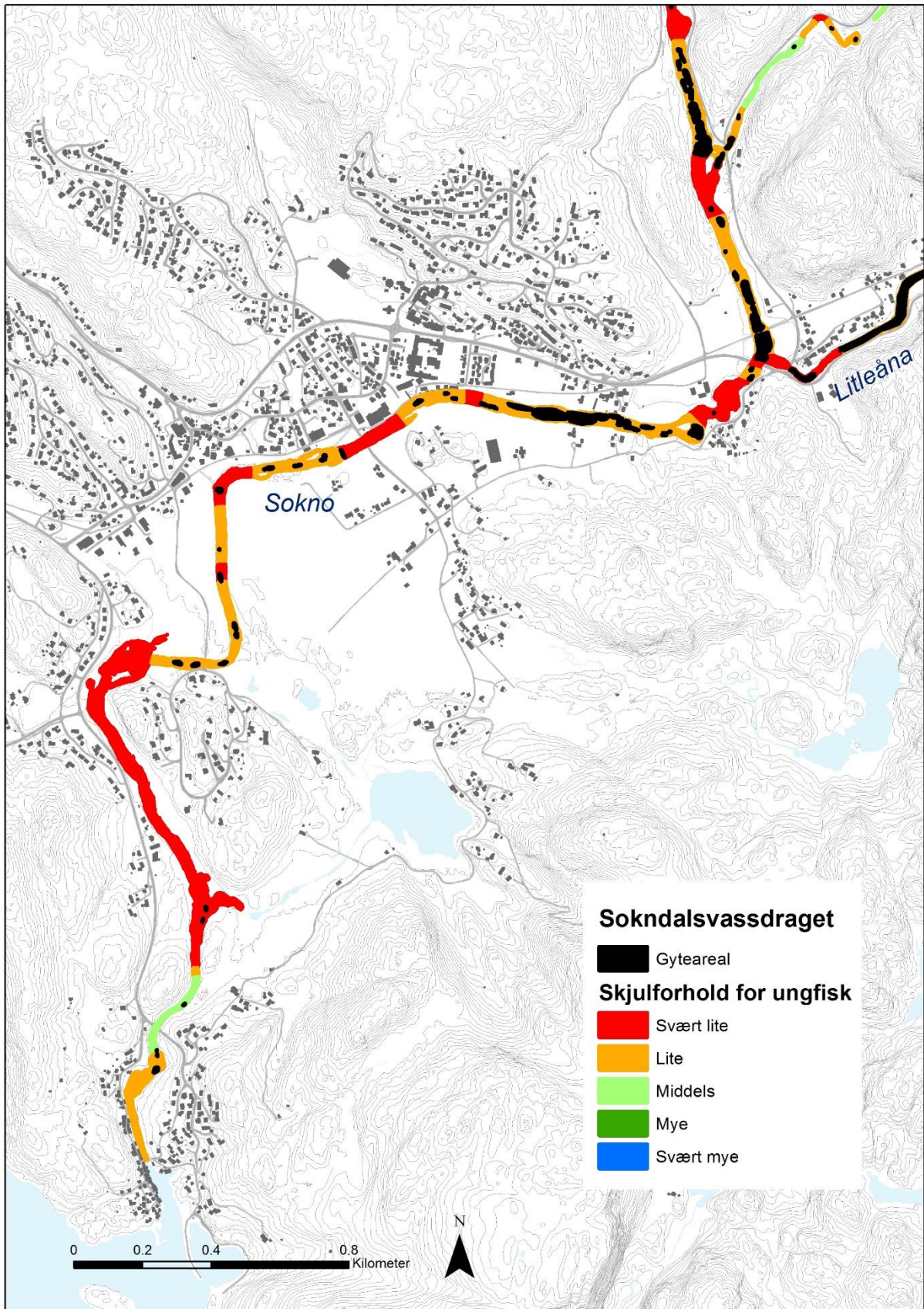
Det ble registrert elvemusling på to lokaliteter i nedre del av Sokno; ved Pitlingen og ved utløpet av Lono og elvestrekningen nedstrøms. Ved Pitlingen ble det kun observert et fåtall individer, mens det nedstrøms Lono ble observert muslinger både enkeltvis og i mindre grupper på en elvestrekning over flere hundre meter. Kartleggingen her hadde ikke til hensikt å kvantifisere bestanden av elvemusling, og dekker heller ikke hele elvens breddeprofil, slik at det kan forekomme muslinger også i andre deler av elven som ikke ble observert. For øvrig ble det observert ål flere steder i vassdraget, og særlig mange (>100) i Lono i nedre del av Sokno.



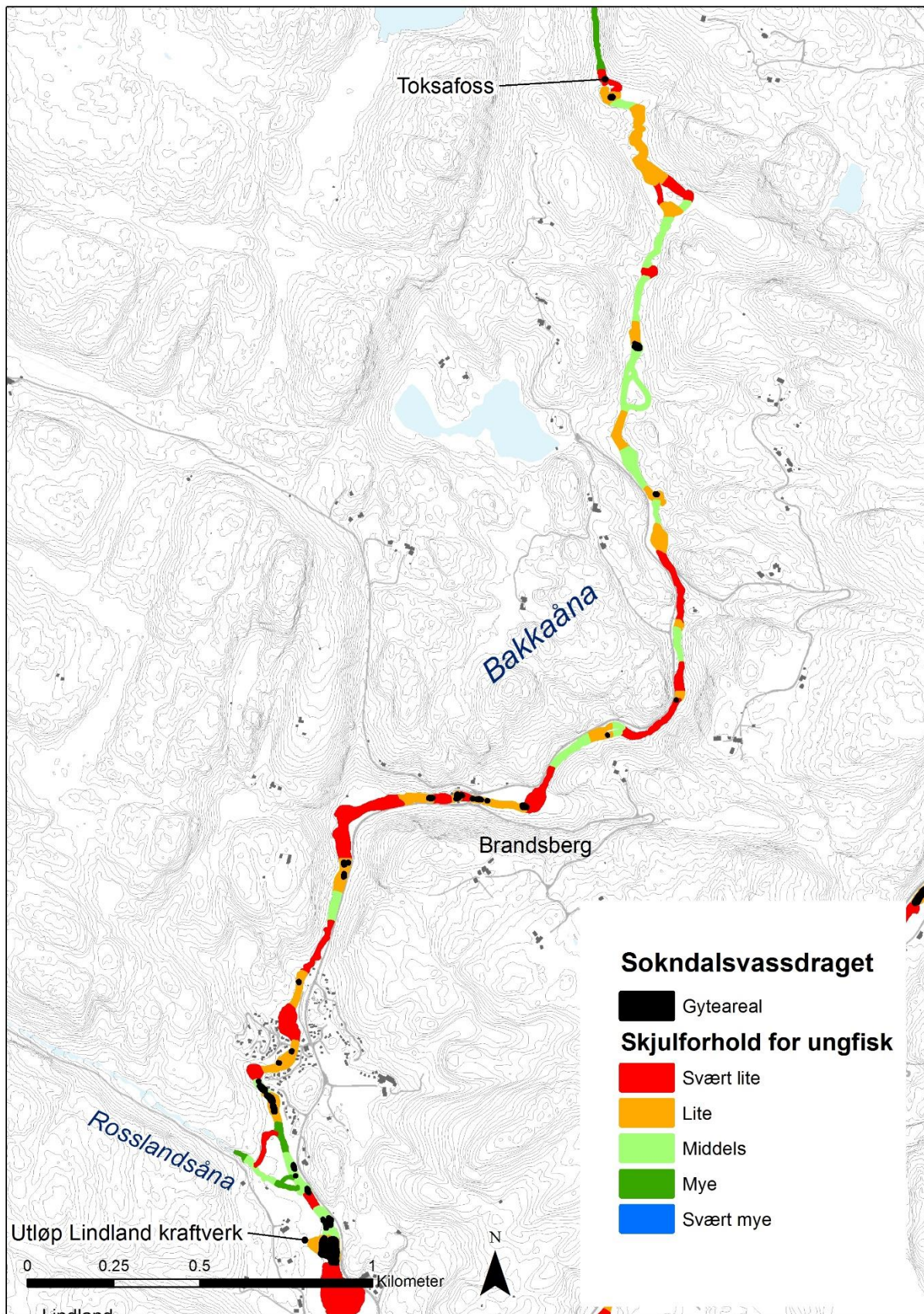
Elvemusling observert i nedre deler av Sokno under kartleggingen.



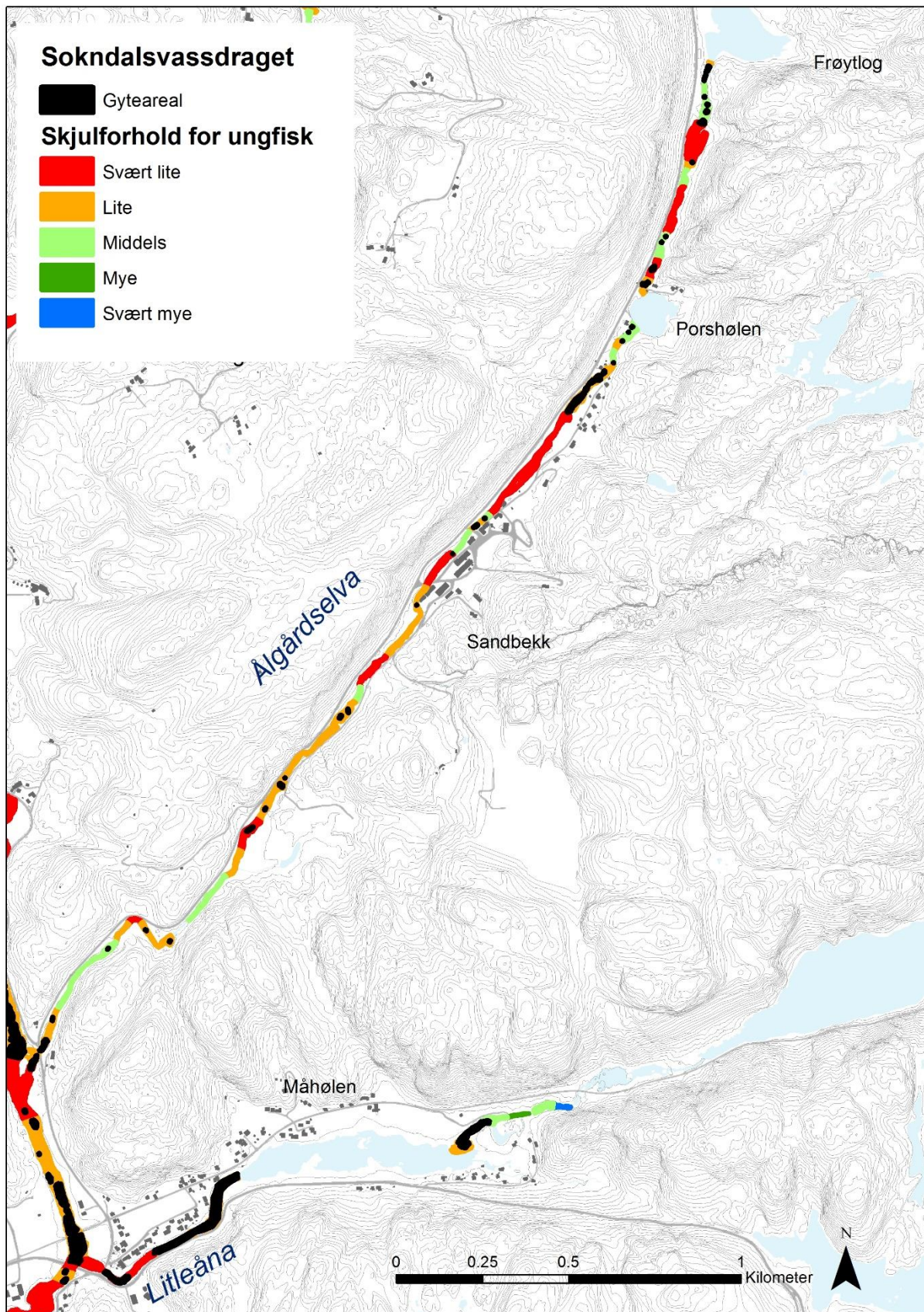
Det ble observert ål flere steder i vassdraget under kartleggingen.



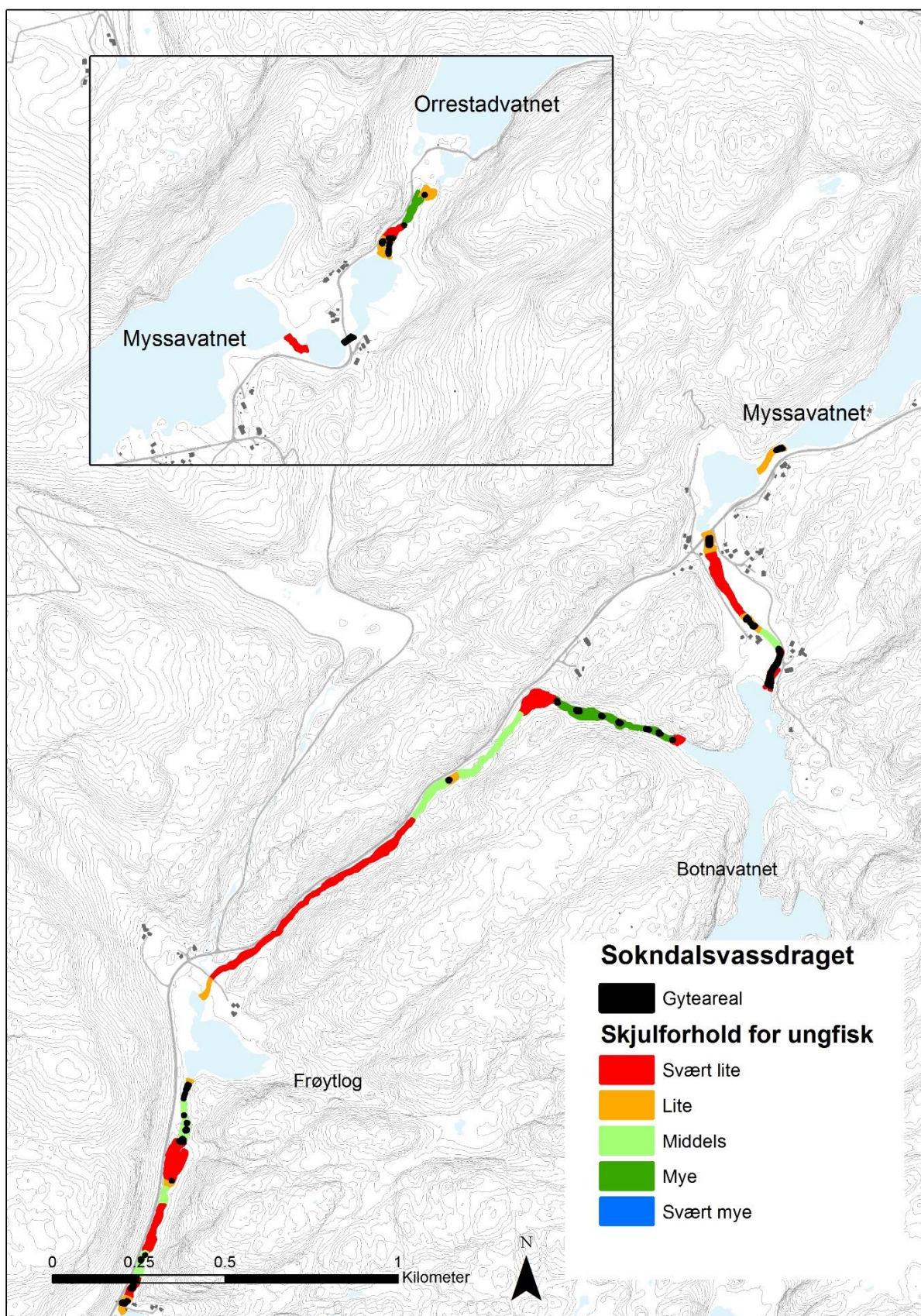
Figur 19. Oversikt over gyteområder og skjulforhold for ungfisk i Sokno kartlagt mai 2018.



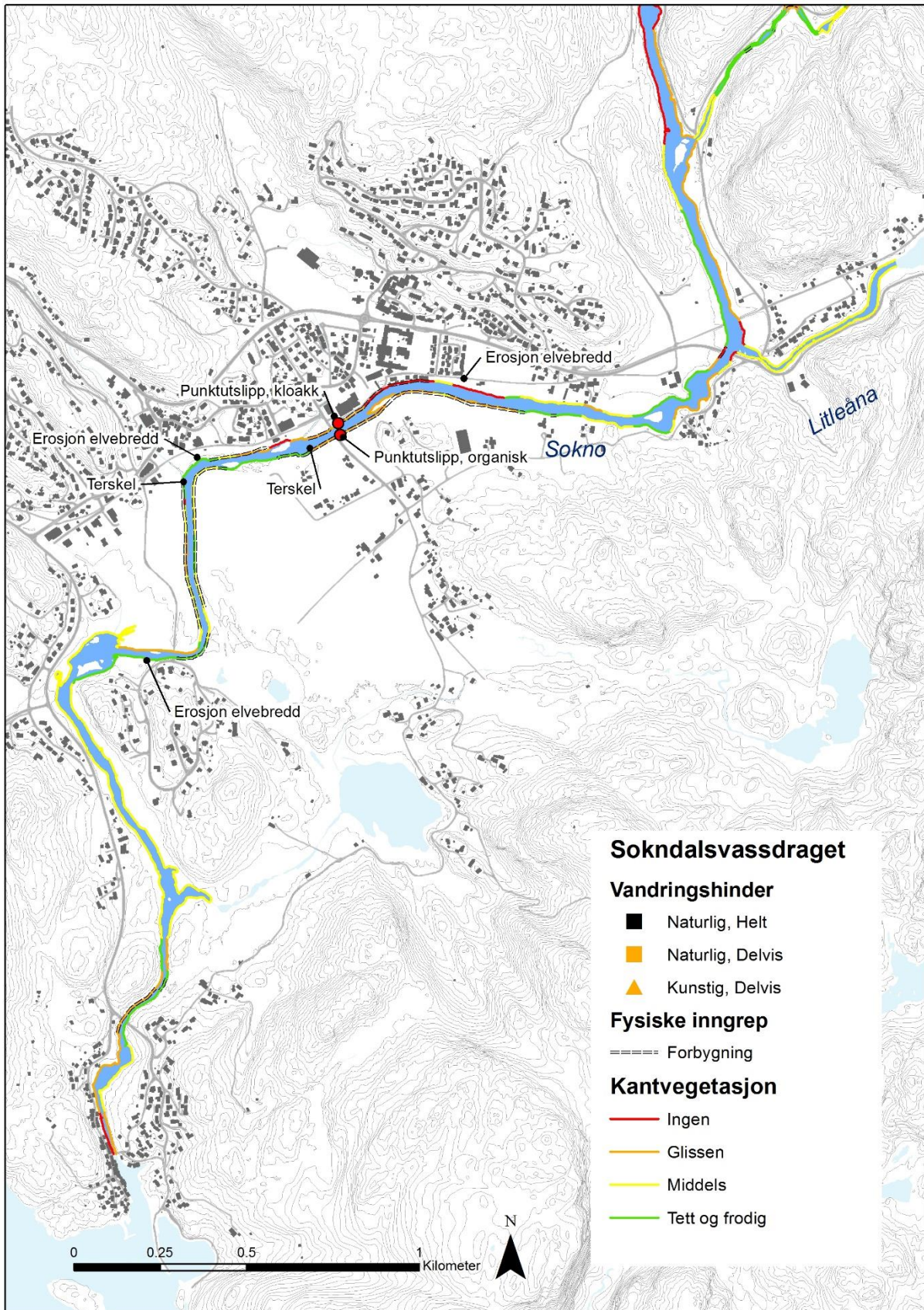
Figur 20. Oversikt over gyteområder og skjulforhold for ungfisk i Bakkakåna og Rosslandsåna kartlagt mai 2018..



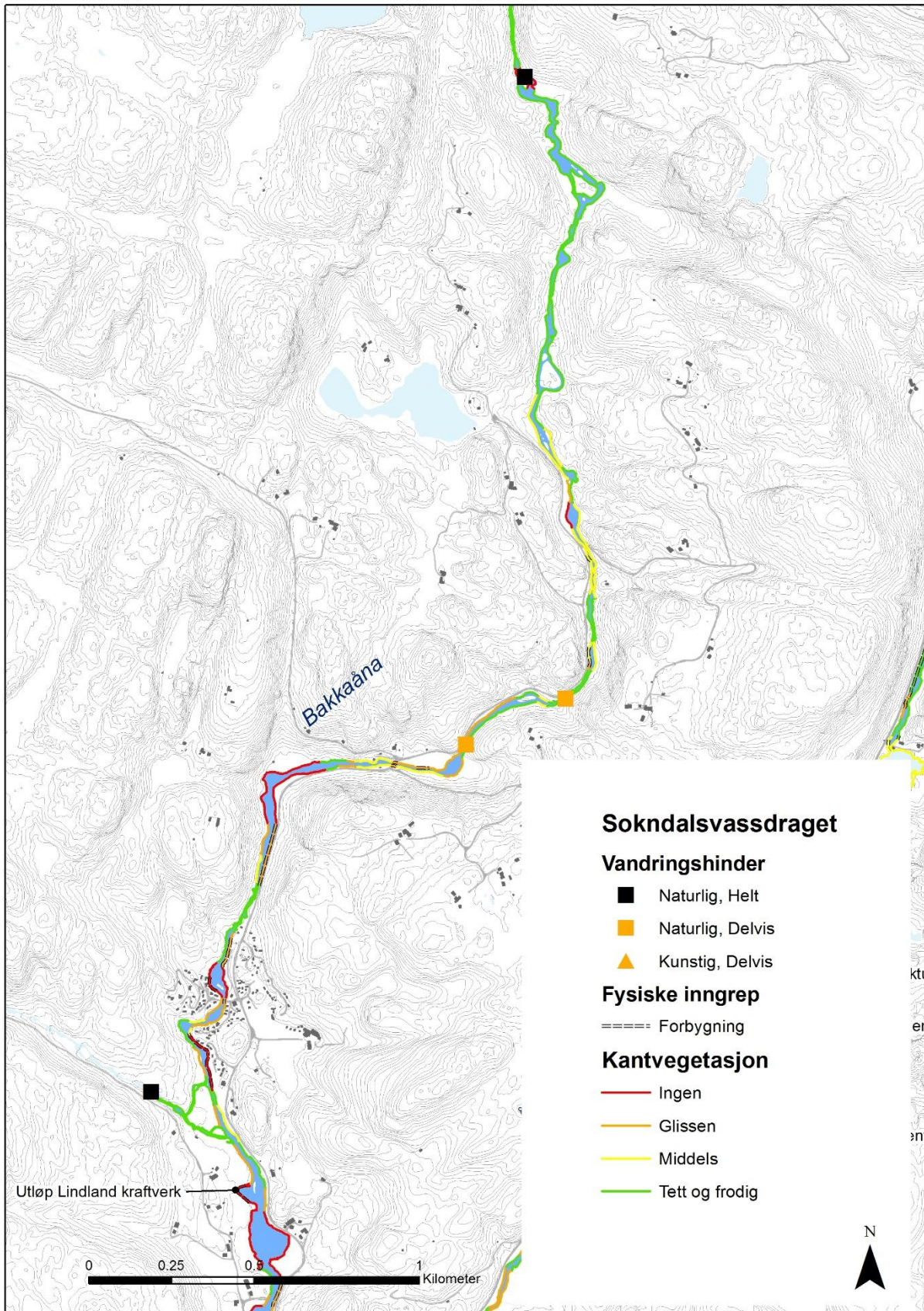
Figur 21. Oversikt over gyteområder og skjulforhold for ungfisk i nedre del av Ålgårdselva og Litleåna kartlagt mai 2018..



