Etnedal kommune

Vassdragsrestaurering Etna

Tiltaksplan

Oppdragsnr.: 52506381 Dokumentnr.: 52506381-RAPP-001 Revisjon: J04 Dato: 2026-10-30



NORCE Norconsult

Oppdragsgiver:	Etnedal kommune
Oppdragsgivers kontaktperson:	Øistein Preus Hveding
Rådgiver:	Norconsult Norge AS
Oppdragsleder:	Øistein Preus Hveding
Fagansvarlig:	Daniel Fossberg
Andre nøkkelpersoner:	Espen Olsen Espedal, Christoph Postler, Rowen Hamper, Nitesh Godara

Revisjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent
D01	24.08.2026	For gjennomgang av oppdragsgiver			
D02	03.09.2026	Revisjon etter gjennomgang med oppdragsgiver	Espen Olsen Espedal, Christopher Postler, Nitesh Godara	Daniel Fossberg	Øistein Preus Hveding
D03	04.09.2026	Revisjon etter siste justering før oversendelse til ref. gruppen	Espen Olsen Espedal, Christopher Postler, Nitesh Godara	Daniel Fossberg	Øistein Preus Hveding
J04	30.10.2026	Revisjon etter innspill fra ref. gruppen	Espen Olsen Espedal, Christopher Postler, Nitesh Godara	Daniel Fossberg	Daniel Fossberg

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

Sammendrag

Rapporten omhandler vurderinger av habitatforhold, hydrologisk grunnlag og hydrauliske forhold i Etna på strekningen mellom Lunde bru og Dokka. Arbeidet omfatter habitatkartlegging, vurdering av fysiske inngrep og mulige restaureringstiltak, flomberegninger og hydrauliske beregninger for dagens situasjon og situasjoner der ulike tiltak er lagt inn i terrengmodellen.

Habitatkartleggingen viser at Etna har ulik morfologisk karakter på de kartlagte delstrekningene. Strekningen mellom Lunde bru og Høljerast er i stor grad påvirket av kanalisering, flomvoller og avsnøring av tidligere meandere og kroksjøer. Dette har redusert kontakten mellom elva og elvesletten, og gitt et mer ensartet elveløp med lavere hydromorfologisk variasjon. På strekningen mellom Høljerast og Leppa er elva brattere og mer dominert av stryk og grovere substrat, mens strekningene videre ned mot Øyom og Dokka har lavere gradient, har mer finkornet substrat, og stedvis lite skjultilgang for ungfisk. Kartleggingen viser likevel flere områder der gjenåpning av avsnørte kroksjøer, reetablering av meandere eller forbedring av sidebekker kan gi økt variasjon i vannhastighet, dybde, substrat og tilgjengelig habitat.

Det er vurdert ulike løsninger for gjenåpning av avsnørte kroksjøer, fra begrenset tilkobling gjennom rør eller kulvert til full remeandrering, der Etnas hovedløp føres tilbake gjennom de historiske elvesvingene. Fra et miljøfaglig perspektiv anbefales full remeandrering, da dette forventes å gi størst gevinst for hydromorfologisk variasjon, habitatforhold og økologisk tilstand. De hydrauliske beregningene viser imidlertid at en løsning der dagens hovedløp avskjæres eller får redusert hydraulisk kapasitet, kan medføre økte vannstander og større flomutbredelse. Ut fra en samlet vurdering av miljøhensyn og flomsikkerhet anbefales derfor at kroksjøene gjenåpnes som naturlige sideløp til Etna, samtidig som dagens hovedløp og dets hydrauliske kapasitet opprettholdes. Dette innebærer at kroksjøene så langt som mulig åpnes med naturlige inn- og utløp, slik at det etableres gjennomstrømning og hydraulisk kontakt med hovedelva. Eksisterende flomvoller kan da fjernes eller åpnes, og nye flomvoller etableres i bakkant av de restaurerte sideløpene for å ivareta flomsikkerheten. Løsningen tilsvarer alternativ D i Figur 61 og vurderes å gi en god miljømessig gevinst uten at flomsikkerheten svekkes. Endelig utforming av tilkoblingene må tilpasses lokale forhold og avklares gjennom videre detaljprosjektering.

Det hydrologiske grunnlaget er basert på flomverdier for Etna og Dokka, samt egne vurderinger av mindre nedbørfelt til sidebekker. Flomverdiene er brukt som inngangsdata i de hydrauliske beregningene. For mindre sidefelt, blant annet Esbjugbekken og sidebekkene ved Dølstugu og Plassen, er det gjort egne flomberegninger med NVEs NIFS-formel for små nedbørfelt. Disse beregningene gir grunnlag for å vurdere lokale vannføringer, kanalgeometri og flomutbredelse fra sidebekker.

De hydrauliske beregningene viser at de vurderte tiltakene i Etna i hovedsak har lokal effekt på vannstand og flomutbredelse. Ved store flommer er vannføringen i Etna dimensjonerende for flomsituasjonen i dalbunnen. Gjenåpning av kroksjøer og sideløp gir derfor begrenset flomdemping ved større flomhendelser, men beregningene viser heller ikke vesentlig negativ påvirkning på vannstandene i hovedløpet. Tiltakene kan likevel ha lokal betydning ved mindre og moderate vannføringer, særlig der de gir bedre hydraulisk forbindelse mellom sidebekker, kroksjøer og hovedløpet.

Ved Esbjug er eksisterende kanalgeometri brukt som grunnlag for vurdering av ny kanalutforming for Esbjugbekken. Beregningene er utført for et trapesformet tverrsnitt basert på eksisterende kanal, med bunnbredde 3,0 m, sidehelling 1:3, bunnkote 144,3 moh. og kanalhelling S0 = 0,0008 m/m. For 200-årsflom på 10,2 m³/s gir beregningene med M = 40 en vanndybde på om lag 1,40 m, vannstand ca. 145,70 moh. og toppbredde ca. 11,4 m. Beregningene viser at en trapesformet kanal med slake sidekanter er egnet som utgangspunkt for ny kanalgeometri, men at endelig dimensjon må vurderes sammen med tilgjengelig

terreng, erosjonssikring og ønsket flomsikkerhet. Bunnkoten bør tilpasses inn- og utløpsnivåene i eksisterende kanal slik at det ikke etableres lokale terskler eller motfall.

Ved Dølstugu og Plassen er det gjort en egen vurdering av flomsituasjonen fra sidebekker og mindre vannveier som drenerer mot Etna. Beregningene viser at gjenåpning av gamle kroksjøer kan redusere lokal flomutbredelse sørvest for Etna ved mindre flommer, ved at vann fra sidebekkene i større grad ledes via kroksjøene og videre mot Etna.

Samlet viser rapporten at gjenåpning av avsnørte kroksjøer, reetablering av meandere og forbedring av sidebekker kan bidra til økt hydromorfologisk variasjon, bedre habitatforhold og bedre lokal vannveishåndtering. Samtidig viser de hydrauliske beregningene at flomsituasjonen ved store flommer fortsatt i hovedsak styres av vannføringen i Etna. Eventuell videre bearbeiding av tiltakene bør derfor bygge på en samlet vurdering av habitatgevinst, hydrauliske virkninger, flomsikkerhet, erosjonsforhold, eksisterende arealbruk og praktisk gjennomførbarhet.

Tabellen nedenfor gir en samlet oversikt over alle vurderte og anbefalte tiltak, med angivelse av tiltakstype, navn på tiltaksområdet, lengde og prioritet. Tiltakene er prioritert ut fra en samlet vurdering av forventet miljøgevinst og hensynet til flomsikkerhet. Oversikten gir et grunnlag for å velge hvilke tiltak som bør følges opp i det videre arbeidet. Endelig utforming og gjennomføring må avklares gjennom detaljprosjektering og tilpasses lokale forhold.

Type tiltak	Navn	Lengde [m]	Prioritet
Remeandrering	Lunde/lybekk	250	3
Remeandrering	Nylåveenge	200	2
Remeandrering	Rustebakke	200	3
Remeandrering	Lundbyhaugen	200	3
Remeandrering	Groin	400	1
Remeandrering	Lundby	300	1
Remeandrering	Bekkelund 1	160	2
Remeandrering	Bekkelund 2	160	2
Remeandrering	Bekkelund 3	280	1
Remeandrering	Bekkelund 4	400	1
Remeandrering	Oppstrøms Øyom	1100	1
Remeandrering	Sidebekk Øyom	690	3
Økt kapasitet	Esbjugbekken	450	1
Økt kapasitet / påkobling kroksjø	Dølstugu	210	1
Økt kapasitet / påkobling kroksjø	Plassen	430	1
Masseuttak	Barsåk	1000	3