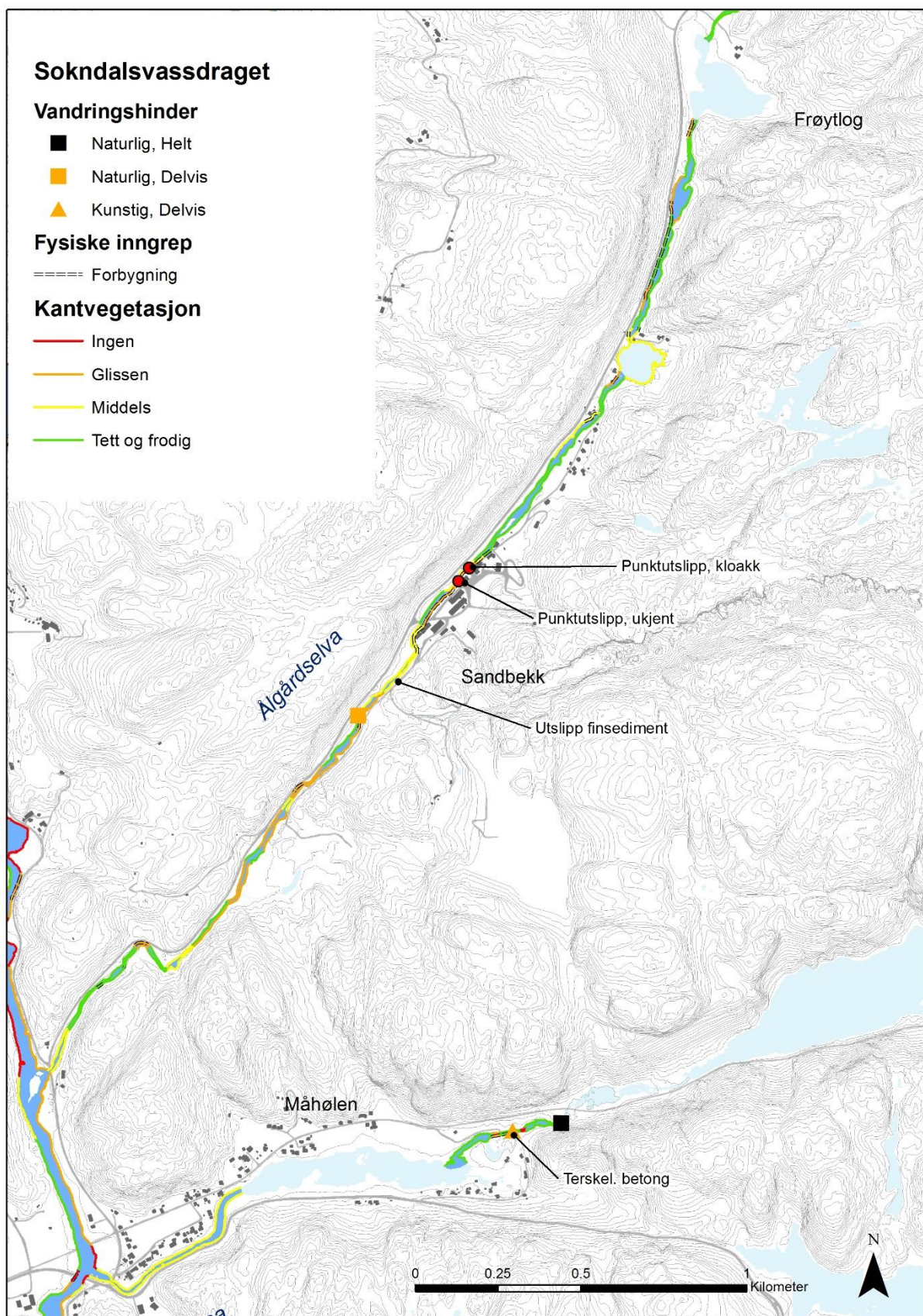
Figur 22. Oversikt over gyteområder og skjulforhold for ungfisk i øvre del av Ålgårdselva kartlagt mai 2018..



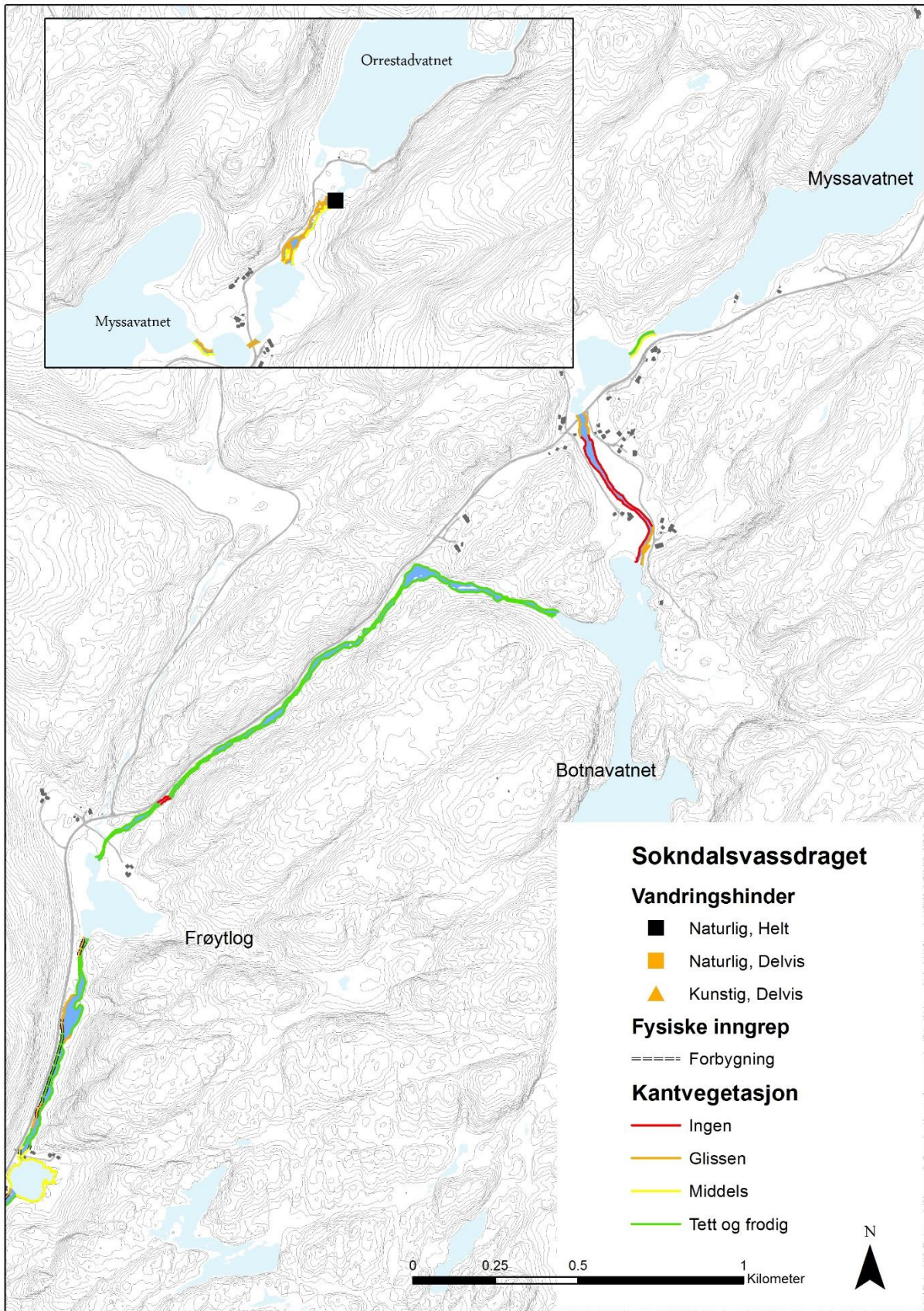
Figur 23. Nedre del av Sokndalsvassdraget (Sokno) med oversikt over fysiske inngrep, status for kantvegetasjon og vandringshindre kartlagt mai 2018..



Figur 24. Bakkaåna og Rosslandsåna med oversikt over fysiske inngrep, status for kantvegetasjon og vandringshindre kartlagt mai 2018..



Figur 25. Nedre del av Ålgårdselva og Litleåna med oversikt over fysiske inngrep, status for kantvegetasjon og vandringshindre kartlagt mai 2018..



Figur 26. Øvre del av Ålgårdselva med oversikt over fysiske inngrep, status for kantvegetasjon og vandringshindre kartlagt mai 2018..

Kartlegging av sidebekker

Fardalsbekken

Fardalsbekken fremstår som en veldig liten bekk og er ca. 900 meter lang og ca. 1 meter i bredde. Vannføringen var trolig rundt 5 l/s ved gjennomføringen av kartleggingen. Bekken er sterkt påvirket av fysiske inngrep. Spesielt store fysiske inngrep finnes i øvre del der bekken renner under en fotballbane og i områdene videre opp til vandringshinderet som nylig er justert. Her bestod bekken utelukkende av mudder og jord. Grunnet dette sedimentet (mudder og jord) var hele bekken svært grumsete. Bekken er sterk kanalisert med lav morfologisk variasjon og i sterk grad påvirket av urban aktivitet.

Påvirkninger

Hovedpåvirkningene i Fardalsbekken er bekkelukking, kanalisering og urban aktivitet. Bekken er meget utsatt for forurensning. I øvre del var hele bekkefaret endret.

Tiltak

Vi vurderer Fardalsbekken som så liten at den trolig ikke er viktig for fiskeproduksjon. Trolig kan ungfisk vandre fra hovedløpet og opp i bekken for næringssøk, men den svært lave vannføringen ved befaringstidspunktet tilsier at bekken står i fare for å tørke helt ut til tider. Av den grunn foreslås det ingen konkrete tiltak annet enn at kantvegetasjon bør bevares og at man har kontroll på eventuell forurensning fra urban aktivitet.



Utløpet av Fardalsbekken har relativt sett fremdeles gode skjulmuligheter for fisk.



Svært lave vannføringer i kombinasjon med sterk varme og flere utslippspunkter, kan medføre til lav overlevelse for ungfisk.



Enkelte steder hadde bekken en tett kantvegetasjon.



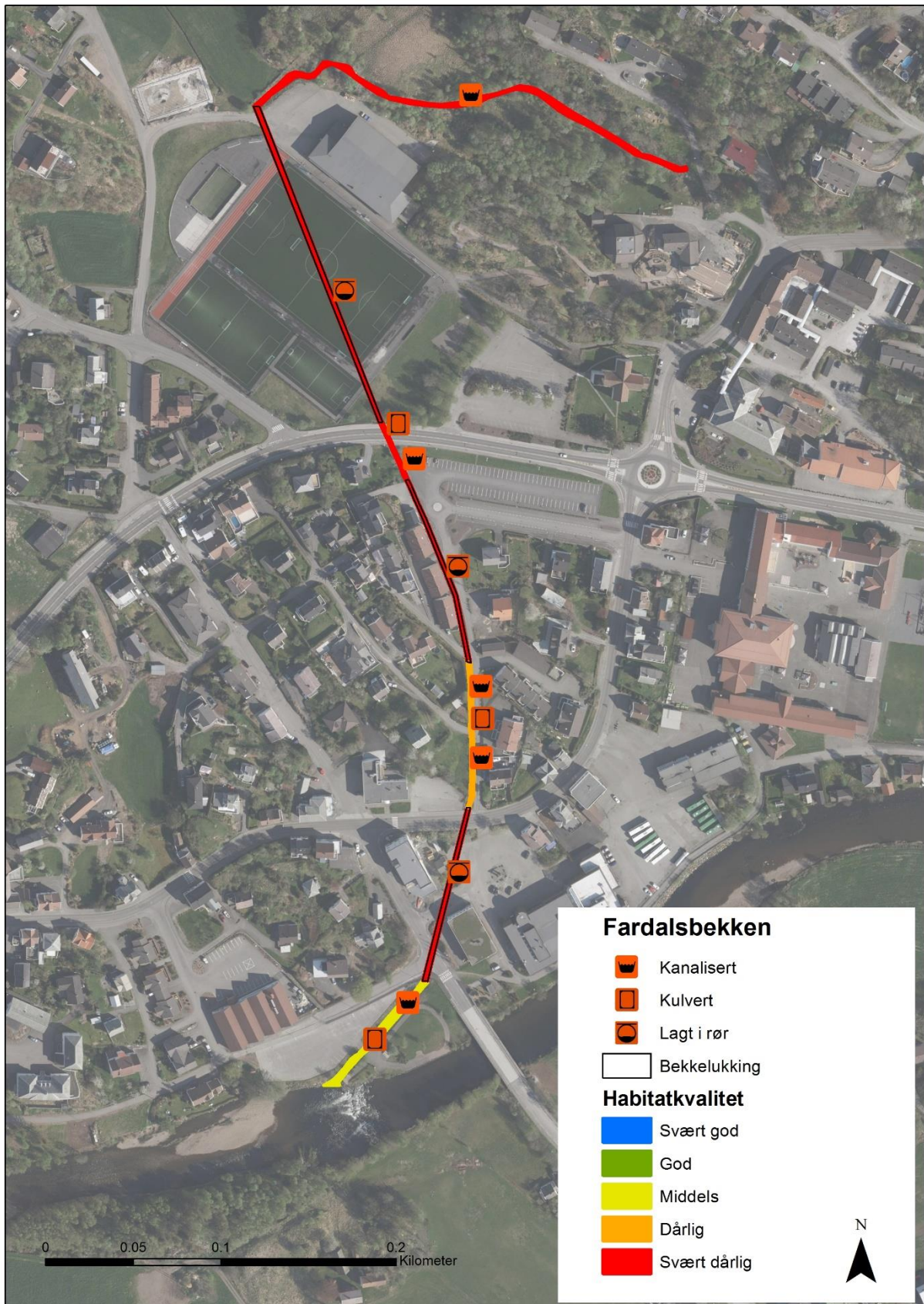
Bekken er sterkt kanalisert og hadde mye mudder og slam i bunnen.



Bekken er lagt i rør under idrettsanlegg. Det er usikkert om fisk kan svømme gjennom rørene.



Oppstrøms idrettsanlegget var bekken uegna både til gyting og som oppvekstområde for ungfisk.



Figur 27. Oversikt over Fardalsbekken som ble kartlagt i mai 2018. Det er anbefalt å bevare kantvegetasjonen og ha kontroll på forurensning fra landbruket.

Høydalsbekken

Høydalsbekken fremstår som en relativt lang bekk og om lag 3,8 km ble kartlagt. Dette var ikke det endelige vandringshinder, og fisk kan trolig vandre helt opp til Urdalstjørna som er 450 meter videre oppstrøms. Bredden på bekken er ca. 2-3 meter. Det var grei vannføring på tross av lengre tørke. Bekken er sterkt påvirket av fysiske inngrep. Spesielt store fysiske inngrep finnes i midtre del der bekken renner langsmed og innunder et industriområde. Det ble fra lokalt hold informert om at det av og til luktet vaskemiddel og at bekken ble farget. I tillegg er store deler av bekken kanalisert og påvirket av urban aktivitet. I tillegg krysser bekken flere steder en bilvei gjennom kulverter, men ingen av disse ble vurdert til å være vandringshindrende. På tross av dette ble det sett mange ungfisk ved befaringen helt opp til områdene oppstrøms industriområdet og det ble observert gode gyte- og oppvekstforhold flere steder i bekken. Vår vurdering er at bekken har stor verdi for fiskeproduksjon.

Påvirkninger

Hovedvirkningene i Høydalsbekken er trolig utslipp fra industriområdet i øvre del, kanalisering og bekkelukking samt annen urban aktivitet i nedre del.

Tiltak

Bekken fremstår som en viktig sjøaurebekk. Derfor bør det være kontroll på eventuelle utslipp fra industri i de øvre delene av bekken, annen forurensning i urbane omgivelser bør forhindres, i tillegg bør kantvegetasjonen bevares. Et mulig tiltak kan være å legge om bekken i industriområdet, slik at bekken åpnes opp igjen ved å lage et nytt bekkeløp på østsiden av industriområdet og ikke som en bekkelukking som i dag. Det bør også være mulig å åpne opp andre steder av bekken som er unødvendig lukket. Videre er det en flaskehals for flommer i den helt nedre delen av bekken, der bekken krysser nederste vei. Her er bekken unødvendig innsnevret slik at det oppstår oppstuing og fare for flomskader inn mot parkeringsplass og bebyggelse. Her bør bekken utvides i nederste krysningspunktet med vei. Trolig kan hele dette krysningspunktet fjernes, og bekken bør utvides med minst 1 meter til en av sidene mot landbruk hele veien ned til utløpet med Sokno. Videre bør det legges ut flere blokker og steiner i den nedre delen som består kun av betong. Her var det tidligere lagt ut noen få blokker.



Høydalsbekken har fremdeles gode gyte- og oppvekstforhold for fisk.



Visse steder er bekken støpt og er uegna for fiskeproduksjon.



Selv om bekken er forbygd flere steder, har bekkebunnen fremdeles gode forhold for fisk.



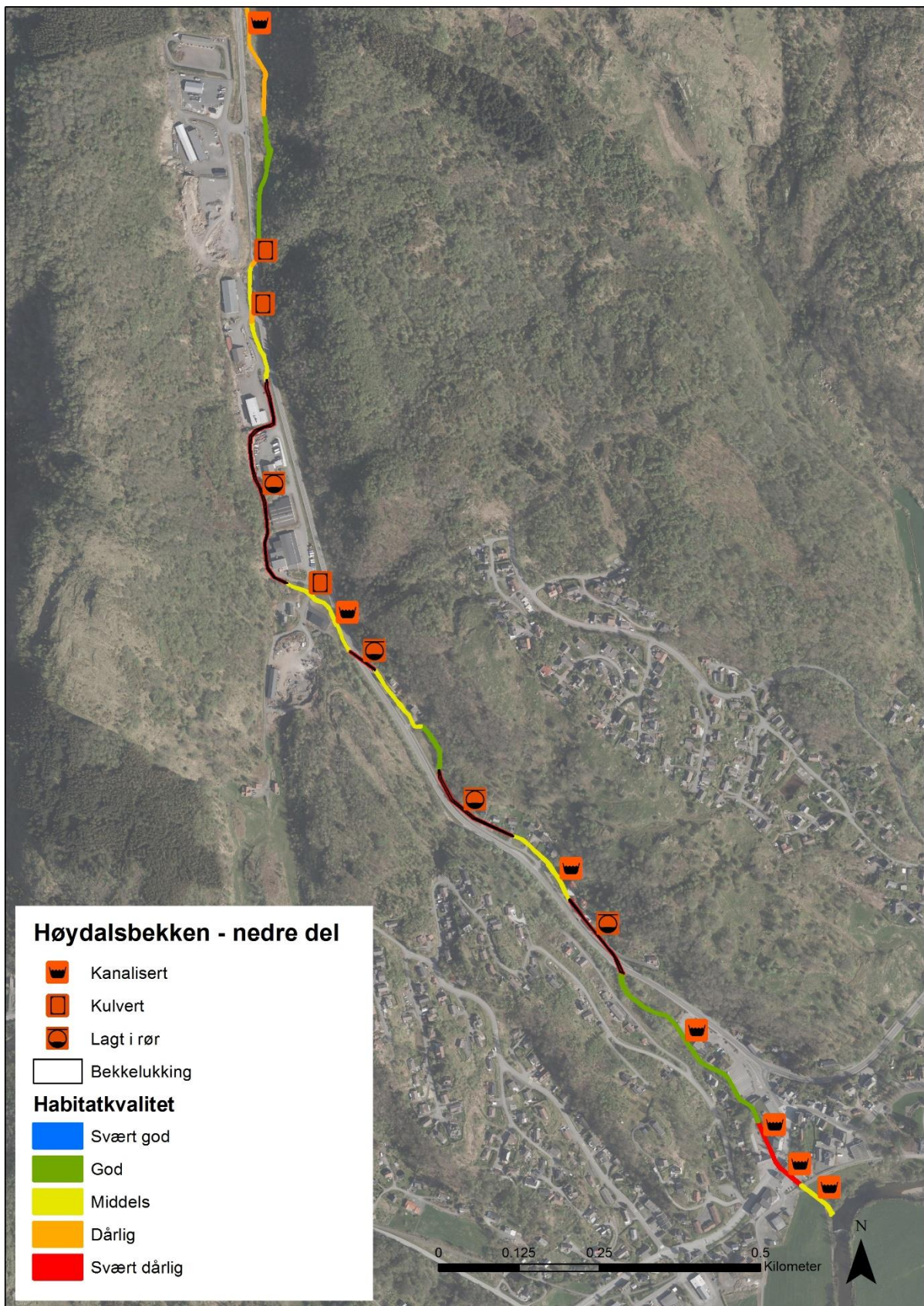
Bekken er senket og flomsikret enkelte steder.



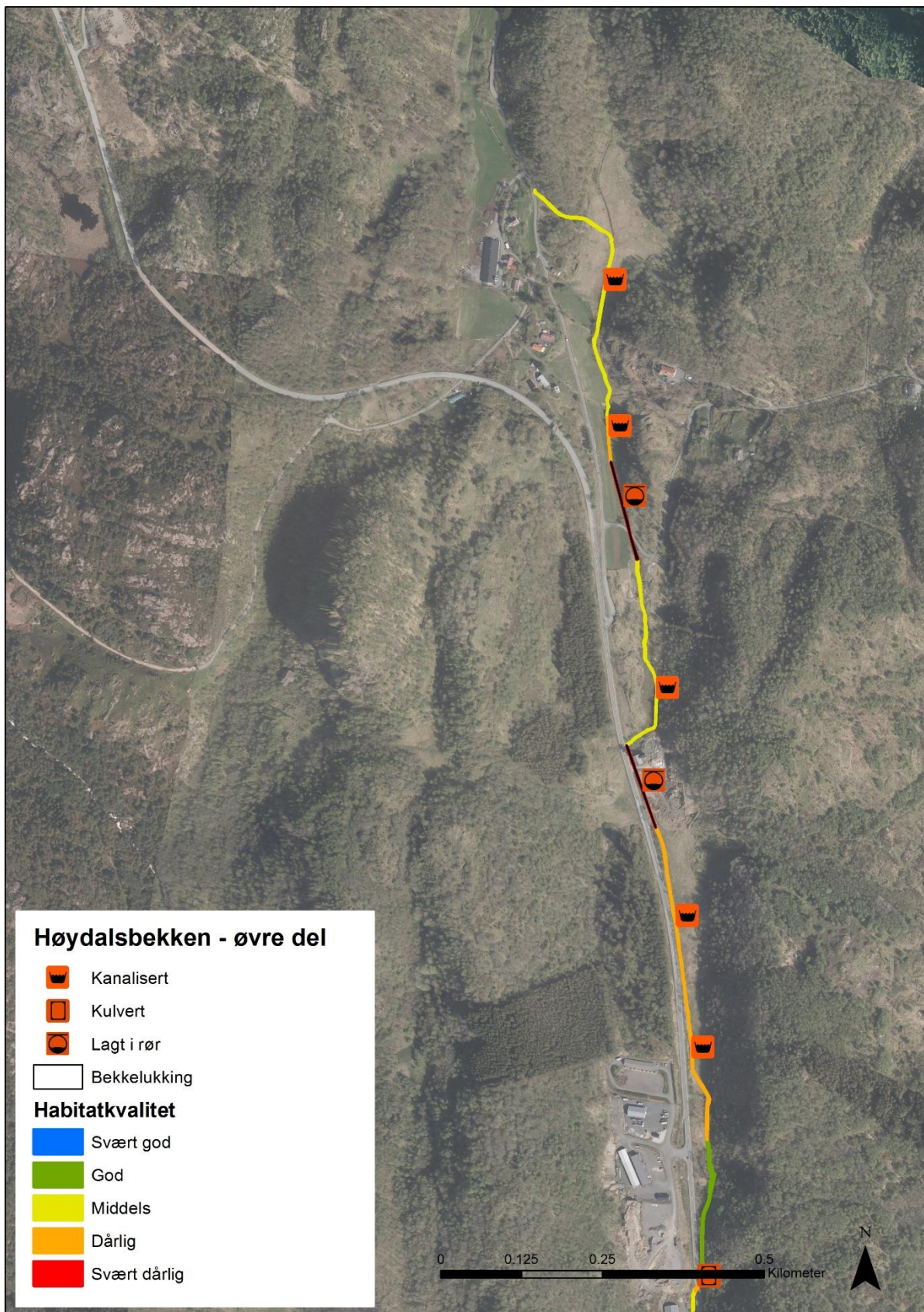
Flere steder er beken lagt i rør eller kulvert. Disse bør ikke være hengende og det bør lages strukturer inne i de.



I øvre del er bekken lukket og går under et industriområde.



Figur 28. Oversikt over nedre del av Høydalsbekken som ble kartlagt i mai 2018. Flere steder kan bekken vurderes å åpnes opp igjen.



Figur 29. Oversikt over øvre del av Høydalsbekken som ble kartlagt mai 2018. Flere steder kan bekken vurderes å åpnes opp igjen.