Innhold

Liste over figurer **6**

Liste over tabeller **10**

1 Habitatkartlegging **11**

1.1 Bakgrunn og hensikt 11
1.2 Om fiskebestandene i Etna 11
1.3 Om produksjon og habitatforhold for ørret 11
1.3.1 Gyteområder 12
1.3.2 Skjultilgang 12
1.4 Materiale og metoder 13
1.4.1 Innsamling av eksisterende informasjon 13
1.4.2 Kartleggingsmetode 13
1.4.3 Habitatrelaterte flaskehalser og begrensende faktorer for fiskeproduksjon 16
1.5 Resultater fra kartleggingen i Etna 17
1.5.1 Strekning mellom Lunde Bru og Høljerast 18
1.5.2 Strekning mellom Høljerast og Leppa 23
1.5.3 Strekning mellom Leppa og Øyom 28
1.5.4 Strekning mellom Øyom og Dokka 34
1.6 Oppsummering og diskusjon 38
1.6.1 Resultater fra habitatkartlegging 38
1.6.2 Strekning mellom Lundebrue og Høljerast 38
1.6.3 Strekning mellom Høljerast og Leppa 39
1.6.4 Strekning mellom Leppa og Øyom 39
1.6.5 Strekning mellom Øyom og Dokka 39
1.7 Tiltaksforslag 40
1.7.1 Kroksjø ved Lunde/Lybekk 40
1.7.2 Kroksjø ved Nylåveenge 42
1.7.3 Kroksjø ved Rustebakke 45
1.7.4 Kroksjø ved Lundbyhaugen 50
1.7.5 Kroksjø ved Groin 53
1.7.6 Kroksjø ved Lundby 56
1.7.7 Kroksjøer (4 stk) ved Bekkelund 59
1.7.8 Kroksjø ved Øyom 63
1.7.9 Tilpasninger og generelle betraktninger ved gjenåpning av kroksjøer 67
1.8 Oppsummering og anbefalinger 70

2 Hydrologisk grunnlag for hydrauliske beregninger **73**

2.1 Flomberegning 73
2.1.1 Datagrunnlag og forutsetninger 74
2.1.2 Varighetsanalyse 74
3 Hydrauliske beregninger 76
3.1 Modelloppsett 76
3.1.1 Datagrunnlag og geometri 76
3.1.2 Grensebetingelser 77
3.1.3 Manningstall 78
3.1.4 Kalibrering 79
3.2 Sammenligning og valg av tiltaksalternativ 79
3.3 Resultater for valgt tiltaksalternativ 80
3.3.1 Nedre del av modellen 80
3.3.2 Øvre del av modellen 84
3.3.3 Alle tiltak til sammen (Øvre og Nedre del) 84
3.3.4 Flomutsatte bygninger 88
3.3.5 Masseuttak vurdering 92
3.3.6 Fjerning av masse/terskel ved Barsåk 93
3.3.7 Sammenligning av vannstander fra 1953 og dagens vannstander 98
3.3.8 Økt hydraulisk kapasitet gjennom kanalen ved Esbjug 101
3.3.9 Sidebekker i områder Dølstugu og Plassen 103
3.4 Konklusjon 106
4 Referanser 108

Liste over figurer

Figur 1. Prinsippskisse for hvordan ulike livsstadier hos ungfisk hos ørret og laks benytter elvebunnen (skisse utviklet av Ulrich Pulg). 13
Figur 2. Venstre: Skjematisk framstilling av en gytegrop hvor eggene ligger konsentrert i en egglomme. Vannstrømmen gjennom grusen sikrer tilførsel av oksygenrikt vann. Etter at eggene er klekt vil plommesekkyngelen bli værende i grusen til plommesekken nesten er brukt opp. Da søker yngelen seg opp gjennom porene i grusen, forlater gytegropen og starter sitt liv som frittlevende yngel. Høyre: Gytegropene sees ofte som lyse flekker rett etter gyting. 16
Figur 3. Oversiktskart over de kartlagte parsellene av Etna mellom Lunde bru til Dokka. 18
Figur 4. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Lundebrue og fossen ved Høljerast (Fra: hoydedata.no). 19
Figur 5. Lundebrufossen sett nedstrøms fra Lundebru. 19
Figur 6. Eksempelbilder fra strekningen mellom Lundebrue og Høljerast. Det finnes noen strykpartier helt øverst og nederst i strekningen, men den klart mest dominerende elveklassen er renne. 20
Figur 7. Elveklasser, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Lundebrue og Høljerast. 21
Figur 8. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Lundebrue og Høljerast. 22
Figur 9. Substratfordeling i strekningen mellom Lundebrue og Høljerast. Sett over hele parsellen er grus dominerende substrattype. 23
Figur 10. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Høljerast og Leppa (Fra: hoydedata.no). 23
Figur 11. Nedre del av fossen ved Høljerast sett oppstrøms fra kanten av juvet. 24
Figur 12. Eksempelbilder fra strekningen mellom Høljerast og Leppa. Strekningen er dominert av stryk og kvitstryk, avgrenset av små kulper og glattstrømmer. På nederste bilde til venstre kan man se Støytfoss som trolig utgjør et temporært vandringshinder for fisk. 25
Figur 13. Elveklasser, vandringshindre, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Høljerast og Leppa. 26
Figur 14. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Høljerast og Leppa. 27
Figur 15. Substratfordeling i strekningen mellom Høljerast og Leppa. Sett over hele parsellen er stein og blokk dominerende substrattype. 28
Figur 16. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Leppa og Øyom (Fra: hoydedata.no). 28
Figur 17. Eksempelbilder fra strekningen mellom Leppa og Øyom. Strekningen er dominert av grattstrøm, og det finnes kun noen korte strykpartier. 30
Figur 18. Eksempelbilder fra gyteområde mellom Bjørnmoen og Bakken. Øverst: Deler av brekket som hadde velegnet substrat til gyting. Nederst: Andre deler av samme brekket hadde stor andel sand innimellom grusen, og var derfor noe mindre egnet til gyting. 31
Figur 19. Stedvis var det mye sarr, hvilket gjorde det vanskelig å observere elvebunnen. I grunne områder var det mulig å vade uti og sparke bort sarr for å identifisere substratsammensetningen, mens i dype områder måtte man gjøre antakelser angående substratet basert på det man faktisk kunne skimte innimellom sarren. 31
Figur 20. Elveklasser, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Leppa og Øyom. 32
Figur 21. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Leppa og Øyom. 33
Figur 22. Substratfordeling i strekningen mellom Leppa og Øyom. Sett over hele parsellen er grus og sand de klart dominerende substrattypene. 34
Figur 23. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Øyom og Dokka. Merk at selv om modellen ser ut til å ha store høydeforskjeller, så er forskjellene under 0,5 m og trolig bare innenfor feilmarginene i modellen (Fra: hoydedata.no). 35