Kjellandsåna

Kjellandsåna er ca. 500 meter lang og er smal. Bekken er sterkt påvirket av landbruk og mye kantvegetasjon var hogd ned. Bunnen i bekken bestod for det meste av mudder og det ble ikke observert gytemuligheter. I nedre del består bekken av flere små vann/høler og kan være viktige oppvekstområder for aure. En god del vannvegetasjon ble observert, og dette fungerer som skjul for ung- og voksenfisk. Vår vurdering er at bekken har begrenset verdi for fiskeproduksjon grunnet mangel på gytemuligheter. Siden all fisk som skal opp i Årstadbekken må migrere gjennom Kjellandsåna, er det viktig at konnektiviteten er bra i Kjellandsåna. Engh et al. (2022) undersøkte vannkvalitet, bunndyrindeks (ASPT) og påvekstalger og klassifiserte bekken samlet med moderat tilstand. Bekkehabitat for fisk er også kartlagt av Irgens et al. (in prep.). Resultatene er mer differensiert der, men i summen det samme («moderat» tilstand). Kjellandsåna med omkringliggende mark fremstår som et viktig våtmarksområde og er trolig en viktig biotop for mange andre arter.

Påvirkninger

Hovedpåvirkningene i Kjellandsåna er landbruk med tilhørende forurensing, redusert flomdynamikk og hogst av kantvegetasjon.

Tiltak

Kjellandsåna har et mindre produksjonspotensial for fisk grunnet lav gradient. Kantvegetasjonen bør bevares og suppleres. Tilførsel av næringssalter bør reduseres. Trolig kan ungfisk vandre fra hovedløpet og opp i bekken for næringssøk, spesielt i de litt større kulpene i nedre del. En økning av flomdynamikk ved fjerning av forbygning fra Sokna vil bidra til perioder med selvrensing og reduksjon av finsediment.



Figur 30. Kjellandsåna har mye vannvegetasjon som fungerer som skjul for fisk. Bunnen bestod stort sett av mudder.



Figur 31. Kjellandsåna er en sakteflytende bekk.



Figur 32. Øvre del av bekken er en smal kanal som går opp til Kryptevik.



Figur 33. Noen steder var det spredte steiner og blokker.



Figur 34. Nedre del av bekken hadde små vann/innsjøer som er viktig biotop for mange arter.



Figur 35. Vannene er i tillegg viktig leveområder for fisk, spesielt ved lav vannføring i bekken og i en vintersituasjon.

Årstadbekken

Årstadbekken fremstår som en relativt lang bekk og er ca. 2 km opp til Årstadjørna. Kartleggingen stanset ca. 800 meter nedstrøms dette vannet. Bekken er sterkt påvirket av landbruk i nedre del (nedstrøms nederste veibru) og bunnen i denne delen av bekken bestod for det meste av mudder og gytemulighetene var begrenset. I øvre del (oppstrøms veibrua) var det flere gode gytemuligheter og mer stein og grus i bekkibunnen. Generelt var kantvegetasjonen ivaretatt, og den var stort sett også frodig. Vår vurdering er at bekken er viktig for fiskeproduksjon.

Påvirkninger

Årstadbekken fremstår som relativt sett nokså urørt og bør bevares. Bekken renner gjennom et spesielt våtmarksområde og utgjør en viktig del av dette området.

Tiltak

Det kan være aktuelt å legge ut noen blokker og steiner i den nedre delen av Årstadbekken som har en god del mudder i bunnen. Kantvegetasjonen er viktig og må bevares.



Det er mye mudder i den nedre delen av Årstadbekken.



Bekken renner langsmed landbruk, og kan bli påvirket av dette.



Figur 36. Øvre del av bekken har flere gode gytemuligheter og har mer grus i bunnen enn i nedre del.



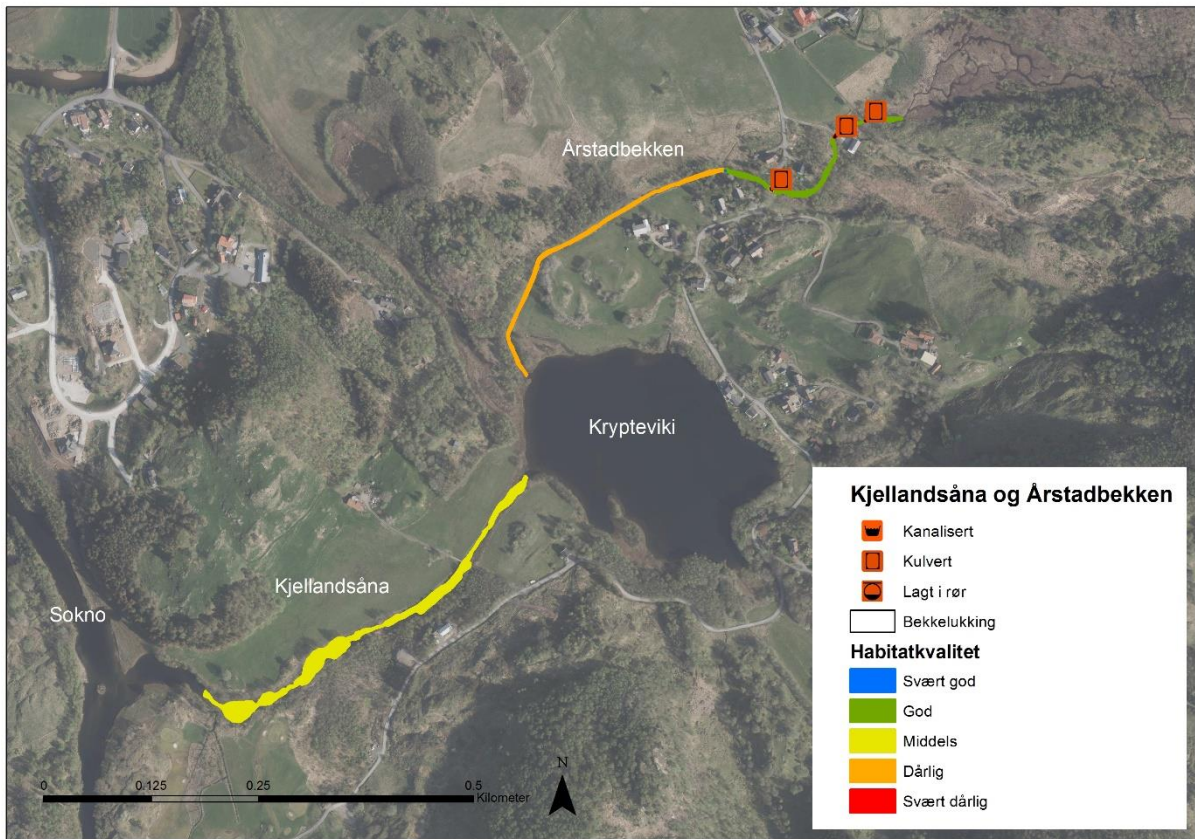
Figur 37. Kulvertene var ok men det bør lages strukturer inne i de.



Figur 38. Øvre del renner gjennom et våtmarksområde og har en viktig verdi.

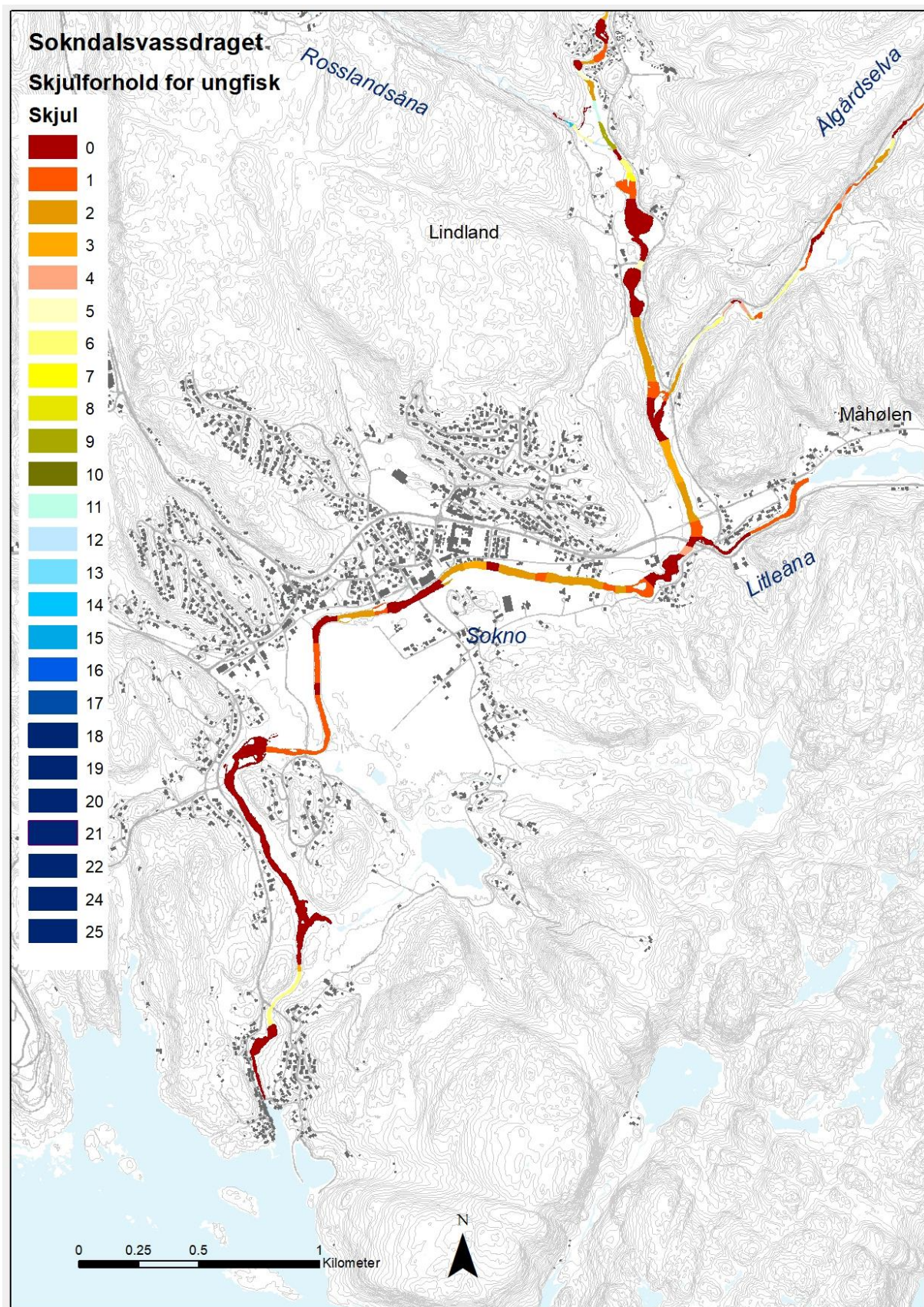


Figur 39. I våtmarksområdet var det myr mudder og siv langs kantene av bekken.



Figur 40. Oversikt over Kjellandsåna og Årstadbekken som ble kartlagt mai 2018.

2.2.1 Flaskehalsanalyse fiskehabitat



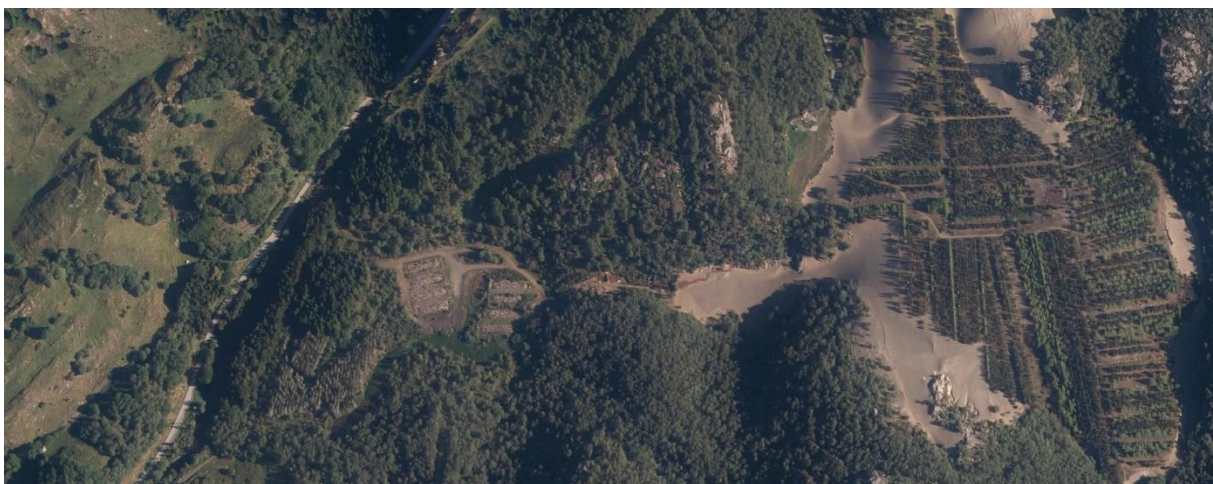
Figur 41. Kart over skjul i elvebunn

Vurdering av gyte- og oppvekstforhold for laks og sjøørret i Sokndalsvassdraget

De ulike vassdragssegmentene i Sokndalsvassdraget har forskjellige gradientforhold og topografi. Mens deler av vassdraget, særlig i de øvre delene, går i bratte og smale dalsøkk med semifluviale «varierte stryk» og «kaskader», er nedre deler av vassdraget flatere og med vesentlig lavere gradient. Her dominerer fluviale elvetyper med kulp-stryk-type, finsedimenttype og kunstige, kanaliserte stryk. Dette gir også forskjeller i habitatforhold og en ujevn fordeling av habitater i vassdraget. Det har til dels naturlige årsak (forskjellige elvetyper) men er også påvirket av menneskelige inngrep (sandutslipp, kanalisering og terskler).

De beste gyteforholdene finner en sentralt i Sokno. Særlig i strekningen ovenfor munning Ålgårdelva på de flatere elvestrekningene, mens de beste oppvekstforholdene for ungfisk finnes på de moderat bratte partiene av elvene, gjerne med gradient fra 0,5-1,5 % med mere skjul (Pulg m.fl. 2018). Generelt er skjul for ungfisk vurdert som den største flaskehalsen for fiskeproduksjonen i vassdraget. En slik situasjon forventes naturgitt i flate finsedimentstrekninger, men det er påfallende hvor lite skjul det er i brattere elvetyper fra Ålgårdelva og videre nedover munningen i Sokna. Her ligger store mengder sand som kan følges fra Ålgårdelva og ned til munningen i sjø. Disse sandsedimentene er godt synlig på de historiske flyfotoene fra 1969 og sandbanker finnes utelukkende nedenfor gruve- og deponianlegget Sandbekk.

Frem til 1960-tallet ble det tatt ut malm fra ilmenittgruvene Sandbekk. I 1965 ble gruvedriften flyttet til Tellenes utenfor Sokndalsvassdragets nedbørsfelt¹. Nyere flyfoto og kartleggingen viser at disse sandbankene har grodd igjen med busker og trær og har på den måten blitt stabilisert. Sandutslippet har trolig blitt redusert siden 1960-tallet, men habitatkartleggingen viste at sand fortsatt kan transporteres fra sanddeponiet Sandbekk og ned til Ålgårdelva. Til tross for revegeteringsforsøk har deponiet fortsatt store ikke begrodde områder som er utsatt for erosjon. Sandtilførsel til vassdraget over tid, både fra aktiv drift i gruve Sandbekk og fra deponiet senere, er en viktig forklaring for de lave skjulforholdene i Sokno nedenfor munning Ålgårdelva. Finsedimenttilførsel er dessuten kjent som en av de største truslene mot den rødlistete elvemuslingen og det er sannsynlig at den også har påvirket elevmusling i Soknavassdraget (Magerøy et al. 2020).



Figur 42. Sanddeponi ved Sandbekk med åpne erosjonsutsatte arealer i flyfoto fra 2019

¹ https://snl.no/Titania_AS

Herunder følger en vurdering av habitatforholdene på de ulike vassdragssegmentene.

Bakkaåna

Fra Toksafossen og ned til Brandsberg er Bakkaåna forholdvis bratt, og med elvebunn dominert av blokker og store stein. Det er svært få gytemuligheter på strekningen, og hovedsakelig kun da som mindre «lommer» med grus og stein innimellom større stein. Det storsteinete bunnssubstratet gir noe skjulmuligheter for ungfisk, og enkelte partier kan også sies å ha gode oppveksthabitat for ungfisk. Store deler av elven er imidlertid for hurtigrennende og stri for ungfisk, og strekingen kan totalt sett karakteriseres som å ha moderat kvalitet som oppveksthabitat for ungfisk. Det er også flere mindre fosser som kan være vanskelig å passere for fisk, og som trolig kun er passerbare på visse vannføringer.

Fra Brandsberg og ned til kraftstasjonene ved Lindland veksler Bakkaåna mellom flatere partier og enkelte fall med striere partier, og det er flere områder med gode gytemuligheter. Skjulforholdene for ungfisk er noe varierende, men stedvis er det svært gode habitatforhold for ungfisk, og totalt sett vurderes gyte- og oppveksthabitat på strekningen som gode.

Rosslandsåna

Rosslandsåna er til dels kort og forholdvis bratt, og med lav vannføring. Det ble ikke funnet gytemuligheter, mens skjulforholdene var moderat til gode, særlig i nedre del. Totalt sett har Rosslandsåna trolig begrenset verdi som gytebekk, men det er sannsynlig at deler av strekningen kan fungere som oppvekstområder for ungfisk som vandrer opp fra hovedelven.

I utløp Lindland kraftverk har det blitt observert død og oppkappet ørret og ål, trolig som følge av turbinpassasje.



Figur 43. Oppkappet ål og ørret nedenfor Lindland kraftverk, observert på gytefisktelling 2013

Ålgårdselva

Ålgårdselva er totalt sett den lengste lakseførende elvestrekningen i vassdraget. Det er også flere innsjøer på elvestrekningen. I øvre del, fra vandringshinderet like nedstrøms Orrestadvatnet og ned til Myssavatnet, samt mellom Myssavatnet og Botnvatnet, er det kun to korte elvestrekninger. Begge disse elvestrekningene har gode gytemuligheter, mens ungfiskhabitatet kan karakteriseres som moderat. For øvrig er vassdragsavsnittet variert, med både strie strykområder og roligere partier. Det finnes gode gytemuligheter spredt på hele elvestrekningen. Skjulmålinger tilsier at det er gjennomgående lite til moderate skjulforhold for ungfisk, men i kombinasjon med vannvegetasjon og strømforhold vurderes oppvekstforholdene for ungfisk som gode. Habitatforholdene er imidlertid negativt påvirket av utslipp av finmasser fra Sandbekk. I tillegg finnes andre utslipp i området, trolig spillvann eller avløp.

Litelåna

Øvre del av Litelåna er forholdsvis bratt før gradienten avtar ned mot Måhølen. Innløpsområdet til Måhølen har svært gode gyteforhold, og det er også middels til gode skjulforhold for ungfisk på strekningen. Strekningen Måhølen og ned til samløpet i Sokno, er så å si et sammenhengende gyteområde med svært gode gyteforhold. Her er imidlertid skjulforhold for ungfisk begrenset.

Sokno

I motsetning til de ulike tilløpselvene, er Sokno forholdsvis flat og bred og med lav gradient. I øvre del, fra Lindland og ned mot sentrum i Hauge, veksler elven mellom lette strykpartier og høler/renner. Elvebunnen består her av grus og mindre stein og gyteforholdene er svært gode. Nedover Sokno avtar gradienten, og innslaget av finkornet sediment øker. Det er allikevel gode gytemuligheter flere steder på strekningen også i nedre del. Det forholdsvis finkornete bunnssubstratet resulterer i at skjulforholdene for ungfisk er begrenset, og vurderes som den største flaskehalsen for ungfiskproduksjon i Sokno.

2.2.2 Viktige påvirkningsfaktorer i vassdraget

I tillegg til forsurening og vassdragsregulering, ble det under kartleggingen identifisert ulike typer inngrep og menneskelig påvirkning i Sokndalsvassdraget. Flere steder er det ulike typer forbygninger av elvebreddene, og stedvis bærer elven preg av noe kanalisering. De fleste forbygningene har klare funksjoner i form av sikring av bebyggelse og infrastruktur, og er stort sett av en karakter der de har liten direkte påvirkning på habitatforholdene. De eksisterende tersklene i Sokno har liten verdi som gyte- og oppvekstområde for ungfisk, men bidrar trolig til å skape noe større vannvolum som oppholdsplass for voksne fisk, som kan være gunstig i varme og tørre perioder på sommer og høst. Dersom tersklene skal vedlikeholdes i fremtiden vil vi imidlertid anbefale at de justeres og får en mer naturtypisk utforming.

For øvrig ble det identifisert flere utslippskilder med både organisk (kloakk og landbruk) og et ubestemmelig utslipp fra et rør ved Sandbekk. Ved det sistnevnte ble det også funnet en død fisk, noe som tilsier at utslippet kan ha negativ effekter på fiskebestanden.

Svært omfattende er forurensing av elvebunnen med finsediment på strekningen nedstrøms Sandbekk. Det var ikke klart om sedimentene kom fra et enkelt utslippspunkt, eller om det ble tilført fra flere steder, men finsedimentene ble først observert i elven like nedenfor industriområdet ved Sandbekk. Finsedimentet herfra kan også følges på gamle flyfoto og var enda mer omfattende i 1969. Finsedimentforurensingen resulterer i en vesentlig forringelse av både gyte- og oppveksthabitat på strekningen. Det er svært lite skjul og hulrom i elvebunnen nedenfor, hovedsakelig vektet skjul 0-2 (Figur 41). Finsediment som har forringet hulrom i elvebunn gjelder som viktig årsak for de påfallende lave fisketettheter i vassdraget. Gjennomsnittlig ble det bare funnet 5 eldre laksunger og 3 eldre ørret per 100 m² i 2020 og det samsvarer også med årene før². Dette er 2-10 ganger mindre enn i sammenlignbare vassdrag og kan ikke forklares med forurensingsbildet ellers, forsurening eller andre inngrep. Også for elvemusling i Sokna gjelder finsediment og forurensing som hovedtrussel (Sandaas og Enerud 2018). Ahmad (2023) påpeker at det er et stort omfang av sandtransport fra Sandbekområdet og i Ålgårdselva.

Det er mulig at finsedimentene over tid vil vaskes ut ved flommer, men en slik renseprosess vil forutsette gjentakende store flommer og at sandtilførselen stoppes. Det kan ta flere årtier før habitatforhold gjenopprettes, avhengig av flomfrekvens og størrelse.

Finsedimentutslipp fortsetter imidlertid. Flyfoto og flere utslipp i Ålgårdelva tyder på at det fortsatt tilføres store mengder sand fra elvebredden og deponiet som ikke er revegetert eller erosjonssikret. Finsedimentutslippet er så omfattende (Skoglund et al., 2019 og Figur 41, Figur 14) at det betraktes

² Miljødirektoratet rapport M-2182 | 2021

som vesentlig faktor som begrenser sjøaure-, lakse- og trolig også elvemuslingproduksjon i vassdraget nedenfor Sandbekk.

Flere steder langs vassdraget har kantvegetasjon blitt fjernet, hovedsakelig langs dyrket mark. Kantvegetasjon bidrar både til å gi skjul og økt tilgang til næringsdyr for fisk, redusere erosjon og avrenning til vassdraget, og er av stor betydning for livet i og langs vassdragene. Kantvegetasjon bidrar dermed ikke bare til å gi direkte positive effekter for fisk, men også bidra til å binde næringsstoffer og dermed bedre vannkvaliteten og den øvrige miljøtilstanden i vassdraget.

3 Klimascenario og klimapåslag

Klimaet er i endring. Uavhengig hvor raskt det norske samfunnet klarer å redusere utslippene av klimagasser nasjonalt, regionalt og lokalt, vil klimaet i Norge videre endre seg mot varmere og våtere forhold (Hanssen-Bauer m.fl., 2015). Hvordan det *globale* klimaet i framtida vil videre utvikle seg er usikkert. Det er enda mer usikkert hvilke konsekvenser det vil få for natur og samfunn. For å skissere et mulig fremtidsbilde brukes derfor såkalte utslippsscenarioer som beskriver økningen av klimagasser og forurensning som følge av menneskelig aktivitet, inkludert endringer i arealbruk på et globalt skala. Utslippsscenarioene gir en kvantitativ beskrivelse av konsentrasjonene av klimagasser i atmosfæren over tid, så vel som klimapådriv (varmeeffekt i W/m^2) i år 2100 sammenlignet med 1750 (førindustriell tid). Utslippsscenarioet RCP8.5, for eksempel, vil føre til en samlet varmeeffekt på $8,5 W/m^2$ i 2100. RCP8,5 er et høyt utslippsscenario uten effektiv politikk for utslippsreduksjon, noe som fører til at konsentrasjonen av klimagasser i atmosfæren fortsetter å øke raskt.

I løpet av de neste årene vil vi være nødt til å finne helhetlige og bærekraftige løsninger for å være forberedt på og kunne tilpasse oss disse endringene. Vi må finne strategier for klimatilpasning lokalt. I denne rapporten belyses hvordan forskjellige klimatilpasningsstrategier vil påvirke fysisk klimarisiko i Dalane vannområde/Sokndal kommune.

For å være «føre-var» skal en legge til grunn høye alternativer fra nasjonale klimafremskrivninger når konsekvensene av klimaendringer vurderes i Norge (Meld. St. 33, 2013). I de fylkesvise klimaprofilene utviklet av Norsk Klimaservicesenter beskrives derfor forventede klimaendringer ved høye klimagassutslipp (RCP8,5).

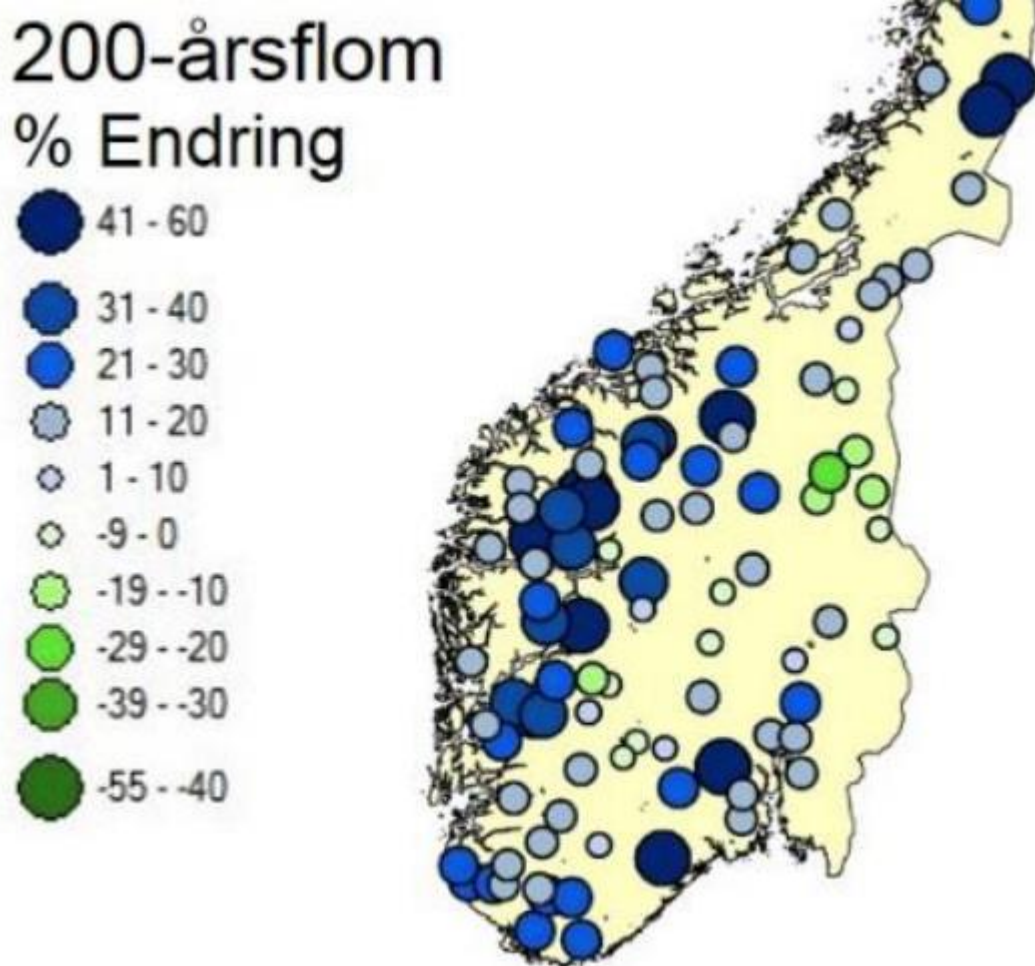
Ifølge klimaprofil Rogaland «vil klimaendringene særlig føre til behov for tilpasning til **kraftig nedbør og økte problemer med overvann; endringer i flomforhold og flomstørrelser**; jordskred og flomskred, samt havnivåstigning og stormflo.»

Sokndal kommune er en av kommunene i Rogaland som er mest utsatt for flomskader i dagens klima. Kommunen har fått 2,1 millioner kroner i forsikringsutbetalinger for flom i tidsrommet 2007-2017 (Jansen m.fl., 2019). Uten tiltak er det sannsynlig at skadeomfanget vil øke med framtidige klimaendringer i form av flere og større regnflommer.

Gitt et høyt utslippsscenario gjelder et anbefalt klimapåslag mellom 30 og 50 % for Rogaland for kraftig nedbør, avhengig av varighet og dimensjonerende gjentakintervall. I kystnære nedbørfelt forventes generelt en økning i flomstørrelse på 20 til 30 % (Figur 44). Det anbefales å ta hensyn til en økning i flomstørrelse på 20 % for alle større nedbørfelt $>100 km^2$ (NVE rapport, 2016). Nedbørfeltarealet for

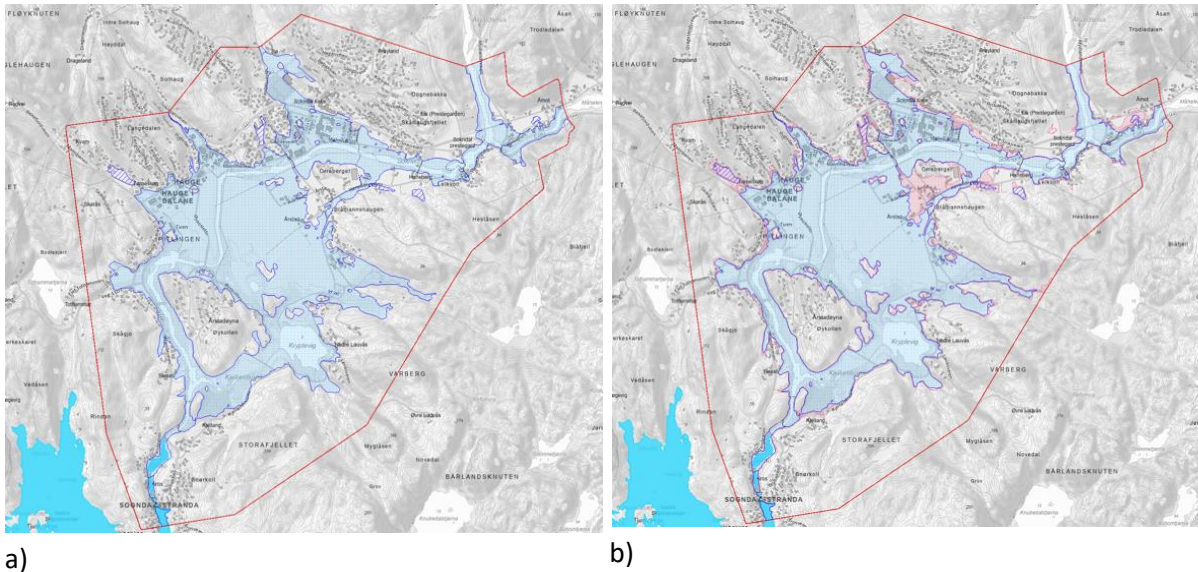
Sokndalsvassdraget omfavner omtrent 300 km². En nyere flomsonekartlegging viser utsatt område ved en 200-års flom uten og med et klimapåslag på 20%³ (Figur 45).

Hovedkonklusjonen er at gitt klimascenario med 20 % økning av kulminasjonsvannføring av 200-års flommen er hensiktsmessig gitt nåværende kunnskapsgrunnlag.



Figur 44. Prosentvis endring i 200-årsflom mellom referanseperioden 1971-2000 og framtidsperiode 2071-2100 under RCP8.5. Verdien som er vist er medianen av 500 framskrivninger for hvert nedbørfelt (NVE rapport, 2016).

³ <https://temakart.nve.no/tema/flomsone>



Figur 45. Flomsonekart for Sokndal (<https://temakart.nve.no/tema/flomsone>), a) uten klimapåslag, b) med et klimapåslag på 20%.

4 Hydraulikk og hydrologi

4.1 Bakgrunn

Flomfare øker på grunn av klimaendringer (Kundzewicz et al., 2014; Wilby & Keenan, 2012). For mange deler av Europa er en økning i risikoen for alvorlige flomskader forutsagt for de neste tiårene (Alfieri et al., 2016). Det samme gjelder for Norge hvor ulike studier fremhever denne naturfaren som en av de store utfordringene å håndtere på grunn av klimakrisen (Naess et al., 2005; Nie et al., 2009). I bratte fjellområder som i Norge, må ikke bare oversvømmelse av hus og infrastruktur nevnes som en samfunnsøkonomisk risiko, men også erosjon av flomområder og tilhørende hus, veier og jernbanelinjer (Hauer et al., 2021; Hauer & Habersack, 2009). Dermed må ikke bare vannstanden i seg selv (vanlig flomsonekart), men også hydrauliske krefter som er ansvarlige for erosjon (for eksempel strømningshastighet, Froude-tall) tas i betraktning ved flomfareanalyse. For flomfarekartlegging bør to-dimensjonal dybdemiddel (ustasjonær) hydrodynamisk-numerisk modellering anses som state-of-the-art i integrert vassdragshåndtering (Beffa & Connell, 2001; Yu & Lane, 2006). Dette ble også funnet ut i den foreløpige flomrisikovurderingen basert på 1D-hydrodynamisk numerisk modellering for Sokna-elven (Boks 1) (Hauer, 2022). Med denne 2D-modelleringsmetoden er nøyaktige forutsigelser av oversvømte områder, strømningshastigheter og vannstand mulig, og en detaljert utforming av flomforebyggende tiltak kan diskuteres og implementeres (for eksempel Qi & Altinakar, 2011).

Boks 1: Resultatene fra Hauer (2022) må betraktes som en *foreløpig studie* for *mulig flomrisikoreduksjon*, og en videre analyse med en *kalibrert* og *validert to-dimensjonal hydrodynamisk-numerisk modell* MÅ gjennomføres før beslutning om gjennomføring av tiltak kan tas!

4.2 Målsetting

Målet med dette kapittelet er å adressere både (i) de hydrauliske grensene i dagens situasjon rundt elvelandskapet ved Hauge og Sokna og (ii) diskutere ulike alternativer for flomreduserende tiltak i detalj. Målet er å behandle aktive flomsikringstiltak på et praktisk relevant nivå, med detaljert informasjon om batymetrisk endring for å oppnå flomsikkerhet for Hauge for en designflomavrenning på $340 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$.

4.3 Metode

For å oppnå målene ble det benyttet en sammenlignende analyse av ulike morfologiske innstillinger. Den sammenlignende analysen var basert på ulike scenarier for såkalte "aktive flomsikringstiltak". I motsetning til "passive flomsikringstiltak" (f.eks. opphold av flomvann) betyr "aktive flomsikrings tiltak" en strukturell endring av elva eller de omkringliggende flomflatene, som endrer de hydrauliske egenskapene på modifikasjonsstedene (f.eks. Robinson et al., 2010). Videre ble ulike studier om flomrisikoanalyse og flomreduserende tiltak i Soknavassdraget vurdert for det presenterte arbeidet (f.eks. NVE, 2013).

4.3.1 Hydrodynamiske-modeller

En sentral metodologisk tilnærming i dette prosjektet var integreringen av en hydrodynamisk modell for endelig flomrisikovurdering. I det følgende kapittelet forklares de underliggende formlene, og de anvendte programvarepakker beskrives.

I denne studien blir numerisk strømningsmodellering utført på grunnlag av Navier-Stokes ligninger. Den generelle formen for Navier-Stokes ligninger for bevaringsvariabelen ϕ kan skrives i koordinatfri form for en inkompressibel væske som følger:

$$\partial\phi/\partial t + \nabla \cdot (u\phi) = \nabla \cdot (\Gamma \nabla \phi) + S_\phi$$

Størrelsen ϕ tar verdien 1 for massebevaring, hastigheten u for bevaring av bevegelsesmengde, og energihøyden h for bevaring av energi (Versteeg & Malasekera, 2007). Diffusjonskoeffisienten i bevaringsligningene for bevegelsesmengde beregnes som følger:

$$\Gamma = \rho \cdot (v + v_{\text{eff}})$$

Vannets tetthet antas å være $\rho = 1000 \text{ "kg" "m" }^{-3}$, og den kinematiske viskositeten $\nu = 1,31 \times 10^{-6} \text{ "m" }^2 \text{ "s" }^{-1}$. Den effektive viskositeten v_{eff} bestemmes med en turbulensmodell.

Kilder og sluk inngår i ligningen via kildeleddet S_ϕ . Trykkrefter inngår spesielt i bevaringsligningen for bevegelsesmengde via kildeleddet som følger:

$$S_\phi = 1/\rho \cdot \nabla p$$

Hydrodynamisk modellering med to dimensjoner og dybdeavgang baserer seg på et uregelmessig terrengnett. Det uregelmessige terrengnettet ble opprettet med (i) infrarød LiDAR-data (levert av høydedata) og (ii) tverrsnittsmålinger (levert av NVE.atlas.no). Datasettet ble videre forbehandlet av

SCOPE++ (Pfeifer & Mandlbürger, 2017), som muliggjør en optimalisert dataminimering uten å miste terrenginformasjon ved å fastsette en terskel for z-koordinatet (f.eks. 10 cm), der koordinatpunkter må beholdes i bunnkart / modelleringsnett. For Sokna inneholdt forbehandlingen med SCOPE++ en dataminimering på 94 % uten å miste noen bunnkartrelevante opplysninger. Videre måtte ruhetverdier justeres i henhold til infrastruktur og ulik arealbruk langs elva og flomslettene. Følgende ruhetverdier (Manning n-verdier) ble etablert; (i) hovedkanal = 0.045, (ii) bebyggelse = 0.143, (iii) veier = 0.014, (iv) kantskog = 0.083 og (v) elveslette 0.056.

Modelleringsnettet består av 538 213 noder og 1 072 815 nettverkselementer. Nedstrøms grensebetingelser (høydeforskjell vannspeil) ble bestemt ut fra hydrauliske forhold ved munningen til havet, og oppstrøms grensebetingelser ble delt med (i) 240 m³/s for Sokna og (ii) 100 m³/s for Litlåna - som gir en samlet designflom på 340 m³/s for landsbyen Hauge.

4.3.2 Scenario 3.0

Scenario 3.0 definerer nåværende status ved Sokna elv / Hauge. Bathymetrikartet i sentralområdet av interesse er presentert i Figur 48. Fargerekkevidden for terrenghøyde er satt mellom 0 og 8 m.o.h. for å være mer presis på de forskjellige trinnene i høyden (f.eks. endring i elvebathymetrikartet på grunn av terskelen og oppstrøms sedimentavsetninger).

4.3.3 Scenario 3.1

I Figur 46 og Figur 47 er ulike bathymetrikartmodifikasjoner fremhevet og merket i en oppsummert visning som Scenario 3.1. Konseptet følger naturlige brytningslinjer og grenser for historisk morfologisk utvikling av Sokna. Dette er også vist i på tiltakskartet i Figur 65.

Scenario 3.1 inkluderer følgende justeringer av elvebathymetrikartet og infrastrukturelementer merket fra nedstrøms til oppstrøms. Justeringene er i stor grad basert på forslagene fra den foreløpige 1D hydrauliske studien av Hauer (2022):

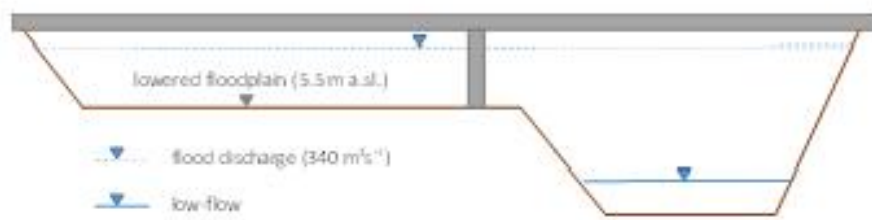
(1) Flomtunnel Lono til Rekefjord (ca. tidligere variant C, NVE 2013): Inntak foreslås på vestbredden av Lono i ytre elvesving rett sør for Pitlingen. Inntakshøyde settes til 3,15 moh.. Avløpskapasiteten for flomvannføring på 340 m³s⁻¹ er satt til 215 m³s⁻¹. Beliggenhet i en elvesving muliggjør en gunstig strømretning mot tunnelinntaket.

(2) Elveutvidelse: nedstrøms fra Hauge foreslås en elveutvidelse på høydenivå av nåværende elveleiet (3,2 m a.sl.) Dette muliggjør en win-win situasjon; (i) forbedret habitatkvalitet og miljøtilstand på grunn av selvformende dynamikk og (ii) økning av avløpskapasiteten til kanalen.

(3) Senkning av flomsletten: Flomsletten på omtrent 90 graders sving nedstrøms Hauge foreslås senket for å overvinne innsnevrende effekter og for å strømlinjeforme (øke spesifikk vannføring innenfor kanalbreddene) ved flomvannføringer. Senkningen ble etablert på et høydenivå på 4,2 moh.

(4) Fjerning av terskel: Terskelen i midten av det sentrale interesseområdet foreslås fjernet for å skape nok hydraulisk kapasitet.

(5) Ombygging av bro: Broen foreslås ombygd (gjenoppbygd), inkludert (i) en bredere tverrsnitt, (ii) omlokalisering av pilarer og en senket flomslette (slik som vist i prisnippskisse under).



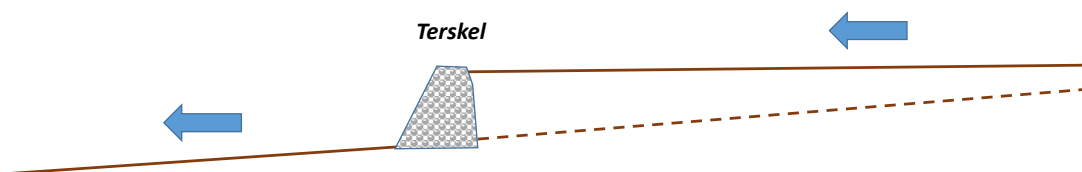
(a)

(b)

Figur 46. (a) Skjematiskt tverrsnitt for ombygging av Hauge-broen, inkludert senkning av flomsletten, (b) eksempel fra Alpenrhein-elven (Østerrike/Sveits) med en flomtilpasset brokonstruksjon.

(6) Senkning av flomsletten: - sørside langs hele løpet ved Hauge. Senkningen er delt inn i to seksjoner; (i) fra tidligere terskel til den innsnevrende delen ved fast fjellforekomst i flomsletten. For denne spesifikke delen ble senket sone satt 5,5 moh.; (ii) fra fast fjellforekomst til gårdshuset på (N58°20'32''E6°18'14'') ble det etablert en senkning til 6 moh. Høydeforskjellen på flomsletteterrenget ble brukt til å skape tilstrekkelig vannhastighet og nok hydraulisk kapasitet ved innsnevringene skap av fast fjell.

(7) Fjerning av terskler og senking av elven: Fjerning av terskel vil gi økt hydraulisk kapasitet og lavere vannstand ovenfor. Ved fjerning av terskelen vil det være nødvendig med en håndtering av avsatt sediment ovenfor. Elveløpet foreslås derfor senket (Figur 47) slik at det opprinnelige elvenivået før bygging av terskel reetableres med en kontinuerlig helning langs hele elveavsnittet. Massene kan håndteres slik som beskrevet i Pulg et al. (2022, s. 174), elveutforming bør skje i henhold til naturlig referanse (Pulg et al. 2018).



Figur 47. Lengdeprofil av nåværende tilstand (heltrukket linje) og etter terskel fjerning inkludert tilpasning av elvebunnen ved utgraving av avsatte sedimenter (stiplet linje).

4.3.4 Scenario 3.2

Dette siste scenariet inkluderer alle dybde- og terrengendringer fra Scenario 3.1, men inkluderer også flomvoller eller mur for å hindre videre oversvømmelse av hus og infrastruktur i den sentrale delen av Hauge. Implementeringen av flommur (eller diker) er presentert i Figur 52 og Figur 65.

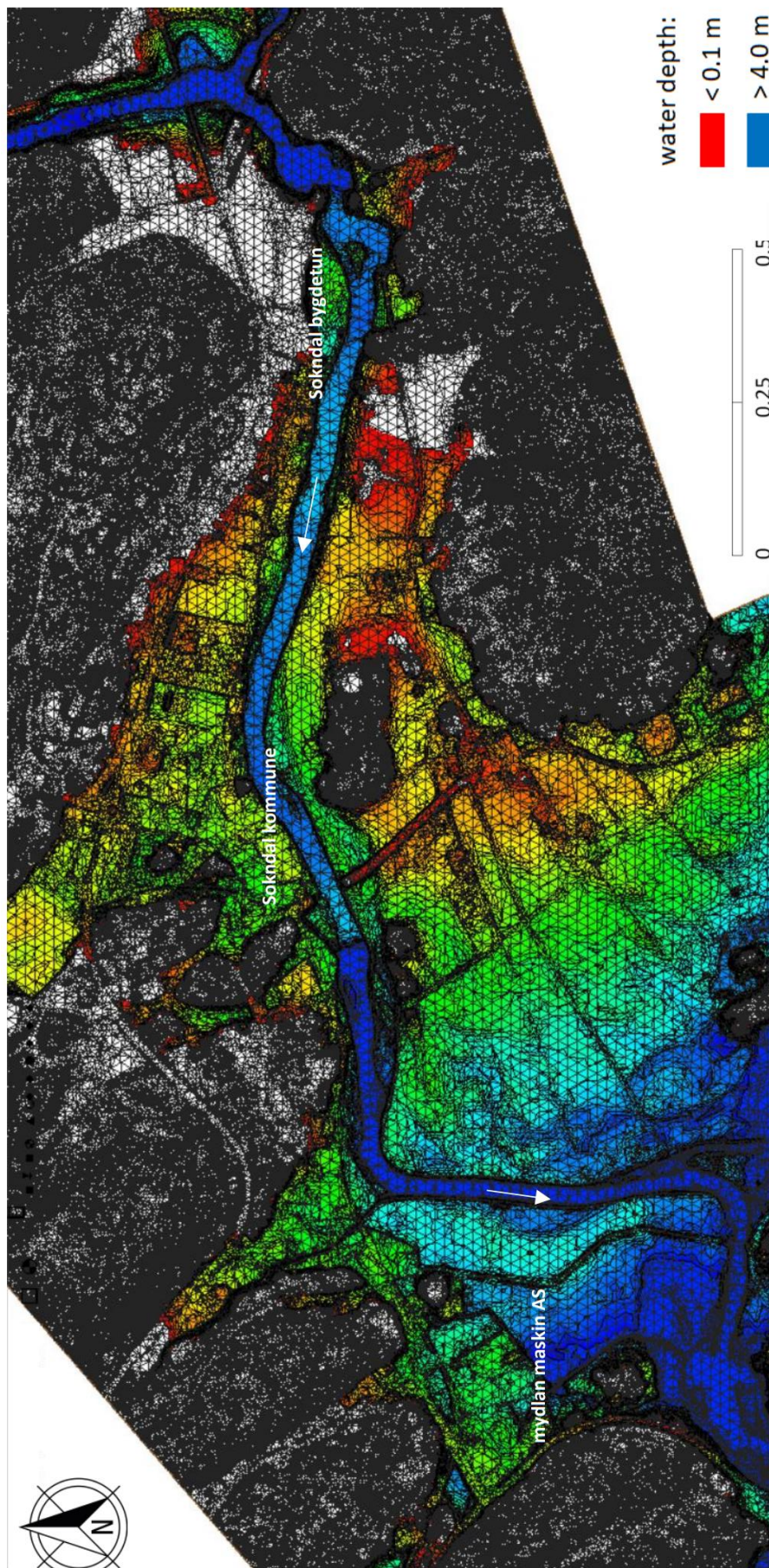
4.4 Resultater

I det følgende beskrives resultatene til den hydrauliske modelleringen for de enkelte delscenariene.