Figur 24. Eksempelbilder fra strekningen mellom Øyom og Dokka. Strekningen er fullstendig dominert av sakteflytende glattstrømmer. Elvebunnen består hovedsakelig av sand og grus. 35
Figur 25. Elveklasser, vandringshindre, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Øyom og Dokka. 36
Figur 26. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Øyom og Dokka. 37
Figur 27. Substratfordeling i strekningen mellom Øyom og Dokka. Sand og grus er dominerende substrattyper gjennom hele parsellen. 38
Figur 28. Kart som viser lokasjon av kroksjøen mellom Lunde og Lybekk (hentet fra: norgeskart.no). 40
Figur 29. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 41
Figur 30. Bilder fra inne i kroksjøen mellom Lunde og Lybekk. Det finnes naturlig elvesubstrat inne i løpet, kun innløp og utløp er avskjært med flomvoll og grusvei. 41
Figur 31. Skisse av tiltaksområdet ved Lunde/Lybekk med supplerende feltobservasjoner. 42
Figur 32. Kart som viser lokasjon av den kunstige kroksjøen nær Nylåveenge (hentet fra: norgeskart.no). 43
Figur 33. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 44
Figur 34. Bilder fra inne i kroksjøen ved Nylåveenge. Det finnes naturlig elvesubstrat i nedre del av kroksjøen. Innløp og utløp er avskjært av flomvollen langs Etna. 44
Figur 35. Skisse av tiltaksområdet ved Nylåveenge med supplerende feltobservasjoner. Det ble observert naturtypisk elvesubstrat i nedre halvdel. 45
Figur 36. Kart som viser lokasjonen av den kunstige kroksjøen ved Rustebakke (hentet fra: norgeskart.no). 46
Figur 37. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 47
Figur 38. Bilder fra kroksjøen ved Rustebakk. Det ble ikke observert annet på elvebunnen enn vegetasjon og finsedimenter/mudder. 48
Figur 39. Skisse av tiltaksområdet ved Rustebakke med supplerende feltobservasjoner. Det ble observert naturtypisk elvesubstrat i nedre halvdel. 49
Figur 40. Kart som viser lokasjonen av både den kunstige kroksjøen ved Lundbyhaugen og ved Groin (beskrives i neste delkapittel). (hentet fra: norgeskart.no). 50
Figur 41. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 51
Figur 42. Bilder fra inne i Kroksjøen ved Lundbyhaugen. 52
Figur 43. Skisse av tiltaksområdet ved Lundbyhaugen med supplerende feltobservasjoner. Det ble kun observert naturtypisk elvesubstrat i helt nederste del av kroksjøen. 53
Figur 44. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 54
Figur 45. Bilder fra kroksjøen ved Groin. 55
Figur 46. Skisse av tiltaksområdet ved Groin med supplerende feltobservasjoner. 56
Figur 47. Kart som viser lokasjonen av den kunstige kroksjøen nær Lundby (hentet fra: norgeskart.no). 57
Figur 48. Flyfoto av Kroksjøen nær Lundby fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). I likhet med de fleste andre områdene var sjøen allerede totalt avskåret etter sikringstiltak på 50-tallet. 57
Figur 49. Bilder fra inne i kroksjøen nær Lundby. 58
Figur 50. Skisse av tiltaksområdet med supplerende feltobservasjoner. 59
Figur 51. Kart som viser lokasjonen av de fire kunstige kroksjøene ved Bekkelund (hentet fra: norgeskart.no). 60
Figur 52. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). 61
Figur 53. Eksempelbilder fra inne i de to største av kroksjøene ved Bekkelund. 62
Figur 54. Skisse av tiltaksområdet ved Bekkelund med supplerende feltobservasjoner. 63
Figur 55. Kart som viser lokasjonen av de kunstige kroksjøene oppstrøms Øyom (hentet fra: norgeskart.no). 64
Figur 56. Kroksjø oppstrøms Øyom sett på flybilde fra 1947 (venstre) og 2022 (høyre). I 1947 var bredden allerede sikret og delvis utrettet, og utløpene av kunstige kroksjøer var fortsatt åpne. Merk også