4.4.1 Scenario 3.0

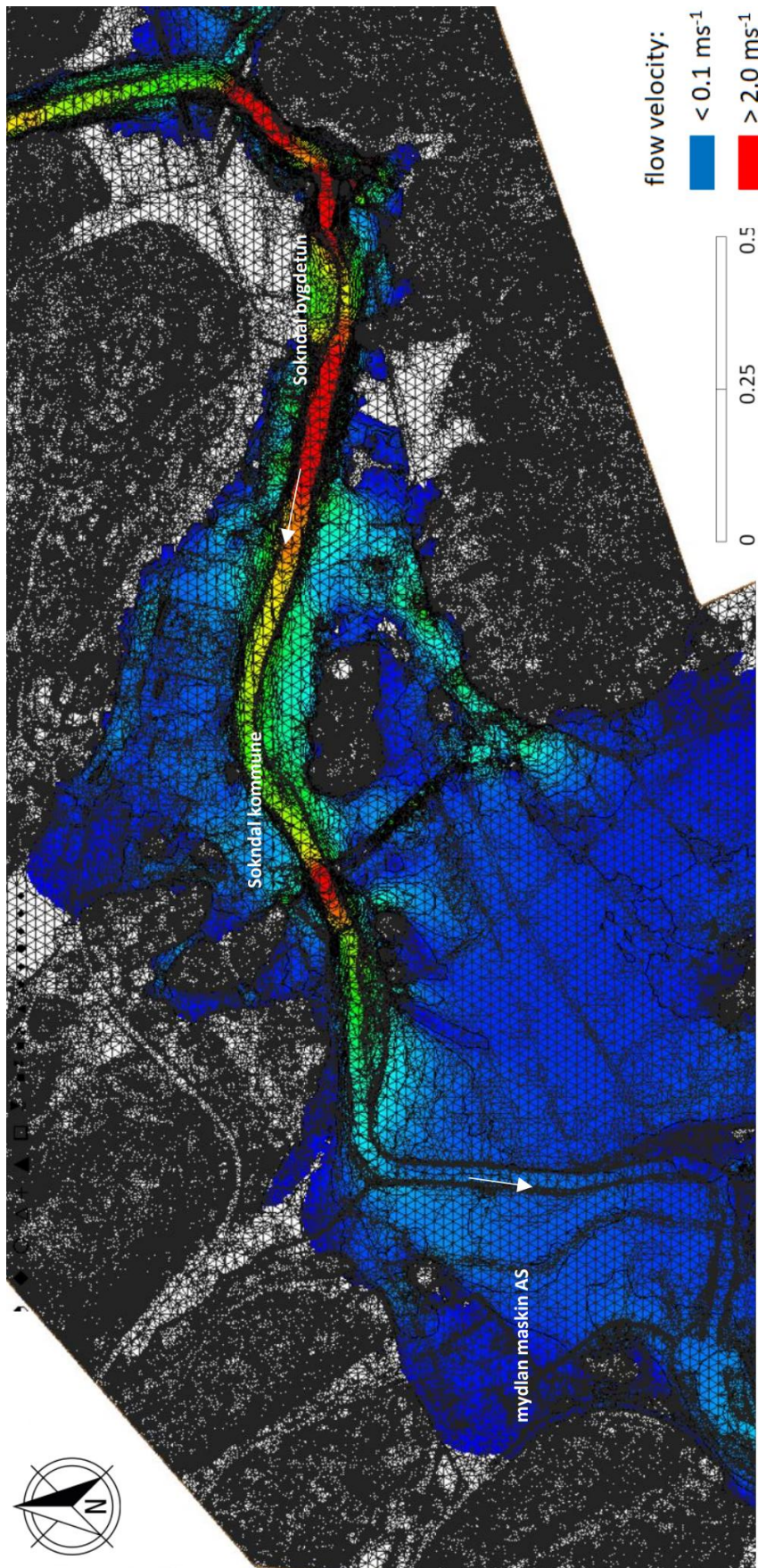
Modelleringsresultatene for 200-årsflom med klimapåslag på $340 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ for nåværende tilstand for Hauge viser betydelig oversvømmelse av høyre og venstre flomområder (inkludert bosetninger og infrastruktur). Modelleringsresultatene presenteres i Figur 48 for (i) det vannoverdekkede området, (ii) fordelingen av vannhøyde og (iii) dybde-gjennomsnittlig strømhastighet. Noen kritiske punkter av resultatene er forklart mer detaljert. Først ble referanse vannstanden for denne nåværende tilstanden satt for to områder i flomrisikozonen. Vannstanden for Hauge sentralt ble beregnet med 9,07 moh. (rett oppstrøms Hauge-broen $N58^{\circ}20'36'' / E6^{\circ}17'42''$ - referansepunkt 1); og lenger nedstrøms, små bosetninger på venstre flommark ble beregnet til 8,57 moh. (referansepunkt 2).

I henhold til batymetrikarakteristikkene for disse områdene, ble oversvømmelsesdybder på rundt 1,05 m for Hauge sentralt og - på grunn av oppstuvningseffekt av innsnevring på $N58^{\circ}20'20'' / E6^{\circ}16'54''$ - ble det beregnet vanndybder på rundt 1,98 m for bosetningene på den sørvendte elvesletten. Videre understreker resultatene for modellering av strømhastighet at oppstuvningseffekten fører til en reduksjon av flomhastighetene til delvis $0,2 \text{ ms}^{-1}$ i hovedløpet. Dette har store konsekvenser for sedimenttransport, og betyr at transporterte sedimenter blir umiddelbart avsatt i de områdene nedstrøms Hauge, der strømhastigheten faller under $1,0 \text{ ms}^{-1}$. Denne avleiringen under flomhendelsen vil redusere vannføringskapasiteten, og dermed vil flomkonsekvensene (basert på vannstand) kunne bli enda mer alvorlige. I tillegg viser analyse av både vannstand og strømhastighet, at nåværende terskel ved Hauge forårsaker en oppstuing ovenfor. Batymetrikarakteristikk av Hauge bro forårsaker en innsnevring ved flomvannføringer med oppstuing ovenfor og økt vannoverflatenivå og dermed økte oversvømmelsesområder.



Figur 48.

Kart over scenario 3.0 for vanddyb ved 200-års flom + klimapåslag



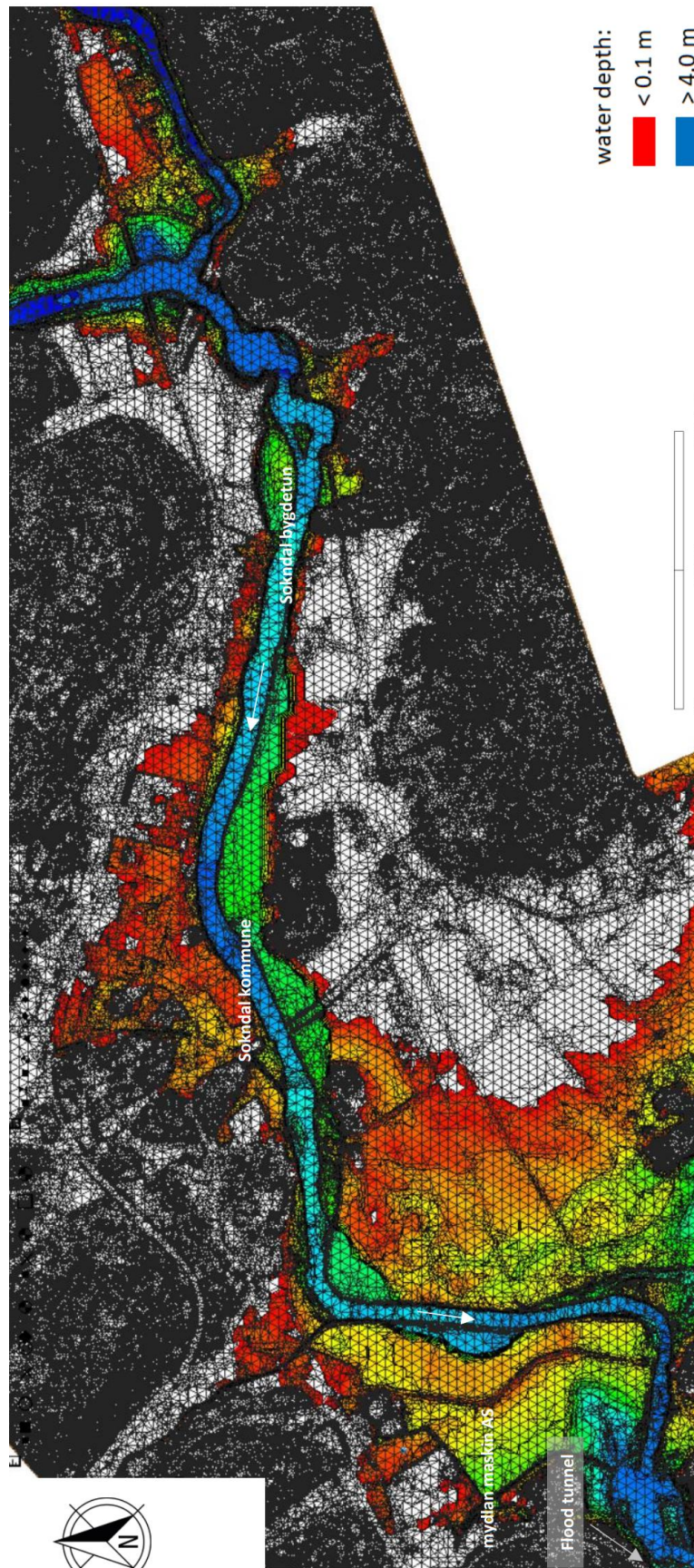
Figur 49. Kart over scenario 3.0 for vannhastighet ved 200-års flom + klimapåslag

4.4.2 Scenario 3.1

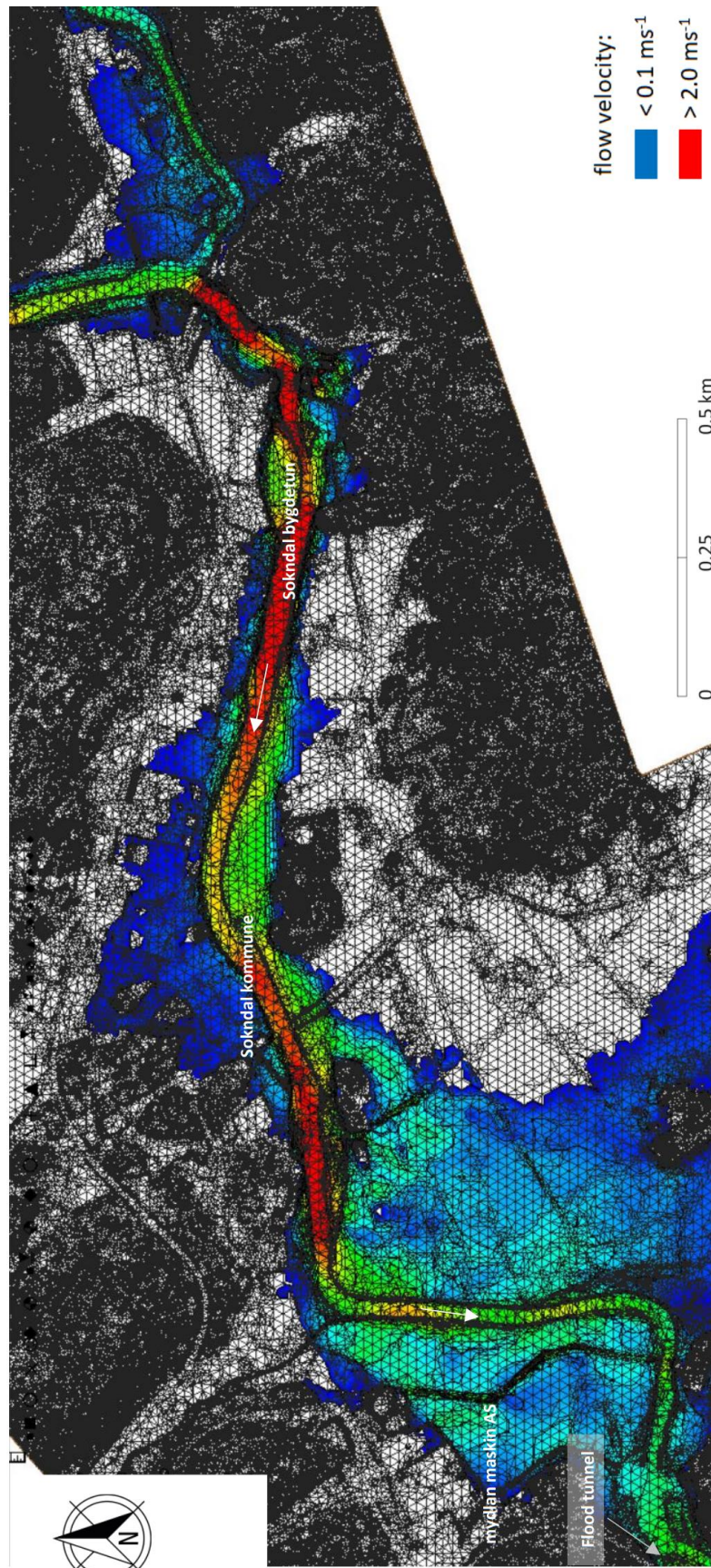
I Figur 50 og Figur 51 presenteres resultatene fra hydraulisk modellering for scenario 3.1, som inkluderer nevnte modifikasjoner av elveløpet (f.eks. terskelfjerning, utgraving), modifikasjon av infrastruktur (f.eks. bro) og tverrsnittsgeometri (f.eks. senkning for å øke avløpskapasiteten) og til slutt implementeringen av en alternativ, kortere flomtunnel nedstrøms Hauge (Fra Lono til Rekefjord, ca. tidligere Variant C, NVE 2013).

Resultatene indikerer en tydelig forbedring av flomrisikosituasjonen for landsbyen Hauge. Vannoverflatehøyden ved de kritiske interessepunktene synker til 7,96 moh. for Hauge sentralt (-1,09 m ved referansepunkt 1) og til 6,31 moh. for bosetningen på sørside nedstrøms Hauge (referansepunkt 2).; ved en flomføring på 340 m³s⁻¹. Disse endringene i vannstands nivå resulterer i vanndybder på ca. 0,25 m for Hauge sentrum og 0,36 m for bosetningen på venstre side. Spesielt sistnevnte viser en betydelig forbedring med hensyn til oversvømmelseshøyden. De reduserte vanndybde i de to områdene er en følge av redusert oppstuvningseffekt som følge av flomtunnelen, fjerning av terskler og utvidelse av elveløp. Flomtunnelen vil avlede 225 m³/s og kun 115 m³/s vil fortsette ned til havet (for 340 m³/s). Denne kapasiteten er gitte i løpet nedenfor og med dette kan også den historiske bebyggelsen Sogndalsstrand langs nedre Sokna beskyttes.

Grunnet flomtunnelen og redusert oppstuvningseffekt, øker strømningshastighetene for det undersøkte studieområdet ved Hauge - noe som betyr en kontinuerlig transport av sedimenter gjennom risikoseksjonen. Dette ville bidra å redusere fare grunnet økt avsetning av transporterte sedimenter. I utvidete elveavsnitt ble det modellert strømningshastigheter på 1,0-1,6 ms⁻¹. Med foreslått batymetri i scenario 3.1 vil i det etablere seg en kulp-stryk morfologi - en elvetype som også forventes naturlig her. En slik morfologiske utvikling vil bidra til en økologisk forbedring på grunn av muligheten for selvformende habitater (som gytebanker) i den i dag ensformede og finsedimentpåvirkete seksjonen.



Figur 50. Kart over scenario 3. for vanddyb ved 200-års flom + klimapåslag



Figur 51. Kart over scenario 3.1 for vannhastighet ved 200-års flom + klimapåslag

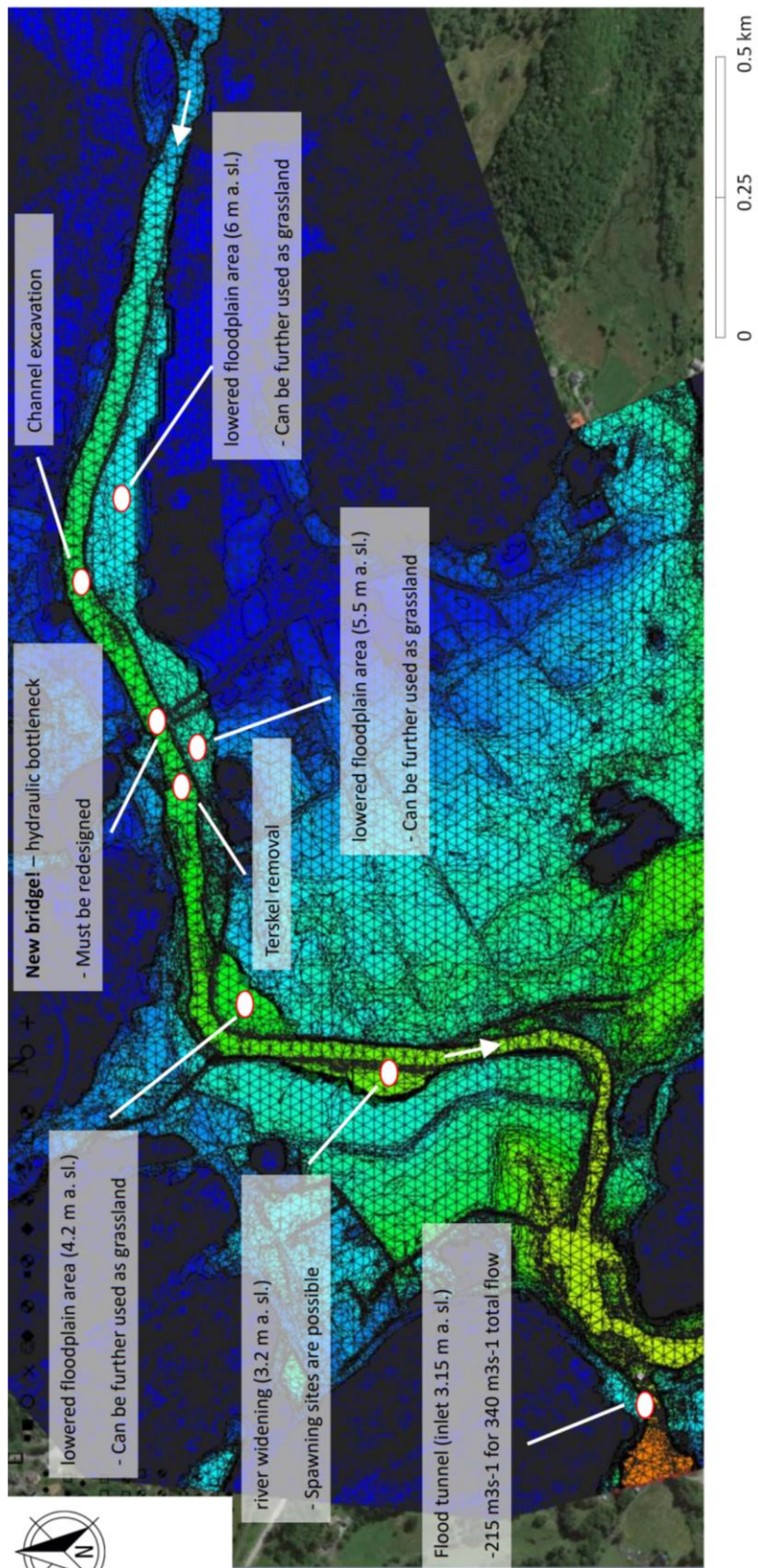
4.4.3 Scenario 3.2

I Figur 53 og Figur 54 presenteres det endelige scenariet for Sokna. Det inkluderer flomtunnel fra Lono, elvesenkning og utvidelser oppover samt flommur og -voller ved bosetting langs elvebreddene. Modelleringsresultatene viser tydelig at beskyttelsen av Hauge og bosetting rundt kan oppnås for 340 m³s⁻¹ med denne **kombinasjonen** av tiltak. Vannstanden i Hauge sentrum ble beregnet til 8,15 moh (oppstrøms Hauge-broen N58°20'36"/E6°17'42" - referansepunkt 1). Dette er en liten økning i forhold til scenario 3.1., noe som håndteres av flomvoller og -mur. Årsaken er en liten tap av oversvømmelsesområder (pga. nettopp flomvollene). For bosetningen på sørside nedenfor Hauge forventes en liten reduksjon i vannstanden sammenlignet med scenario 3.1. (6,16 moh.).

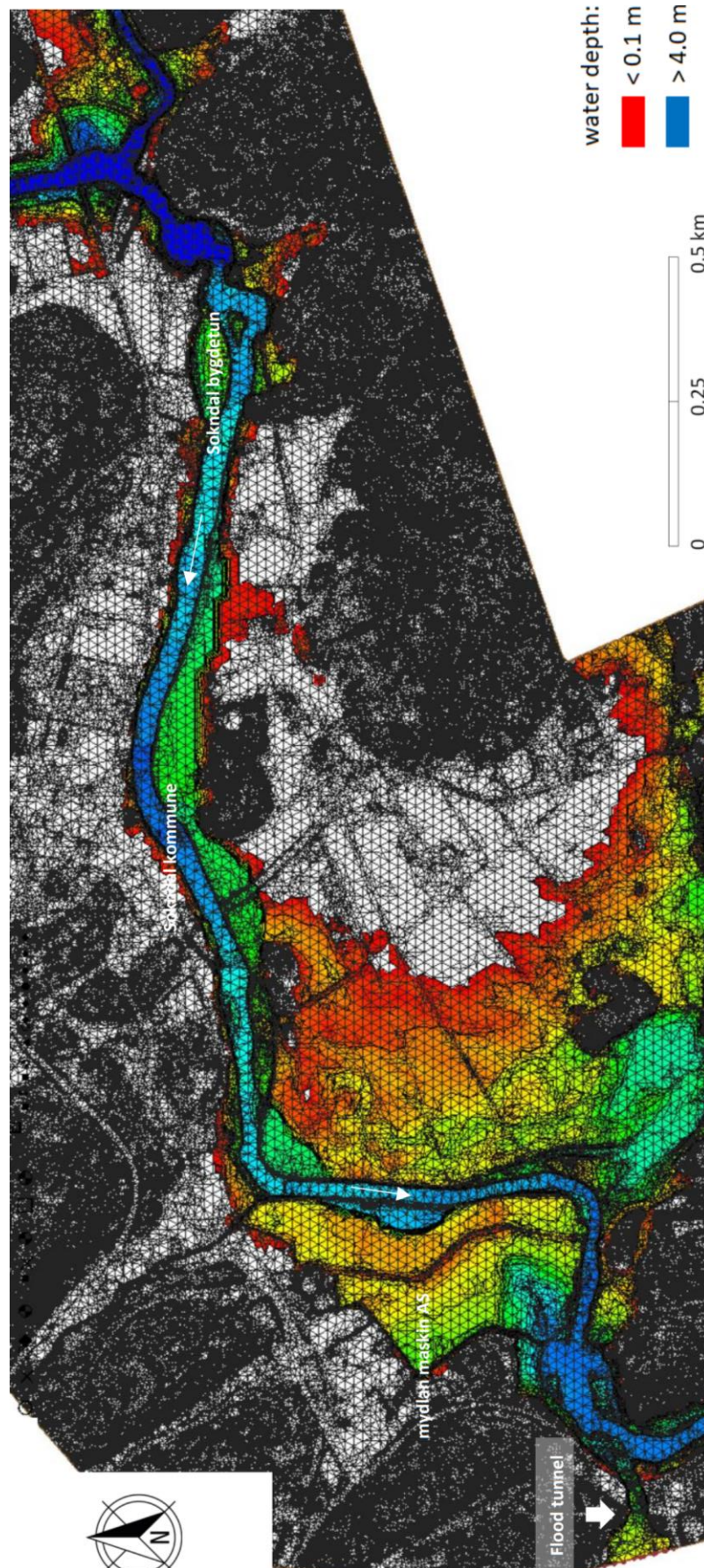
Videre er fordelingen av strømningshastigheter i hovedelven uendret sammenlignet med scenario 3.1. Dermed vil de økologisk gunstige selvdannende dynamikkene fortsatt være en del av konseptet, og kontinuerlig transport av bunnmateriale i form av flomstrømninger gjennom denne kritiske delen vil være mulig.

Med denne typen tiltak, som kombinerer (i) aktiv flomsikring gjennom flomtunell og modifikasjoner av elveløp samt permanente flomvoller /-mur og (ii) passive tiltak ved bruk av oversvømmelsesområder i elvesletten er det mulig å håndtere en flom på 340 m³/s.

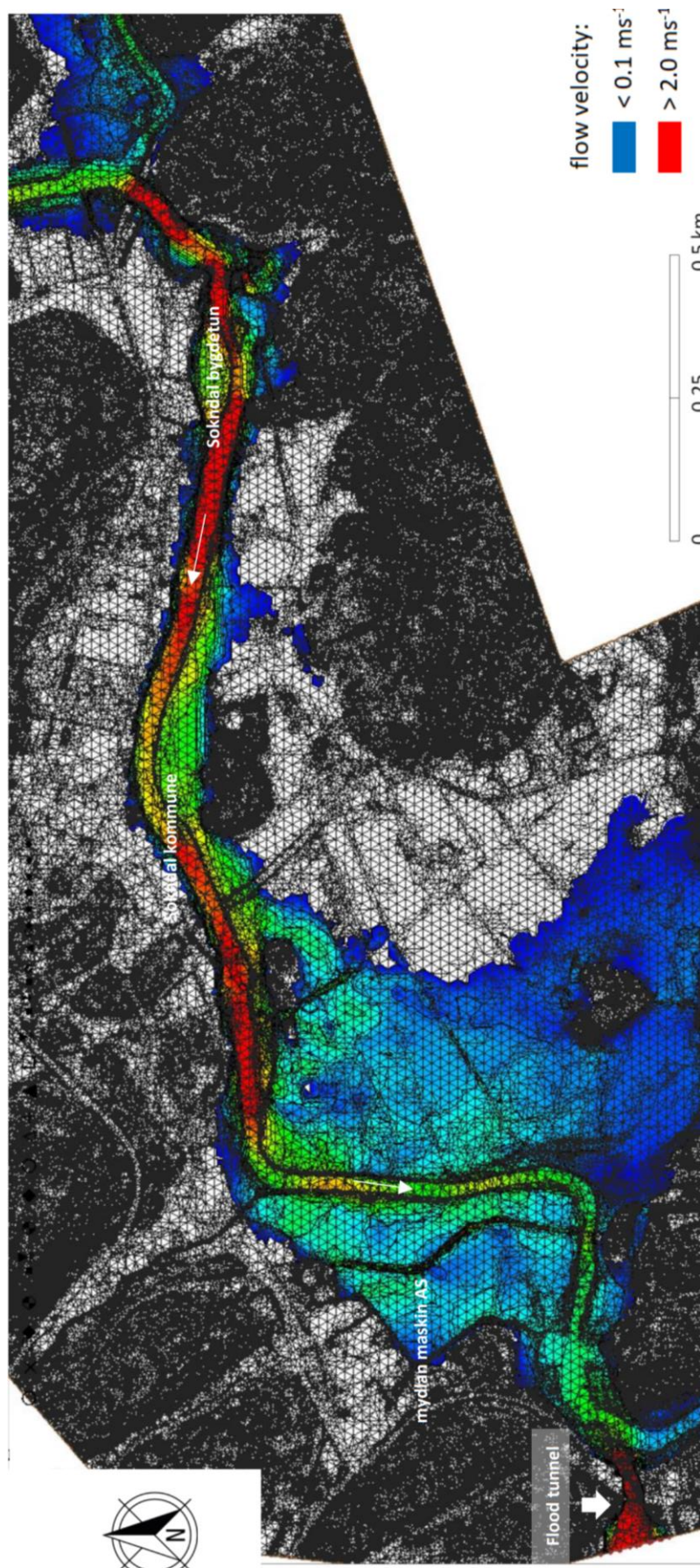
Videre vil flomvoller eller – murer kunne være så lave at de ikke reduserer landskapsbilde i Hauge eller avskjærer elv fra tettsted ved vanlig vasstand. En høyde på opptil 1 m betraktes som tilstrekkelig basert på modellresultatene (inkludert klimatilpasning). Utover beskyttelse langs hovedelva vil det kreves flommur langs sideløp og eller pumpestasjoner der det er behov. Sideelvene er ikke vurdert i denne mulighetsstudien, men de beregnede vannstander indikerer at vannoverføring fra disse til en flomstor Sokna er mulig med de nevnte tiltakene.



Figur 52. Tiltak til scenario 3.2



Figur 53. Kart over scenario 3.2 for vanddyb ved 200-års flom + klimapåslag



Figur 54. Kart over scenario 3.2 for vanddyp ved 200-års flom + klimapåslag

4.5 Konklusjoner

Basert på denne vurderingen skal følgende konklusjoner og avsluttende kommentarer

- **Det er svært lav gradient** i den **fluviale elvesletten** ved Hauge og en **innsnevring nedstrøms** og det er derfor gitt **spesifikke grenser**.
- **Kombinasjon av tiltak** er **best egnet** for å forbedre flomsituasjonen, selv med tanke på **fremtidige ytterligere økninger** i **nedbør** og **flomrisiko**.
- **Froude-tallene** er **under kritisk strøm** for alle undersøkte stadier (unntak: terskeltrinn ved Hauge).
- Med **kombinasjonen av ulike aktive flomsikringstiltak** (scenario 3.2) **kan** flomsikring for Hauge og de nærliggende bosetningene oppnås **for designflomavrenningen på $340 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$** .
- **Tiltakene er i tråd** med målene i **Det europeiske flomdirektivet**; (i) bevaring og etablering av sedimentkontinuu, (ii) forbedring av habitat (f.eks. selvformende gyteplasser) og (iii) opprettholdelse av viktige miljøprosesser.
- Støttende **permanente flommur / diker vil kunne integreres i landskapsbilde og nærmiljøet** på Hauge, da de i hovedsak vil kunne være under **1 m høyde**.
- **Flomtunnelen nedstrøms Hauge** vil ivareta (i) flomsikring av Hauge og (ii) den historiske bebyggelsen nær utløpet samt (iii) medføre miljømessige fordeler siden selvrensing og elvedynamikk opprettholdes i større deler enn ved flomtunnel fra Prestbro.
- **Hauge bro må ombygges** og Hauge **terskel fjernes** (inkludert oppstrøms utgraving), dette er den første flaskehalsen for flomvannføring; også for de med lavere gjentaksintervaller.
- **Ytterligere og støttende flomsikringstiltak** må vurderes som (i) **flomsikring** langs sideelvene og (ii) **pumpestasjoner** ved skader eller oversvømmelse på grunn av hydrologiske hendelser, som er merket etter størrelse som "**residuell risiko**".

4.6 Flere hydrauliske og hydrologiske utredninger

I tillegg til den ovenfor nevnte vurderingen ble det utarbeidet en hydrologisk analyse med tanke på flomdempingspotensial Hauer (2022b) og en hydraulisk forstudie for scenariene Hauer (2022). Disse foreligger på engelsk og leveres som notater.

5 Miljørisiko ved flomrisikohåndtering med flomtunell

Flomtunell Prestbro til Jøssingsfjorden slik den er beskrevet i Ahmad (2023) og Sweco 10218293-RA-01 vil medføre en rekke konsekvenser for miljøet. Valg av utformingsdetaljer, beliggenhet og driftsmåte vil ha stor effekt på miljørisiko.

5.1 Miljøeffekter

Demping av flommer vil ha effekt på vassdragets sedimentregime og vegetasjon. Typiske effekter er at morfodynamikk og transport av grove sedimenter avtar, mens avsetning av finsediment og vekst av vannplanter øker. Renseeffekten av flommer reduseres, dvs. utspyling av finsediment og vannplanter dempes. Disse effektene er godt kjent fra kraftregulerte vassdrag, der flommer er også dempet (Pulg et al. 2018. Pulg et al. 2022). Vel dokumenterte konsekvenser av dette er redusert habitatkvalitet for laks og sjøaure med reduserte gytemuligheter, hulrom i elvebunn og oppvekstområder. Elvemusling kan kveles av finsediment. Økt finsedimentandel er en kjent hovedtrussel mot arten særlig for unge stadier (Larsen 2018). Mindre morfodynamikk vil dessuten føre til raskere gjengroing av sideløp, kroksjøer og våtmarksområder slik som Kryptevik. Denne prosessen blir forsterket av erosjonssikring.

I tillegg medfører flomsikrings- og dempingstiltak ofte endringer i arealbruket. Bosetting og infrastruktur kan etableres nærmere elva siden formelle flomsikkerhetskrav kan være oppfylt, for eksempel i henhold til plan og bygningsloven og TEK 17. En slik utbygging i den aktive elvesletten kan medføre en ytterligere reduksjon av miljøforholdene og skaper dessuten risiko for nye flomskader i fremtiden når flomrisiko øker ytterligere grunnet klimaendringer eller når sikringstiltakene svikter (Pulg et al. 2022).

Omfang av miljøeffektene vil avhenge av flomdempingsgraden. I semifluviale elvestrekninger har vi vurdert at det ofte trengs 100-200 års flommer for å ha en full renseseffekt der også rullestein (10-50 cm) snus, slik at også hulrom og planter fjernes (Pulg et al. 2022). Også morfologisk dynamikk med dannelse av nye sideløp, elvesvinger eller meander og kroksjøer krever ofte flommer i 100- til 1000års intervall. Slike flommer medfører imidlertid ofte flomskader for menneskelig arealbruk og kan sette liv og helse i fare.

I fluviale elvestrekninger med sortert sediment dominert av grus (< 12 cm) eller mindre, kan mindre flommer være tilstrekkelig for å ha en ønsket renseseffekt. Ofte vil flommer 20- til 50års intervall være egnet til å ha en full renseseffekt på elvebunnen og initiere morfodynamikk (dersom den ikke stoppes av erosjonssikring). Også mindre flommer (QM-Q20) vil ofte ha en betydelig renseseffekt for deler av elvearealet.

I Sokna vil en flomtunell sannsynligvis medføre en rekke av de nevnte miljøeffekter nedstrøms inntaket. Det må regnes med økt finsedimentandel i elvebunnen nedstrøms inntaket, økt begroing både med vannplanter i elvesengen, men også langs bredden og i sideløp (Kryptevik). Det må derfor regnes med

- reduserte gytemuligheter for aure og laks
- redusert skjul i hulrom i elvebunnen og med dette redusert oppveksthabitat
- en nedgang av smoltproduksjon fra vassdraget (både aure og laks)

- negativ påvirkning av elvemusling pga. økt finsedimentandel og begroing
- at bunndyrfauna vil skyves mot arter med større toleranse for finsediment
- at forhold for ål og stingsild vil ikke påvirkes negativt siden disse artene er mindre avhengig av steinbunn
- Økt gjengroing av sideløpsystemet ved Kryptevik

Situasjonen skjerpes av at det er en omfattende forurensing av vassdraget fra før, med finsediment fra Sandbekk. Det er derfor ikke mye buffer ved ytterligere økning av finsedimentandelen.

Hvor stort omfang disse miljøeffektene vil ha, avhenger av den reelle vannføringsdynamikken og driftsmåten av flomtunellen. I utgangspunktet skal flomtunellen brukes for å dempe større flommer, ikke minst for å kunne unngå sedimentavsetninger i tunellen (Ahmad 2023), men det vil i praksis være sterke insentiver til å dempe mindre flommer også. Blasy & Øverland (2020) viser et betydelig oversvømmelsesareal ved mindre flommer (Q20) og det vil derfor være press til å bruke flomtunellen allerede ved slike små flommer.

Dersom små flommer under Q20 og særlig hyppige småflommer fra 1 til 10-års intervall avledes via flomtunellen uten videre avbøtende tiltak vil det ha store miljøkonsekvenser. Uten videre avbøtende tiltak kan det regnes med en betydelig nedgang i smoltproduksjon nedenfor Prestbro som kan ligge i størrelsesorden 20-50 %. Reproduksjon av elvemusling vil være i fare og den rødlistete arten vil kunne forsvinne fra den nedre vassdragsdelen. Det er lite sannsynlig at sideløpsystemet ved Kryptevik vil kunne opprettholdes som del av en fluvial elveslette, her vil gjengroingen fortsette og heller øke. Med så pass endrete hydromorfologiske rammer bør verneformålet revurderes og ev. tilpasses, for eksempel til passende skogtyper. Også for hovedløpet må det regnes med en sterk begroing og tilhørende problemer, slik som det er kjent fra krypsivproblematikken⁴ i mange regulerte elver på Sørlandet.

Ved bruk av flomtunell utelukkende ved større flommer vil miljøeffektene kunne gradvis reduseres. Ved bruk i flommer over 20-50 års intervall (inkl. klimapåslag), forventes at fluviale deler av vassdraget vil kunne vedlikeholdes bedre og sammen med fysiske vedlikeholdstiltak vil ytterligere opphoping av finsedimenter kunne forhindres. Basert på Blasy & Øverland 2020 sin modellering, vurderes imidlertid slike flommer ikke som tilstrekkelig til å fjerne sandavsetningene fra Sandbekk som i stor grad er stabilisert av Vegetasjon. De vil dessuten ikke være nok til morfodynamisk dannelse av habitater i flomsletten slik som elvesvinger, sideløp og kroksjøer.

Fiskevandring kan påvirkes av flomtunellen. Dersom det bygges en terskel eller dam i elva for å lede vann inn i tunellen vil fiskevandring og sedimenttransport i elva kunne stoppes eller reduseres. Dette vil ha sterke negative effekter på laks og sjøaure og holde de miljømessige og morfologiske viktige grove sedimentene tilbake. Denne uønskede påvirkningen kan unngås ved å ikke bygge noe form for terskel, dam eller annen hindring i hovedelva. Også sedimentvurderingen (Ahmad 2023) konkluderer med at det er viktig å opprettholde sedimenttransport nedover hovedelva for å unngå at grovsedimentene havner i tunellen der de kan bli liggende å redusere flomavledning. Derfor anbefales å unngå hindringer på tvers av hovedelva. Som kompromiss kan fisketrapper (eksempler i Pulg et al. 2018) og sedimentluker vurderes, men disse krever drift og vedlikehold for å kunne fungere og de vil være mindre effektive enn en fri passasje. Dessuten vil en dam eller terskel kunne føre til uønskete finsedimentavsetninger ovenfor.

⁴ https://publikasjoner.nve.no/rapport_miljoebasert_vannfoering/2012/miljoebasert2012_03.pdf

Utvandrende sjøaure, laks og ål (begge rødlistet) kan dessuten havne i tunell i en flomsituasjon. Der kan de i utgangspunktet overleve i stor grad, men tilbakevandringsevnen hos laksefisk vil være redusert fordi de ikke preges i samme grad på elva (Haraldstad 2021). Skjer dette sjeldent (hvert 50 til 200 år) gir dette en svært liten påvirkning. Skjer dette hyppig (hvert år til 20. år) vil det ha en langt større effekt som burde avbøtes med fiskesperrer og avledere ved inntaket, f.eks. med skråstilt finmasket varegrind (eksempler i Pulg et al. 2018).

Utover dette har en rekke andre miljøeffekter blitt beskrevet i en KU, se kapittel under.

5.2 Miljøeffekter -i konsekvensutredning (KU)

Asplan Viaks KU fra 2021 er omfattende og en rekke viktige faktorer blir omtalt og nevnt. Effekter av anleggsarbeidet blir inkludert og negative effekter på Årstad naturreservat er vurdert.

Dessverre er det ikke lagt til grunn Miljødirektoratets veileder for konsekvensutredning, men Statens Veivesen sin. En rekke viktige faktorer er utelatt eller undervurdert, blant dem effekten av flomtunellens driftsfase samt miljøeffekter på elvebunn, elvemusling og fiskeressurser. Årsak til det er blant annet at effekt av tunnelen på vassdragsdynamikk og sedimentforhold er holdt i stor grad utenfor KUen. En utredning om vassdragsdynamikk anbefales «til et senere tidspunkt» (s.17). Utover dette har viktig litteratur og kartlegging av fiskehabitat 2018 (Skoglund et al 2019) blitt oversett. Det er undervurdert at vesentlige deler av gyte- og oppveksthabitatet også ligger nedenfor Prestbro. Her er habitatkvaliteten riktignok forringet av finsediment fra Sandbekk, kanalisering og terskler, men arealet er til gjengjeld stort. Og den forhåndspåvirkningen er viktig fordi den *øker* sårbarheten for artene her. Konklusjonen «Flomtunnelen vil ikke ha vesentlige virkninger på fiskeressurser» er derfor svært misvisende. Elvemuslings betydning blir fremhevet og også den utsatte beliggenheten av forekomsten *nedenfor* Prestbro – men det konkluderes likevel med «ubetydelig konsekvens for elvemusling (s. 120). En slik konklusjon er ikke holdbar dersom effekter på sedimentkvalitet og problemvekst av planter inkluderes.

I en total vurdering må det hensyntas at det viktige tema sedimentregime og vassdragsdynamikk i hovedsak er holdt utenfor KU. Det bør derfor unngås at det fester seg et inntrykk om at flomtunell Prestbro vil kun være «noe» eller «middels negativt» for naturmangfold, og nøytral for friluftsliv og naturressurser som det konkluderes med på s. 176. For bunndyr, elvemusling, sjøaure, laks og det betydelige fiske etter disse artene vil en flomtunell kunne ha store negative konsekvenser – avhengig av driftsmåten og avbøtende tiltak, se kap. 6.

5.3 Naturreservat Årstad

Flomdemping vil ha negativ utvikling av naturreservat Årstad dersom «våtmarksområde med naturlig tilhørende vegetasjon» skal beskyttes slik som det er fastsatt i verneforskrift. Allerede i dag er vassdragsdynamikken redusert grunnet en erosjonssikring og forhøyning av innløpet til sideløpet fra Sokna og videre til Kryptevik. Denne vassdragsdynamikken vil bidra til å opprettholde en naturlig tilhørende vegetasjon» i og med at busker og trær hadde blitt veltet i flommer. Også den reduserte vannkvaliteten (Engh et al. 2022) vil profitere fra høyere utskifting.

Vår vurdering samsvarer med KU (svært negativ påvirkning av flomtuell) siden den allerede reduserte morfodynamikken vil ytterligere avta. Igjen er effekten avhengig av driftsmåten i en flomtuell, det forventes større miljøpåvirkning dersom småflommer tas inn enn dersom det bare dempes sjeldent ved større flommer.

Basert på gitt målsetting i verneforskrift støtter vi anbefalingen til Søyland (2015)⁵ som foreslår en rekke skjøtelstiltak. I tillegg anbefales å øke gjennomstrømming av vann under flommer. Siden elveløpet har blitt senket ved og nedenfor innløpet betyr dette å lage et innløp litt lengre oppstrøms og å fjerne deler av erosjonssikringen slik at flomvann i større grad kommer inn i sideløpet. En løsning med inntak lengre oppstrøms vil dessuten gjøre det mulig å etablere et permanent sideløp i flomløpsystemet – noe som ville gitt en økning i fiskehabitatet.

6 Avbøtende miljøtiltak

Målsetting

Basert på resultatene fra kartleggingen Skoglund et al. (2019), supplerende kartlegging i 2022 samt nyere litteratur om vassdraget, har vi nedenfor beskrevet ulike aktuelle tiltak med mål om å sikre og forbedre «god økologisk tilstand»^{6 7} i henhold til vannforskriften, «god tilstand» i henhold til kvalitetsnorm villaks⁸ samt sikring av elvemusling i henhold til handlingsplanen for arten (Larsen 2018). Dette innebærer først og fremst å fremme en utvikling mot naturlige forhold inkludert bedre habitatforhold for elvemusling og for laks og sjøaure. Se for øvrig Pulg m.fl. (2018) og Pulg et al. (2022) for mere detaljer om habitattiltak.

6.1 Redusere miljøeffekter fra finsediment

Elvestrekningen i nedre del av Ålgårdselva, var sterkt preget av sedimentering av sand og finmasser. Basert på historiske flybilder, terrengform, erosjonsspor og sandsammensetning er det svært sannsynlig at finsedimentet kommer fra deponiene og fra det nedlagte gruveområdet ved Sandbekk. Tilførselen har trolig vært enda større før 1969, men forekommer fortsatt den dag i dag, slik fersk sand i Ålgårdselva ved tilløpsgrøfter fra sanddeponiet indikerer (egen kartlegging og Ahmed 2023). Tilførselen skjer trolig i perioder med mye regn eller overvann, evt. også ved mye vind. Det er sannsynligvis et vedvarende problem, i.o.m. at mange sandarealer på deponiet enda ikke er begrodd og ikke erosjonssikret. De eksisterende finmassene som er tilført elven vil bli transportert videre nedover i elva og forverrer situasjon for elvemusling, sjøaure og laks. I kombinasjon med flomdemping som reduserer elvas selvrensingspotensial medfører denne situasjonen en stor miljørisiko. For å redusere påvirkningen fra finsedimentmassene foreslås følgende tiltak og rekkefølge:

⁵ Søyland, R. 2015. Skjøtselsplan for del av Årstad naturreservat. Sokndal kommune, Rogaland. Ecofactrapport 493. 19 s.

<https://www.ecofact.no/rapporter/493-Skj%C3%B8tselsplan%20for%20del%20av%20%C3%85rstad%20naturreservat%20-versjon%2008112016.pdf>

⁶ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-12-15-1446>

⁷ <https://www.vannportalen.no/veiledere/klassifiseringsveileder/>

⁸ <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2013-09-20-1109>

6.1.1 Stopp av tilførsel av videre finmasser til vassdraget

Sanddeponi og finmasseavsetninger på land stabiliseres ved hjelp av geotekstil, vekstjord, revegetering og erosjonssikring. Resterende sandmasser i grøfter og dalfører mot vassdraget fjernes. Fungerende sandfang etableres i vannløp mot elva. Her finnes det en omfattende og utprøvd teknologi som kan løse miljøproblemene knyttet til sandforurensingen og de medfølgende, alvorlige miljøkonsekvensene MBR (2003).

6.1.2 Rensing av elved sediment ved fjerning av finsedimentavsetninger

Finmasser tas ut og der de inneholder grovere naturlige masser, siktes stein over 6 cm ut og disse legges tilbake. Elvebunnen utformes i henhold til naturlig elvetype. Et lignende arbeid er gjennomført i Nausta med stort hell (Pulg et al. 2022). Tiltaket gjelder først og fremst Ålgårdselva nedenfor Sandbekk men bør også anvendes dersom elvebunnen tilpasses ved senkning (Scenario 3.2, kap. 4) og ved fjerning av sandbanker (Figur 66).

6.1.3 Rensing av elved sedimentene ved hjelp av ripping

Ripping kan brukes på strekninger med nok helning⁹ (> 0.003) dominert av grovgrus og rullestein. Siden dette kan skade elvemusling, en rødlistet art, krevs en svært nøyaktig kartlegging av bunnforhold og forekomst av elvemusling i forveien av ripping. Rippemulighetene vil derfor kunne være begrenset.

6.1.4 Rensing av elved sedimentene ved hjelp av flommer

I de fluviale partiene nedenfor Ålgårdselva vil flommene kunne rense substratet og transportere finmassene til Lono, Kryptevig og sjøen der slike masser forekommer naturlig. Effekten og varighet vil imidlertid avhenge av flomfrekvens og amplitude. Flomdempingstiltak som flomtuneller vil ha stor effekt på denne selvrensingseffekten. En flomtunell i nedre del med terskelfjerning (Scenario 3.2, fra Lono til Hellevig) vil gi en bedre selvrensingseffekt enn dagens situasjon med oppstuvning fra terskler. En flomtunell fra Prestbru vil begrense selvrensingseffekten betydelig siden flommer i store arealer nedenfor dempes. Det gjelder særlig dersom også flommer under 20-års flommen dempes.

6.2 Vedlikehold av undervannsvegetasjon

Flomdemping kan medføre økt vekst av vannplanter fordi renseeffekten under flommer med utspyling av vannplanter blir mindre. Effekten er kjent fra en rekke regulerte elver og særlig problemvekst av krypsiv i Sørlandet¹⁰ (Saltveit et al. 2019, Pulg et al. 2022). Problemvekst kan føre til ulemper for vannbruk, landbruk, båter, fiske, bading og annen friluftsliv og kan dessuten øke oversvømmelsesfare

⁹ høydeforskjell delt på lengde

¹⁰ <https://agderfk.no/vare-tjenester/klima-natur-og-friluftsliv/vannforvaltning/tiltak-mot-krypsiv/>

lokalt. Også forurensning med tilhørende tilgang på næringsstoffer og god belysning uten skygge bidrar til problemvekst. Det finnes tiltaksmuligheter, deriblant spyleflommer og mekanisk fjerning av plantene med spesialbåter (Pulg et al. 2018). Kostnader ligger ofte i millionklassen og må repeteres regelmessig hvis årsakene (mangel på flommer, forurensning) ikke reduseres.¹¹

Som mange nabovassdrag i regionen er Sokna godt egnet for vannplanter, inklusive krypsiv. Det finnes forurensning med gjødselende næringsstoffer og elva er bred med lite skygge. Kantvegetasjon med skygge er attpåtil redusert og finsedimenter økt – noe som gir produktive forhold for vannplanter. Det må derfor regnes med problemvekst av vannplanter, særlig krypsiv, dersom flommer dempes. Som for finsedimentproblematikken gjelder at effekten vil være størst dersom hyppige småflommer dempes (1-20 årsflom). Ved sjelden demping av utelukkende store flommer (50-200 års flom) vil denne effekten være langt mindre.

Problemvekst av vannplanter vil kunne avbøtes med vedlikehold og mekanisk fjerning. En slik vedlikehold må imidlertid avstemmes med miljøforhold slik at miljøskader unngås. Dette vil være krevende med tanke på elvemusling siden den kan direkte skades av både økt plantevekst som igjen medfører økt sedimentering, men også av mekanisk fjerning. Slike vedlikeholdstiltak vil derfor kreve nøye kartlegginger i forveien og spesielle hensyn under gjennomføring.