sidebekken/sideløpet som slynger seg i terrenget på nordsiden av elven på det eldste bildet. Denne ser ut til å ha gått som et sideløp med delvis vanntilførsel fra Etna, og er nå kanalisert og ledet lenger nedstrøms mot broen. 64
Figur 57. Skisse over slik det ser ut til at elven har gått i dette området ut ifra spor i terrenget, kunstig rette linjer og typiske meandere. Den røde linjen indikerer historisk hovedløp, den blå linjen indikerer historisk sideløp og de oransje linjene viser kunstige menneskeskapte elvestrekninger (dagens løp). Merk at både hovedløpet og nedre deler av sideløpet er kanalisert og endret. 65
Figur 58. Bilder fra inne i kroksjøene oppstrøms Øyom. Kroksjøene var helt islagte på befaringstidspunktet, da det vanndekte arealet er helt stillestående. 66
Figur 59. Flybilder av bekken fra 1969 (venstre) og 1984 (høyre). Bekken er allerede kanalisert i 1969 og man ser kun rester av de historiske meanderne, men utløpsområdet er da samme sted som i 1947. I 1984 er bekkens utløp flyttet lenger nedstrøms via en smal og snorbein kanal. 66
Figur 60. Skisse av tiltaksområdet med observerte feltparametere. For oversiktens skyld er også de to alternativene for sidebekken tegnet inn, dvs. med full restaurering tilbake til naturtilstanden i 1947 og med en forenklet utvidelse og gjenslynging av dagens løp. 67
Figur 61. Prinsippskisser for ulike alternativer der kroksjøene påkobles som sideløp. A: dagens situasjon med flomvoll mellom kunstig kroksjø og elv. B: Kroksjøen påkoblet elven via rør gjennom dagens flomvoll og ny flomvoll etablert i ytterkant av sideløpet. C: Kroksjøen påkoblet elven via kanal/kulvert med broløsning over slik at kjørevei opprettholdes. D: Elven påkoblet som et mer naturaktig sideløp der hele dagens flomvoll rives og ny flomvoll etableres i bakkant. 68
Figur 62. Prinsippskisser for ulike alternativer der kroksjøene tilkobles som hovedløp av Etna. A: Kroksjøen etableres som en utvidelse av elven, dagens flomvoll rives og ny flomvoll etableres i ytterkant. B: Kroksjøen etableres som meander av hovedløp, dagens flomvoll rives, dagens hovedløp legges om inn i kroksjøen og arealet er tilgjengelig for annen bruk. C: Likt som alternativ B bare at dagens elveløp benyttes som flomløp. D: Kroksjøen etableres som meander, dagens løp blir en kroksjø/dam. 69
Figur 63. Prinsippskisse for utforming av elveløp med sikring i bakkant. Mer ujevn dybde og at hele løpet ikke er breddfullt på lav- og median vannføring. 70
Figur 64: Oversikt over tiltaksområder. 73
Figur 65: Geometrien som ble brukt i den øvre del av modellen. Cellestørrelser brukt i ulike deler av modellen samt plassering av grensebetingelser og breaklinjer. De gule sirkler viser tiltaksområder. 77
Figur 66: Geometrien som ble brukt i den nedre del av modellen. Cellestørrelser brukt i ulike deler av modellen samt plassering av grensebetingelser og breaklinjer. De gule sirkler viser tiltaksområder. 77
Figur 67: Oppstrøms grensebetingelse med vannføring 120 m^3/s. 78
Figur 68: Sammenligning av beregnet flomutbredelse for alternativ C i Figur 62 og alternativ D i Figur 61 ved en vannføring på 70 m^3/s. 79
Figur 69: Beregnet vannstand langs Etnas senterlinje for alternativ D i Figur 61 og alternativ C i Figur 62. 80
Figur 70: Terrengmodell med dagens situasjon og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 1. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 81
Figur 71: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 2. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 81
Figur 72: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 3. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 81
Figur 73: Sammenligning av beregnet flomforløp for dagens situasjon og fremtidig situasjon med tiltak i nedre del av modellen, ved Q = 45 m^3/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen i Etna oppstrøms samløp med Dokka. 82
Figur 74: Sammenligning av beregnet flomforløp for dagens situasjon og fremtidig situasjon med tiltak i nedre del av modellen, ved Q = 30 m^3/s. Flomhydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73. 82

Figur 75: Flomforløp for dagens og fremtidig situasjon ved Q = 70 m³/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73. 83
Figur 76: Flomforløp for dagens og fremtidig situasjon ved Q = 120 m³/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73. 83
Figur 77: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 1. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 84
Figur 78: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 2. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 84
Figur 79: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 3. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 85
Figur 80: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 4. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 85
Figur 81: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 5. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 86
Figur 82: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 6. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 86
Figur 83: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 7. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret. 86
Figur 84: Flomhydrogram ved Q = 45 m³/s for dagens situasjon og fremtidig situasjon med alle tiltak i øvre og nedre del av Etna. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen i Etna oppstrøms samløpet med Dokka. 87
Figur 85: Flomhydrogram ved Q_M = 194 m³/s m³/s for dagens og fremtidig situasjon med alle tiltak i øvre og nedre del av Etna. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen. 88
Figur 86: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F1 (TEK17) i øvre del ved Q_{20} = 339 m³/s. 89
Figur 87: Flomsikringstiltak for å sikre F1 (røde sirkler) bygninger ved Q_{20} nedstrøms Lundebru (i Øvre del). 89
Figur 88: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F2 (TEK17) i øvre del ved Q_{200} = 488 m³/s. 90
Figur 89: Flomsikringstiltak for å sikre F2 (røde sirkler) bygninger ved Q_{200} nedstrøms Lundebru (i Øvre del). 90
Figur 90: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F1 (TEK17) i nedre del ved Q_{20} = 339 m³/s. 91
Figur 91: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F2 (TEK17) i nedre del ved Q_{200} = 488 m³/s. 92
Figur 92: Elvestrekning hvor elvebunnen ble endret samt dagens og fremtidig elvebunn. 94
Figur 93: Endring i vannstand ved Q_{200} ved fjerning av masser ved Etnas senterlinje. 95
Figur 94: Flomutbredelse ved Q_{200}, før og etter fjerning av masser. 95
Figur 95: Endring i vannstand ved fjerning av masser i elva ved den rosa profillinja. 96
Figur 96: Endring i vannstand ved 30 m³/s vannføring, ved fjerning av masser ved Etnas senterlinje. 96
Figur 97: Flomutbredelse ved 30 m³/s vannføring, før og etter fjerning av masser. 97
Figur 98: Endring i vannstand ved fjerning av masser i elva ved den rosa profillinja, ved 30 m³/s vannføring. 97
Figur 99: Profilpunktene som inngår i sammenligningen 98
Figur 100: Esbjugbekken sitt nedbørfelt. Kanalen ved Esbjug er markert med den røde sirkelen. 101
Figur 101: Flomberegning for Esbjugbekken ved bruk av NIFS formel for små nedbørfelt. 102
Figur 102: Trapesforma tverrsnitt eksempel. 102
Figur 103: Samlet nedbørfelt av Dølstogobekken, Plassebekken og andre bekker som renner i Etna. Sidebekken er markert med den røde sirkelen. 104
Figur 104: Flomberegning ved bruk av NIFS formel for små nedbørfelt. 105
Figur 105: Flomutbredelse ved normalvannføring i Etna og 5-årsflom i sidebekken- uten tiltak i Etna. 105
Figur 106: Flomutbredelse ved normalvannføring i Etna og 5-årsflom i sidebekken- med tiltak i Etna. 106