Det må regnes med betydelige kostnader til plantevedlikehold siden et stort areal nedenfor en flomtunnel vil være påvirket. Ved flomtunnel fra Prestbro vil hele strekningen nedenfor, forbi Hauge og hele Lono kunne utvikle problemvekst av vannplanter. Her forekommer egnede sedimenter med finsedimentandel og lave helninger som er gunstig for vannplanter. Bare på de nederste 400 m er det lite sannsynlig med problemvekst, her dominerer steinbunn og helningen er større.

De virkelige kostnadene, metoder og gjentakelsesintervall vil være avhengig av flomtunnelens driftsmåte. Dersom også mindre flommer dempes (mindre enn 50- og særlig mindre enn 20-årsflom) vil det gradvis oppstå et økende vedlikeholdsbehov.



Figur 55. Krypsiv (høyre bildet) og fjerning av krypsiv med spesialbåt til (venstre) er ikke uvanlig i regulerte vassdrag der flommer er dempet (Pulg et al. 2018).

¹¹ <https://forskersonen.no/biologi-forurensning-meninger/krypsiv-i-norske-elver-skaper-store-problemer/2178036>



Figur 56. Område i Sokna hvor sandavsetninger over tid har skapt øyer i vassdraget. Øverste bilde er fra 1969 mens det nederste er fra 2019 (foto: www.finn.no/kart).

6.3 Gjenåpning av sideløp ved Kryptevika

Sideløpet av Sokna inn i Kryptevika kan gjenåpnes og restaureres for å skape bedre habitatforhold for fisk i vassdraget, samt trolig også for fugl langs vassdraget. Det gamle løpet er avskjært og svært gjengrodd, og de underliggende massene består trolig hovedsakelig av sand. Hovedelven har blitt senket og det er derfor nødvendig å ta inn vann litt lengre ovenfor, slik at det er nok fall. Det vurderes likevel som mulig å grøfte ut en ny trase for løpet og legge til rette for en elvebunn med god habitatkvalitet for laksefisk. I løpet ut fra Kryptevik og ned til samløpet med Sokna (Kjellandsåna) kreves trolig bare mindre terrengetilpasninger (utforming av elveløp), muligens noe tilførsel av fordelaktige masser (stein og grus) og revegetering langs løpet.



Figur 57. Sideløpet inn i tjernet i Kryptevik er synlig på flyfoto fra 1969 (Foto: www.finn.no/kart).

6.4 Justere og fjerne terskler

Ved Hauge i Dalane finnes to terskler i vassdraget som med fordel kan fjernes. Tersklene kan ha negativ påvirkning med hensyn på fiskevandring på lav vannføring, samt at de stuver opp vann og samler opp sedimenter. Den nederste av de to tersklene kan fjernes helt allerede i dag. Den øverste terskelen har funksjon i forbindelse med at den bremser opp vannet og beskytter broen like oppstrøms. Her bør broen, som i seg selv er en flaskehals ved flommer, skiftes ut før man fjerner terskelen (se kapittel om hydrologi). Ved å fjerne tersklene vil man redusere oppstuvning av vann, forenkle fiskens vandring og trolig også oppnå bedre fiskehabitat lokalt i området som følge av mindre oppsamling av finsedimenter.



Figur 58. Den nederste av de to tersklene nær Hauge i Dalane. Denne terskelen har tilsynelatende ingen viktig funksjon og reduserer vannhastighet og fører til økt sedimentering oppstrøms (foto: www.finn.no/kart).



Figur 59. Terskelen ved like nedstrøms kommunehuset. Denne terskelen bidrar til å sikre broen der Årstadveien krysser Sokna. Terskelen er imidlertid stor og kan justeres særlig med tanke på vandringsforhold for fisk på lave vannføringer. Det beste helhetlige alternativet for både flomhåndtering og fiskehabitat vil være å skifte ut broen og fjerne terskelen (foto: www.finn.no/kart).

6.5 Sikring av erosjon i leire og etablering av sideløp

Like nedstrøms terskelen vist i Figur 59 finnes en betydelig innsnevring av elveløpet grunnet en masseavsetning på nordsiden av elven samt fjerning av et sideløp langs sørsiden av elven. Samme område fra 1969 er vist i Figur 60. Terskelen bidrar til at elven eroderer ned i elvebunnen som består delvis av leire. Ved å fjerne terskelen, samt redusere masseavsetningen og restaurere sideløpet som tidligere befant seg i området kan man trolig redusere denne erosjonen. Det er i tillegg viktig å dekke til eksponert leire med stein og grus under arbeidet. Sideløpet vil også ha positiv effekt med tanke på habitat for sjøaure og laks.



Figur 60. Flyfoto tatt i 1969 av samme område som vist i Figur 59. På dette tidspunktet var det ingen terskel, elveløpet var bredere i området og avløpstverrsnittet sannsynligvis langt større (foto: www.finn.no/kart).



Figur 61. Bilde tatt fra den store masseavsetningen på nordsiden av elven som viser innsnevringen og eksponert flak av leire.

6.6 Redusere utslipp og forurensing i vassdraget

Under kartleggingen ble det identifisert utslipp fra fire punktutslipp; to i Ålgårdselva ved Sandbekk og to i Sokno like ved sentrum i Hauge i Dalane. To av utslippene synes å innebære kloakk, trolig som følge av lekkasjer fra kommunalt avrenningsanlegg. I tillegg var det et utslipp som synes å stamme fra landbruk, samt et mer ubestemmelig utslipp ved Sandbekk industriområde. På sistnevnte område ble det også funnet en død laksesmolt like nedstrøms utslippspunktet som trolig er forårsaket av utslippet. Utslippspunktene bør håndteres for å forhindre ytterligere forurensing.

6.7 Gjenopprette kantvegetasjon

Det bør tilrettelegges for en økt etablering av kantvegetasjon da dette mangler langs store deler av vassdraget i dag. I strekninger uten kantvegetasjon er det en kunstig høy erosjonsfare og risiko for tilførsel av jord og finmasser. Slike elvebredder bør revegeteres for å unngå ytterligere tilførsel av finsediment. Det ble observert erosjonssår flere steder i nedre del av vassdraget. Kantvegetasjonen kan enten etableres ved naturlig kolonisering, men kan også hjelpes i gang ved å plante trær (revegetere). En bør i så fall benytte arter av løvtrær som er naturlig forekommende ellers i området. På områder med beitemark vil det ofte være tilstrekkelig med inngjerding langs elven for å hindre at nye skudd beites ned.



Figur 62. Eksempel på erosjon av elvebredd i Sokno som resultere i tilførsel av jord ved flom (t.v.). Like nedstrøms vokser kantvegetasjon som bidrar til naturlig erosjonssikring, samtidig som kantvegetasjon gir skygge og skjul for fisk, og til å binde opp avrenning av næringsstoffer og finsediment.

Kantvegetasjon vil kreve noe areal langs elven. Mulige konflikter med jordbruksareal, beitemark, fiske og annen aktivitet kan løses fordi det trengs ikke busker og trær overalt. I utgangspunktet anbefaler vi at det etableres kantvegetasjon i så stor del langs vassdraget som mulig, og at en gjerne oppnår en dekningsgrad på 70-80 % av elvebreddene.

6.8 Naturlig morfologi, utvidelse av aktivt elveløp og elveslette

Naturlig erosjon og sedimentasjon (morfodynamikk) bør i utgangspunktet tillates i størst mulig grad for å nå miljømål. Dette kan gjøres i alle strekninger der arealbruken tillater det eller der den kan tilpasses. I tillegg er delvis utvidelse av elveslette en forutsetning for flomsikringsscenario 3.2 (se kap. 7). Det skapes plass til flomvann og økt hydraulisk kapasitet i kombinasjon med en flomtunell lengre nede.

Der det er behov for sikring anbefaler vi at det legges til rette for en tilbaketrukket erosjonssikring, eller at elvebredden sikres med bruk av kantvegetasjon eller miljøtilpasset erosjonssikring (løs steinrøys med vegetasjon). Vi anbefaler ikke at områder sikres ved tradisjonell forbygning med plastring av elvebredden, da dette kan bidra til ytterligere forringing av habitatforhold.

I Sokna finnes flere store delvis gjengroddede sandavsetninger ved og nedstrøms Hauge i Dalane som reduserer avløpstverrsnittet i elvesengen (Figur 60, Figur 59). Avsetningene har skapt øyer som snevrer inn elveløpet og øker flomfaren langs elva. Disse avsetningene kan med fordel fjernes.



Figur 63. Miljøtilpasset kantsikring (ordna steinlag + steinutlegg + kantvegetasjon) i Flåmselva

6.9 Utlekking av steiner for økt hydraulisk variasjon

Deler av Sokno er påvirket av forbygning, og bærer preg av å være forholdsvis homogen med liten variasjon i strømforhold. Dette gjelder særlig elvestrekningen nedstrøms Hauge i Dalane og ned mot Øyno. Selv om dette til dels kan være naturlig, så er det sannsynlig at dette har blitt forsterket ved at store stein har blitt fjernet og at elven har blitt delvis kanalisert. Naturlig forventes her mere svinger og sideløp, basert på elvetype og sedimentregime. Som et avbøtende tiltak kan det vurderes å legge ut steingrupper med store stein for å lage økt variasjon i strømmønster på strekningen. Store stein vil også bidra til økt skjul for ungfisk.

6.10 Tiltak for å lette oppvandring i Toksafossen og fossen ved Sandbekk

Toksafossen er naturlig vandringshinder for laks i Bakkaåna, men laks kan ifølge lokalt hold vandre opp ved enkelte vannføringer. Trolig vil det være mulig å gjøre det lettere for fisk å vandre opp Toksafossen ved å fjerne en steinblokk/fremspring i fossen. Fisk vil da ha tilgang på en om lag 2 km lang elvestekning opp til Steinsvatnet, samt eventuelle innløpselver.

Fossen i Ålgårdselva ved Sandbekk er passerbar på høyere vannføring, men kan bidra til forsinket oppgang og at det akkumuleres fisk i de mindre kulpene under fossen. Det gjør at fisken trolig blir mer utsatt for stress ved lav vannføring og høy temperatur i elva, og i tillegg er fisken utsatt for tyvfiske. Dette kan avbøtes ved å etablere en fiskepassasje for å lette oppvandringen, slik at fisken har mulighet til å søke opp i de større hølene og innsjøene, og dermed øke gyteaktiviteten på denne elvestekningen.

6.11 Fjerne terskel i øvre del av Litleåna

I øvre del av Litleåna er det etablert en betongterskel. Det er uklart hva som er formålet med terskelen, men trolig for å bedre fiskemuligheter på oversiden. Terskelen kan fungerer som et vandringshinder på lave vannføringer, og også forhindre ungfisk fra å vandre opp fra gyteområdene nedenfor. Terskelen vurderes ikke som noe betydelig vandringshinder og har trolig liten effekt på fiskebestanden totalt sett, men terskelen har heller ikke noen positiv effekt på fisken, og kan med fordel fjernes.

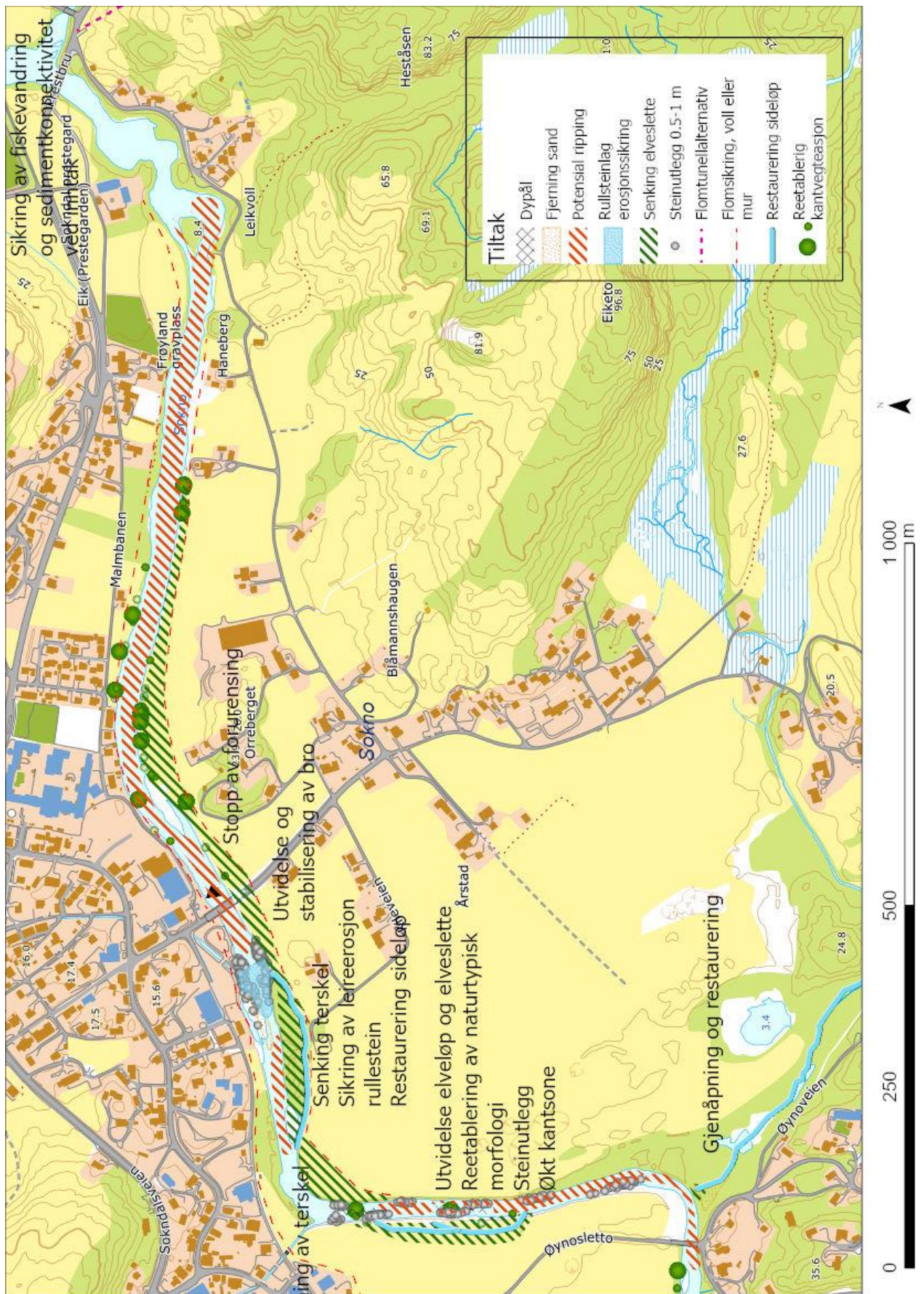
6.12 Aktualisere miljøvilkår i Lidland kraftverk

Kapping og skading av fisk i turbinen til Lidland kraftverk kan unngås med dagens teknologi (Pulg et al. 2018). Etablering av en skråstilt, finmasket varegrind med fluktåpning og bypass nedover vil kunne hindre den rødlistete ålen og ørret fra å havne i turbinene. Ålvandringsmuligheter bør vurderes, det kan hende at den kappete ålen vandret opp før kraftverket ble bygget. For å kunne nå god miljøtilstand i Rosslåndsåna bør det dessuten etableres en minstevannføring.

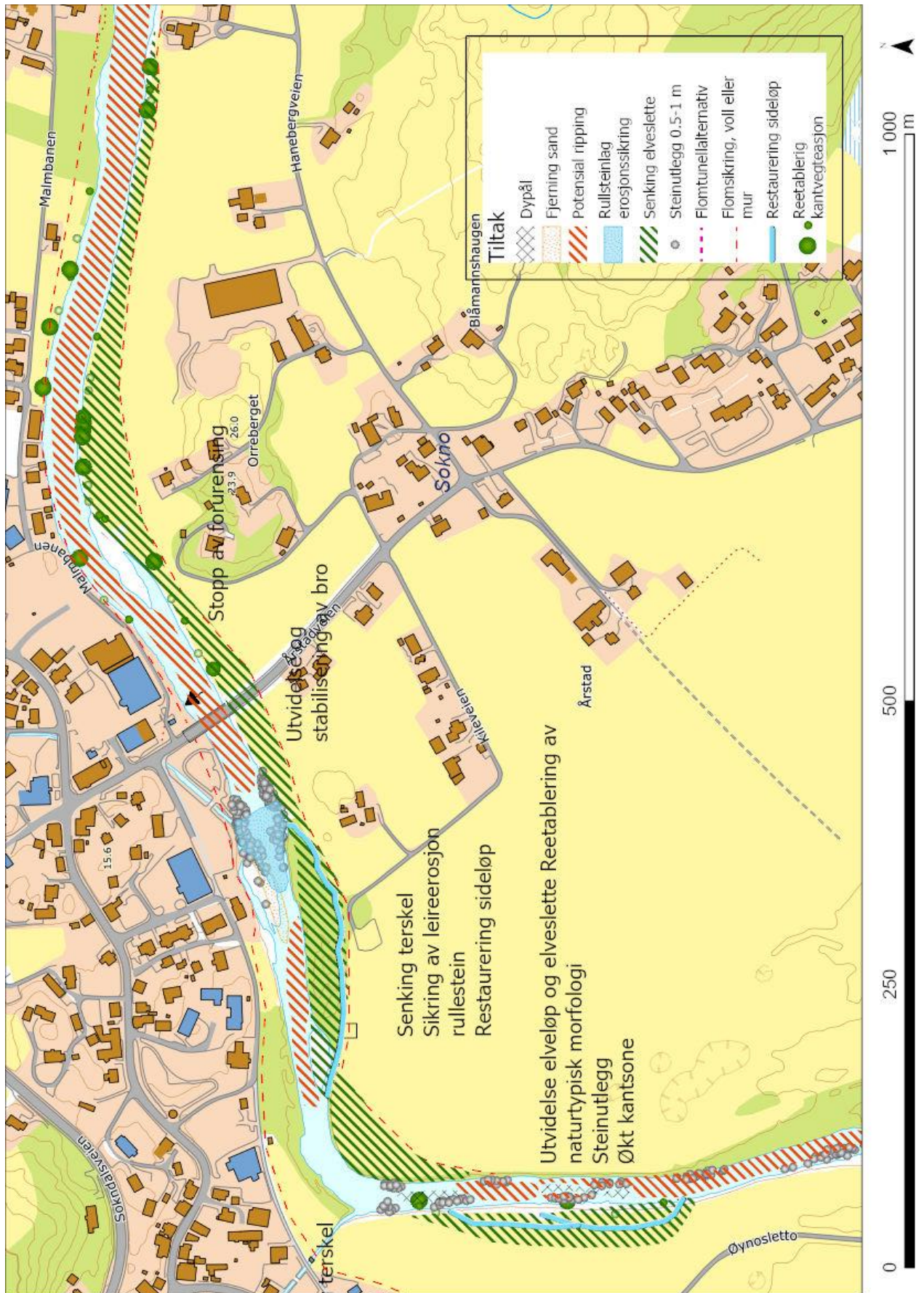
6.13 Sikring av konnektivitet for fisk og sediment ved tunellinntak

Det anbefales å unngå hindringer på tvers av hovedelva. Som kompromiss kan fisketrapper (eksempler i Pulg et al. 2018) og sedimentluker vurderes, men disse krever drift og vedlikehold for å kunne fungere og de vil være mindre effektive enn en fri passasje. Dessuten vil en dam eller terskel kunne føre til uønskete finsedimentavsetninger ovenfor.

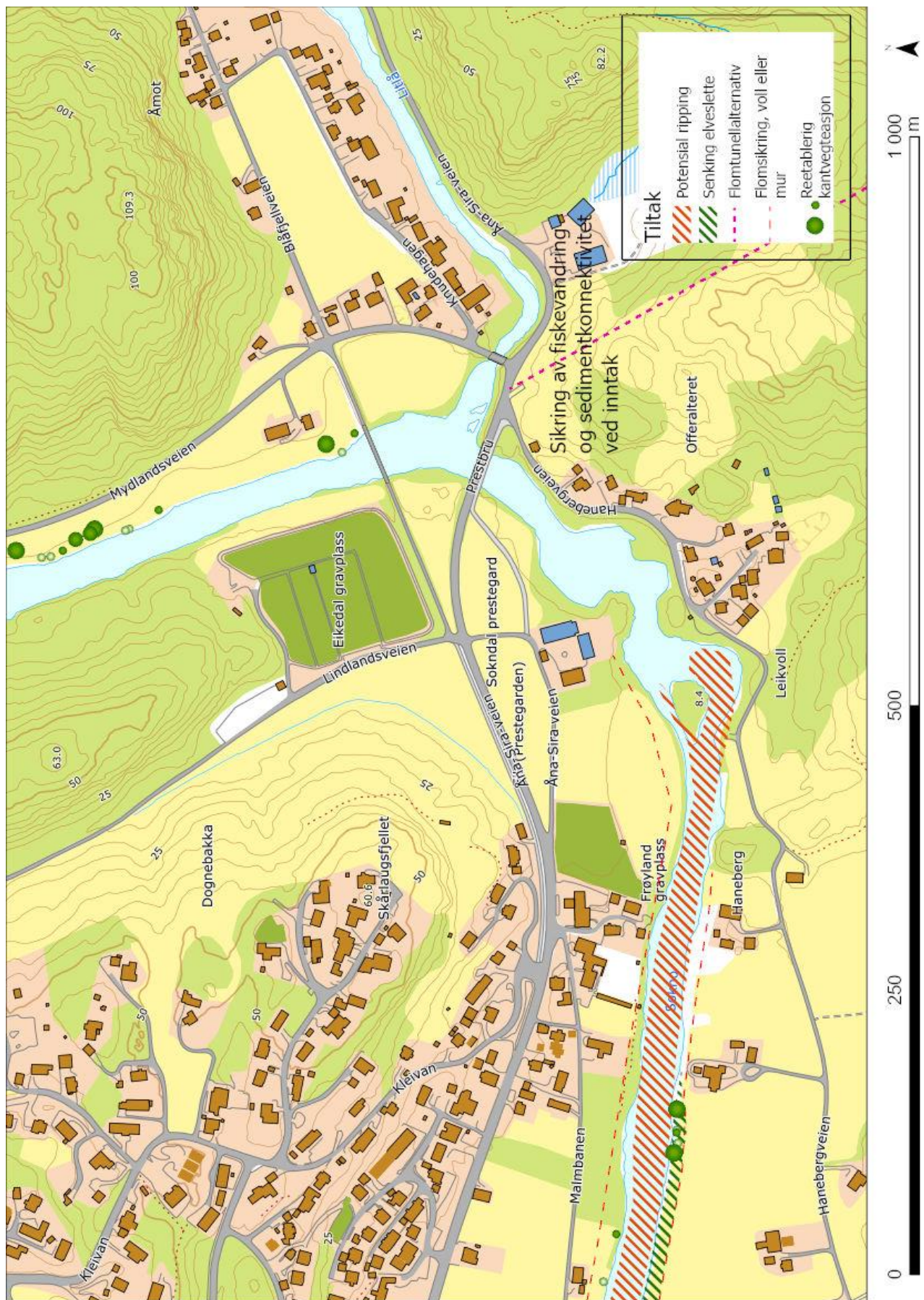
Utvandrende sjøaure, laks og ål (begge rødlistet) kan dessuten havne i tunell i en flomsituasjon. Der kan de i utgangspunktet overleve i stor grad, men tilbakevandringsevnen til laksefisk vil være redusert fordi de ikke preges i samme grad av elva (Haraldstad 2021). Skjer dette sjeldent (hvert 50 til 200 år) vil dette ha en svært liten påvirkning. Skjer dette hyppig (hvert år til 20. år) vil det være en langt større effekt som burde avbøtes med fiskesperrer og avledere ved inntaket, f.eks. med skråstilte finmaskede varegrind (eksempler i Pulg et al. 2018).



Figur 65. Oversikt tiltaksforslag ved Hauge



Figur 66. Tiltaksforslag ved Hauge med større målestokk



Figur 67. Tiltaksforslag ved Hauge og Prestbro med større målestokk



Figur 68. Tiltaksforslag ved Lono

6.14 Tiltak – forurener betaler prinsippet

Forurener skal i utgangspunktet betale i Norge¹² og sørge for at avfall blir forsvarlig håndtert. Det anbefales derfor å følge opp de dokumenterte forurensingene i Sokndalsvassdraget, særlig finsedimentutslipp fra Sandbekk som har svært store konsekvenser for fiskeproduksjon, bunndyr og elvemusling, samt innsnevring av elveløp grunnet gjengrodde sandbanker. Det er sannsynlig at det her ligger et ansvar for å rydde opp etter seg og ikke minst til å stoppe den pågående forurensingen. I lignende tilfeller har myndigheter pålagt forurener å rydde opp, slik som i Randselva¹³. Her hadde forurensingen skjedd over en lang tidsperiode og kostnader til opprydding estimeres til flere titalls millioner kroner¹⁴.

For vannmiljøet i Sokndalsvassdraget vil det utgjøre en betydelig forskjell om flommer dempes mens det pågår utslipp av finsedimenter eller hvis disse utslipp ikke forekommer. Hvis elvebunnen renses der det er mulig, sandoppbopninger fjernes og nye utslipp unngås, vil det være enklere å begrense miljøeffektene av flomdemping gjennom bruk av flomtunnel. Uten disse tiltakene vil flomtunnelen kunne forsterke påvirkningen av finsedimentene på miljøet, og sammen vil de kunne føre til store negative miljøkonsekvenser, spesielt for laks, sjøaure og elvemuslinger.

¹² <http://miljojuss.no/lovverket/forurensingsloven/>

¹³ <https://www.miljodirektoratet.no/aktuelt/nyheter/2022/november-2022/huhtamaki-ma-fjerne-pfas-i-grunnen-og-i-elvebunn/>

¹⁴ <https://www.ringblad.no/huhtamaki-ma-fjerne-forurensing-samarbeider-om-de-beste-losningene/s/5-45-1569659>

7 Konklusjon

7.1.1 Klima

Det tas utgangspunkt i en betydelig økning i flomrisiko i Sokndalsvassdraget. NVEs praksis med en 20 % økning av 200-års flom betraktes som en hensiktsmessig fremgangsmåte for å kunne håndtere den type risiko (mer detaljer finnes i kap. 3).

7.1.2 Flomrisikohåndtering

I en rekke rapporter er det vist at en flomtunnel fra Prestbro vil kunne dempe 200-års flom med klimapåslag i tilstrekkelig grad. En slik flomrisikohåndtering krever attpåtil en rekke supplerende tiltak, deriblant lokale sikringstiltak (flomvoller og -mur mfl.) for strekninger der flommer ikke er dempet og for resterende flommer i sideløp og strekning nedenfor. Dessuten vil det kreves miljø- og vedlikeholdstiltak dersom gitte miljømål skal oppnås og sikres (se nedenfor).

I rammen av prosjektet ble det sett etter alternativer og supplerende løsninger (kap. 4). Her ble det testet et «scenario 3.2» med flomtunell fra Lono i kombinasjon med restaurering av elven ovenfor med tilhørende fjerning av terskler, senkning av elvebunn og lokale utvidelser. Sammen med lokale sikringstiltak som flomvoller og ombygging av bro har også dette scenarioet potensiale til en tilstrekkelig håndtering av 200-årsflom med klimapåslag. En lignende ide med flomtunell fra Lono ble vurdert tidligere (Variant C, NVE 2013), men uten samme omfang av de andre tiltakene ovenfor (elverestaurering, terskelfjerning og ombygging av bro mfl.). derfor ble variant C ikke vurdert som tilstrekkelig. Tar man tilleggstiltakene med er det potensialet imidlertid gitt.

Både en flomtunell ved Prestbro og tilhørende tiltak (scenario 1 og 2) samt flomtunell ved Lono med tilhørende tiltak (scenario 3.2) vil medføre omfattende kostnader til bygging og drift samt vedlikeholdstiltak og avbøtende miljøtiltak i elva. Grunnet betydelig kortere flomtunnel (50 %) og lavere behov for avbøtende tiltak i elva kan scenario 3.2 imidlertid være billigere og realistisk å gjennomføre (mere detaljer finnes i kap.4).

7.1.3 Miljøforhold

Sokndalsvassdraget er preget av en rekke inngrep og forurensing (kap. 2 og 5). Forsuring er håndtert gjennom kalking og den resterende hovedpåvirkning er finsedimentutslipp fra Sandbekkområdet. Den pågår fortsatt og har ført til svært lite skjul i elvebunn nedenfor, mest sannsynlig en avgjørende årsak for de svært lave fisketettheter i vassdraget (gjennomsnittlig 5 eldre laksunger og 3 eldre ørret per 100 m²)¹⁵. Finsedimentets virkning på miljøforhold har blitt undervurdert, blitt oversett eller blitt ekskludert i tidligere studier utenom Skoglund et al. (2019) og Ahmad (2023).

Ved flomdemping vil særlig plantevekst og sedimentforhold kunne endres, men også elvemorfologi vil kunne påvirkes gjennom økt sedimentering. Miljørisikoen økes betydelig fordi det finnes allerede en storskala og langvarig finsedimentforurensing i vassdraget. Forurensingen foregår fremdeles ved erosjon av finmasser på sanddeponier og transport til vassdraget. Finsedimentutslipp og mindre

¹⁵ Miljødirektoratet rapport M-2182 | 2021

selvrensing pga. dempete flommer i **kombinasjon** medfører stor miljørisiko. Det må i så fall regnes med omfattende negative miljøeffekter som rammer særlig laks, sjøørret og elvemusling. Problemvekst av vannplanter og opphoping av sediment vil ved siden av miljøeffekter påvirke landbruk, ev. vannbruk, friluftsliv og kunne føre til lokal oversvømmelsesfare (krypsivproblematikk). Omfang av miljøpåvirkning vil avhenge hvilken type flomdemping som velges. Den vil være relativt liten ved scenario 3.2 (Flomtunnel Lono), men større ved flomtunell Prestbro, fordi en større del av vassdraget vil være påvirket (scenario 2). Særlig stor vil den være hvis en flomtunell fra Prestbro brukes relativt hyppig dvs. fra 5- til 20-års flommer eller mindre flommer (scenario 1).

7.1.4 Miljøtiltak og effekter

Basert på kap. 2, 5 og 6 er det viktigste tiltaket for å avbøte negativ miljøpåvirkning av flomdemping å stoppe ytterligere finsedimentutslipp fra Sandbekkområdet og å rense elvebunn som er påvirket av finsediment. Dette vil kunne flerdoble fisketetthetene som er svært lave i dag¹⁶. I sammenlignbare vassdrag uten finsedimentpåvirkning finnes opptil 10 ganger større fisketettheter (Pulg et al. 2018). Deretter vil prioritering av miljøtiltak være avhengig av valgt scenario og omfang av flomdemping (se tabell Tabell 3 og Tabell 4). Ved demping av mindre flommer (< Q20) regnes med et omfattende vedlikeholdsbehov av vassdraget for å sikre naturverdier (særlig fisk og elvemusling), landbruk, friluftsliv og hindre lokale oversvømmelser. I en slik scenario kan det regnes med vedlikeholdsbehov for flere millioner NOK i året, først og fremst for rensing av sediment og fjerning av vegetasjon (inkl. krypsiv). Uansett scenario vil miljøtilstand kunne sikres og bedres ved restaurering av naturlig elvemorfologi med sideløp og fjerning av terskler, redusering av forurensing, avbøtende tiltak og fiskepassasje ved Lidland kraftverk og reetablering av kantvegetasjon.

Påvirkning av finsediment fra Sandbekk på særlig fisk vurderes som svært stor siden det er så lave tettheter i vassdraget som ikke kan forklares med andre faktorer. Fordi miljøpåvirkningen er så stor, er potensialet for forbedring derfor også stort. Dersom skjul i sedimentet og gyteforhold forbedres gjennom stopp av finsedimentutslipp og rensing av bunns substrat vil fisketettheter og total smoltproduksjon kunne økes betydelig. I lignende vassdrag finnes 2 - 10 ganger så mye fisk per areal. Også forhold for elvemusling vil bedres på denne måten. Uansett flomsikringsmetoden fremstår de tiltakene som svært viktig for oppnåelse og sikring av miljømålene i vassdraget.

En kombinasjon av **moderat flomdemping** fra Lono (scenario 3.2) eller utelukkende demping av ekstremflommer (>Q50) med **tilhørende avbøtende tiltak** (scenario 2) samt **stopp av finsedimentutslipp og rensing av elvebunn** fra Sandbekk og nedover vil derfor kunne sikre miljøforhold (god tilstand)¹⁷ og t.o.m. øke fiskeproduksjon samt bedre forhold for elvemusling i forhold til 2020.

En **worst case scenario** for miljøet vil være at finsedimentpåvirkningen fra Sandbekk fortsetter og det samtidig innføres en hyppig flomdemping (Tabell 4) der også flommer under Q20 dempes. I så fall må det regnes med en sterkt redusert miljøtilstand med fare for at elvemusling forsvinner og laks- og ørretproduksjon reduseres sterkt. I tillegg må det regnes med problemvekst av planter inkludert krypsiv og opphoping av sedimenter med medfølgende konsekvenser for miljø, landbruk, friluftsliv og lokal oversvømmelsesfare nedenfor Prestbro.

¹⁶ Miljødirektoratet rapport M-2182 | 2021

¹⁷ Etter vannforskriften og kvalitetsnorm villaks.

Tabell 3. Miljøtiltak prioritert etter forventet miljøeffekt i forskjellige scenarier. Forutsatt er at kalking fortsetter og tilstrekkelig pH-verdi sikres.

	Scenario 1	Estimat M NOK	Scenario 2	Estimat M NOK	Scenario 3.2	Estimat M NOK
Prioritet	Flomtunell Prestbro med hyppig demping (< Q20)		Flomtunell Prestbro med sjeldent demping (fra Q50)		Flomtunell fra Lono (variant C+)	
1	Sikring av fiskevandring og sedimenttransport ved tunellinntak		Sikring av fiskevandring og sedimenttransport ved tunellinntak		Sikring av fiskevandring og sedimenttransport ved tunellinntak	
1	Stopp av tilførsel finsediment fra deponi (6.1.1)	F	Stopp av tilførsel finsediment fra deponi (6.1.1)	F	Stopp av tilførsel finsediment fra deponi(6.1.1)	F
1	Fjerning av tidligere finsedimentutslipp i og langs elva (6.1.2)	F	Fjerning av tidligere finsedimentutslipp i og langs elva (6.1.2)	F	Fjerning av tidligere finsedimentutslipp i og langs elva	F
2	Rensing av sediment, ripping mfl.(6.1.3)	2/år	Reetablering av naturlig elevmorfologi inkludert sideløp og tiltak Kryptevik (6.8 + 3)	6	Rensing av sediment ved flommer (6.1.4)	0
2	Vedlikehold av undervannsvegetasjon (6.2)	2/år	Fjerning eller justering av terskler (6.4)	3	Fjerning eller justering av terskler (6.4)	6
3	Fjerning eller justering av terskler (6.4)	3	Redusering av forurensing (6.6)	F	Reetablering av naturlig elevmorfologi inkludert sideløp og tiltak Kryptevik (6.8 + 3)	3
3	Reetablering av naturlig elevmorfologi inkludert sideløp og tiltak Kryptevik (6.8 + 6.3)	6	Aktualisere miljøvilkår i Lidland kraftverk (6.12)	K	Redusering av forurensing (6.6)	F
3	Redusering av forurensing (6.6)	F	Rensing av sediment, ripping mfl.(6.1.3)	0.1/år	Aktualisere miljøvilkår i Lidland kraftverk (6.12)	K
3	Aktualisere miljøvilkår i Lidland kraftverk (6.12)	K	Vedlikehold av undervannsvegetasjon (6.2)	0.1/år	Reetablering av kantvegetasjon (6.7)	0.5
4	Reetablering av kantvegetasjon (6.7)	0.5	Reetablering av kantvegetasjon (6.7)	0.5		
Miljø-Mål*	Oppnåelse svært usikker		Oppnåelse sannsynlig		Oppnåelse høyt sannsynlig	

Tabell 4. Et worst-case scenario uten opprydding i eksisterende miljøpåvirkning og med sterk flomdemping ved flomtunell uten avbøtende tiltak.

Scenario 4 – worst case	
Flomtunell Prestbro med hyppig demping (< Q20)	
Uten videre tiltak	
Ingen stopp av tilførsel finsediment fra deponi Sandbekk (1.1)	
Ingen fjerning av tidligere finsedimentutslipp i og langs elva (1.2)	
Ingen avbøtende miljøtiltak	
Miljø-Mål*	<ul style="list-style-type: none"> • Ikke sannsynlig at miljømål oppnås • Lavere fiskeproduksjon • Elvemusling vil sannsynligvis forsvinne fra områder nedenfor Prestbro, dvs. dagens kjente forekomster.

Estimat: mulige kostnader i millioner NOK, eks mva. Gjenspeiler en størrelsesorden for lignende arbeid basert på tallene i Pulg et al. (2020). Vil være avhengig av tiltakets omfang og en rekke faktorer som enda ikke er bestemt.

F: Forurenser har i utgangspunktet ansvar for disse kostnader

K: Kraftselskap har i utgangspunktet ansvar for disse kostnader

*i henhold til vannforskriften (god økol. tilstand), kvalitetsnorm villaks (god tilstand, handlingsplan elvemusling)

8 Referanser

- Ahmad Nadeem 2023. Flomtunnel Sokna. Vurdering av sedimenttransport. Sweco notat 03.01. 2023
- Alfieri, L., Feyen, L., & Di Baldassarre, G. (2016). Increasing flood risk under climate change: a pan-European assessment of the benefits of four adaptation strategies. *Climatic Change*, 136(3), 507-521.
- Anon. 2013. "Redningsaksjonen for Vossolaksen." In DN-Utredning, edited by Direktoratet for Naturforvaltning. Direktoratet for Naturforvaltning.
- Anon. 2018. Vedleggsrapport med vurdering av måloppnåelse for de enkelte bestandene, Østfold - Hordaland. Rapport fra Vitenskapelig råd for lakseforvaltning nr 11b.
- Ashmore, P, and M. Church. 2001. 'The impact of climate change on rivers and river processes in Canada', Geological Survey of Canada, Bulletin, 555: 58.
- Atoba, Kayode, Galen Newman, Samuel Brody, Wesley Highfield, Youjung Kim, and Andrew Juan. 2021. 'Buy them out before they are built: evaluating the proactive acquisition of vacant land in flood-prone areas', *Environmental Conservation*, 48: 118-26.
- Awadallah, Mahmoud Omer Mahmoud, Ana Juárez, and Knut Alfredsen. 2022. 'Comparison between Topographic and Bathymetric LiDAR Terrain Models in Flood Inundation Estimations', *Remote Sensing*, 14: 227.

- Badri, A., J. Giudicelli, and G. Pre´vot. 1987. Effects of a flood on the benthic invertebrate community in a Mediterranean river, the Rdat (Morocco). *Acta Oecologica* 8:481–500.
- Barlaup, Bjørn T., Sven Erik Gabrielsen, Helge Skoglund, and Tore Wiers. 2008. 'Addition of spawning gravel—a means to restore spawning habitat of atlantic salmon (*Salmo salar* L.), and Anadromous and resident brown trout (*Salmo trutta* L.) in regulated rivers', *River Research and Applications*, 24: 543-50.
- Beffa, C., & Connell, R. J. (2001). Two-dimensional flood plain flow. I: Model description. *Journal of Hydrologic Engineering*, 6(5), 397-405.
- Blasy & Øverland 2020. Oppdatering av flomsonekart 11-2001 delprosjekt Hauge . NVE Ekstern Rapport 26/2020
- Borsányi, P., Alfredsen, K., Harby, A., Ugedal, O. & Kraxner, C. 2004. A meso-scale habitat classification method for production modelling of Atlantic salmon in Norway. *Hydroécologie Appliquée* 14(1): 119–138.
- Brunner, G.W., 2016. HEC-RAS river analysis system. Hydraulic reference manual. Version 5.0. Davis, CA: Hydrologic Engineering Center.
- Dyrørdal, A. (2019). [Klimapåslag for korttidsnedbør – Anbefalte verdier for Norge](#). NCCS-report 5/2019.
- Einum, S. & Nislow, K.H. (2011). Variation in population size through time and space: theory and recent empirical advances from Atlantic salmon. In: *Atlantic Salmon Ecology*, pp. 277-298 (eds. Ø. Aas, S. Einum, A. Klemetsen & J. Skurdal). Wiley-Blackwell.
- Engh, A. Silje W. Hereid, Marte H. Bakka og Kristine Våge 2022: Overvåking i utvalgte vannforekomster i Eigersund- og Sokndal kommuner 2022. FAUN rapport R034-2022
- European assessment of the benefits of four adaptation strategies. *Climatic Change*, 136(3), 507-521.
- Finstad, A. G., S. Einum, O. Ugedal, and T. Forseth. 2009. Spatial distribution of limited resources and local density regulation in juvenile Atlantic salmon. *Journal of Animal Ecology* 78:226–35.
- Forseth, T. & Harby, A. (red.). 2013. Håndbok for miljødesign I regulerte laksevassdrag. – NINA Temahefte 52. 90 s. <http://www.nina.no/archive/nina/PppBasePdf/temahefte/052.pdf>
- Hammer LL., Ruud, H., Aradi, R., Søyland R., Valvik, K.A., Øyre A. KONSEKVENSTREDNING FLOMTUNNEL SOKNA PRESTBRO – JØSSINGFJORD. Asplan Viak rapport Oppdragsnummer: 620219-05
- Hanssen-Bauer, I. m.fl. (Red.) (2015). [Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015](#). NCCS report, no. 2/2015
- Haraldstad, T. 2021 Evaluation of mitigation measures for Atlantic salmon and brown trout at hydropower plants and their prospect as selective agents. Dissertation for the degree of philosophiae doctor (ph.d). University of Agder. Faculty of Engineering and Science 2021
- Hauer, C., & Habersack, H. (2009). Morphodynamics of a 1000-year flood in the Kamp River, Austria, and impacts on floodplain morphology. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34(5), 654-682.
- Hauer, C., Flödl, P., Habersack, H., & Pulg, U. (2021). Critical flows in semi-alluvial channels during extraordinarily high discharges: Implications for flood risk management. *Journal of Flood Risk Management*, 14(4), e12741.
- Hauer, C. (2022). Sokna - Preliminary Floodrisk mitigation study, Appendix to the final report, Notat, Christoph Hauer, Wien, 19 pp.
- Hauer, C. (2022b) Sokna – Preliminary Floodrisk mitigation study – Hydrological analysis. Notat. Christoph Hauer, Wien, 12 pp.
- Hauer, C. (2023) Sokna – Floodrisk mitigation study – 2D Hydraulic Analysis and Mitigation Measure Definition. Technical report. Christoph Hauer, Wien, 17. pp
- Høgberget, R. 2017. Ny kalkingsstrategi for laks i Sokndalsvassdraget. NIVA rapport nr 7145-2017.

- Irgens, C., M.A., Hulbak & S. Skår [upublisert]. Habitatkartlegging og forslag til tiltak i 16 sjørrerbekker i Dalane vannområde 2022. Rådgivende Biologer AS.
- Jansen, M., Aall, C., Groven, K. (2019). [Utredning av konsekvensar av klimaendringar på natur og samfunn i Rogaland; utfordringar, moglegheiter og prioriteringar](#), Vestlandsforskningsrapport nr. 13/2019.
- Klimaprofil Rogaland, <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/rogaland>, sist oppdatert i april 2022.
- Kundzewicz, Z. W., Kanae, S., Seneviratne, S. I., Handmer, J., Nicholls, N., Peduzzi, P., ... & Sherstyukov, B. (2014). Flood risk and climate change: global and regional perspectives. *Hydrological Sciences Journal*, 59(1), 1-28.
- Larsen, B.M. 2018. Handlingsplan for elvemusling 2019-2028. Miljødirektoratet rapport M-1107 2018
- Magerøy, J.H., Wacker, S., Foldvik, A. & Larsen, B.M. 2020. Elvemuslingens leveområde. Hvilke landskaps- og habitatvariabler påvirker utbredelse, tetthet og rekruttering hos elvemusling? NINA Rapport 1744. Norsk institutt for naturforskning.
- MBR, Massachusetts Bureau of Resource. (2003). Massachusetts Erosion and Sediment Control Guidelines for Urban and Suburban Areas: A Guide for Planners, Designers, and Municipal Officials. Massachusetts Department of Environmental Protection, Bureau of Resource Protection. <https://archives.lib.state.ma.us/handle/2452/625141>
- Meld. St. 33 (2012-2013). [Klimatilpasning i Norge](#).
- Nie, L., Lindholm, O., Lindholm, G., & Syversen, E. (2009). Impacts of climate change on urban drainage systems—a case study in Fredrikstad, Norway. *Urban Water Journal*, 6(4), 323-332.
- NVE 2013. Tiltak i vassdrag Flomsikring Sokndal – gjennomgang av sikringsalternativer, 68 pp.
- NVE rapport 2016: Lawrence, D. (2016). [Klimaendring og framtidige flommer i Norge](#), NVE rapport nr. 81, 2016.
- Næss, L. O., Bang, G., Eriksen, S., & Vevatne, J. (2005). Institutional adaptation to climate change: flood responses at the municipal level in Norway. *Global Environmental Change*, 15(2), 125-138.
- Pfeifer, N., & Mandlbürger, G. (2017). LiDAR data filtering and DTM generation. In *Topographic Laser Ranging and Scanning* (pp. 307-334). CRC Press.
- Pulg, U., Barlaup, B., Gabrielsen S.-E. & Skoglund, H. 2011. Sjøaurebekker i Bergen og omegn. LFI-rapport nr. 181. Uni Research, Uni Miljø LFI, Bergen.
- Pulg, U., Barlaup, B., Skoglund, H., Velle, G., Gabrielsen, S.-E., Stranzl, S., Olen E.E. Lehmann, G.B., Wiers, T., Skår, B., Nordmann, E.S., Fjeldstad, H-P. 2018. Tiltakshåndbok for bedre fysisk vannmiljø: God praksis ved miljøforbedrende tiltak i elver og bekker. Uni Research Miljø LFI, rapport nr 296.
- Pulg, U., Hauer, C., Flödl, P., Postler C., Stranzl, S., Espedal, E.O, Bodin, C.L., Velle, G. 2022: Flom og miljø i et endret klima - innovative metoder for restaurering og bedre miljøtilstand. NORCE LFI rapport 458. Norwegian Research Center LFI, Bergen
- Qi, H., & Altinakar, M. S. (2011). A GIS-based decision support system for integrated flood management under uncertainty with two dimensional numerical simulations. *Environmental Modelling & Software*, 26(6), 817-821.
- Robinson, M., Scholz, M., Bastien, N., & Carfrae, J. (2010). Classification of different sustainable flood retention basin types. *Journal of Environmental Sciences*, 22(6), 898-903.
- Sandaas, K. og Enerud, J. 2018. Utbredelse og bestandsstatus hos elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Sokna. Soknedal kommune, Rogaland fylke 2018. 16 sider
- Skoglund, H., Gabrielsen, S.-E., Espedal Olsen E., Derntl F. 2019. Kartlegging av habitatforhold for laksefisk i Soknalsvassdraget 2018. NORCE LFI-rapport nr. 322. NORCE LFI Bergen
- Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning,

- Søyland, R. 2015. Skjøtselsplan for del av Årstad naturreservat. Sokndal kommune, Rogaland. Ecofactrapport 493. 19 s.
- Wilby, R. L., & Keenan, R. (2012). Adapting to flood risk under climate change. *Progress in physical geography*, 36(3), 348-378.
- Yu, D., & Lane, S. N. (2006). Urban fluvial flood modelling using a two-dimensional diffusion-wave treatment, part 1: mesh resolution effects. *Hydrological Processes: An International Journal*, 20(7), 1541-1565.
- Versteeg, H. K., & Malalasekera, W. (2007). *An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume method*. Pearson education.
- Aamaas B., Berg, A. (2019). [Overordnet analyse av konsekvenser av klimaendringer på natur og samfunn i Rogaland](#), Cicero rapport, 2019:19.
- Aas, Ø., Einum, S., Klemetsen, A. & Skurdal, J. (2011). *Atlantic Salmon Ecology*. Wiley-Blackwell, 467 pp.



Laboratorium for ferskvannsekologi og innlandsfiske (LFI)

LFI ble opprettet ved Universitet i Bergen i 1969, og er nå en seksjon ved Norwegian Research Centre (NORCE). LFI gjennomfører forskning, overvåking, tiltak og utredninger innen ferskvannsekologi. Vi har spesiell kompetanse på laksefisk (laks, sjøaure, innlandsaure) og bunndyr, og på hvilke miljøbetingelser som skal være til stede for at disse artene skal ha livskraftige bestander. Sentrale tema er:

- Bestandsregulerende faktorer
- Gytebiologi hos laksefisk
- Biologisk mangfold basert på bunndyrsamfunn i ferskvann
- Effekter av vassdragsreguleringer
- Effekter av fiskeoppdrett, lakselus og rømming
- Bærekraftig klimatilpasning
- Forsuring og kalking
- Vassdragsmorfologi og habitattanalyser
- Vassdragsrestaurering
- Miljødesign og habitattiltak
- Effekter av klimaendringer
- Fiskepassasjer
- Gassovermetning