Liste over tabeller

Tabell 1. Oversikt over klassifisering av mesohabitat basert på fysiske karakterer basert på Borsányi et al. (2004). Tabellen er hentet fra Forseth & Harby (2013). 14
Tabell 2. System for klassifisering av gytehabitat basert på gytearealenes størrelse (innenfor hvert segment) og spredning (gjennomsnittlig avstand mellom gytehabitat, på tvers av segmenter). Grenseverdiene for lite, moderat og mye gytehabitat er foreløpige, og kan bli justert når det foreligger flere erfaringstall fra norske vassdrag. Fra Forseth & Harby (2013). 17
Tabell 3. Et system for klassifisering av skjultilgang basert på feltmålinger av skjul og beregning av veid gjennomsnittlig skjulmengde innenfor hvert segment. Basert på og modifisert etter Forseth og Harby (2013). 17
Tabell 4. Klassifisering av elvesegmentets produktivitet (rødt er lavproduktivt, gult er moderat produktivt og grønt er høyproduktivt) ut fra forekomst og fordeling av gytehabitat og skjul. Begrensende habitatfaktor er gytehabitat, skjultilgang eller begge. Ingen begrensende faktor betyr at hverken skjul eller gytehabitat er viktige begrensende faktorer. Etter Forseth og Harby (2013). 17
Tabell 5. Tiltaksliste som viser de ulike tiltaksområdene med lengde av dagens elvestrekning i området, lengde av en eventuell meander, gevinst i elvestrekning og anbefalt prioritet i forhold til forbedret fiskehabitat. *Lengdene oppgitt for sidebekken oppstrøms Øyom er kun over den nedre kanaliserte delen. 72
Tabell 6: Flomverdier (kulminasjon) i Dokkavassdraget. Hentet fra (NVE, 2024). 74
Tabell 7: Normalavrenning. Hentet fra NVE sin NEVINA verktøy. 74
Tabell 8: Etna før samløp med Dokka (feltareal 926 km²) – sub-årlige returperioder. 75
Tabell 9: Etna før samløp med Dokka (feltareal 926 km²) – per vannår (oktober–september). 75
Tabell 10: Flomverdier som ble brukt i analysen. 75
Tabell 11: Mannings ruhet verdi som ble brukt i modellen. 78
Tabell 12: Sammenligning mellom 1953 og dagens beregnede vannstander (moh) for 180 m³/s. 99
Tabell 13: Sammenligning mellom vannstander fra 1953 og dagens beregnede vannstander (moh i NN1954) ved 180 m³/s. 100
Tabell 14: Dimensjon på kanalen for ulike flom. Manningsverdi, M = 30 (n=0,033) 103
Tabell 15: Dimensjon på kanalen for ulike flom. Manningsverdi, M = 40 (n=0,025) 103

1 Habitatkartlegging

1.1 Bakgrunn og hensikt

Prosjektområdet omfatter strekningen fra Etna mellom Lunde bru og Dokka. NORCE LFI har tidligere kartlagt Etna på strekningen fra Etnsenn til Høljerast, på oppdrag fra Etnedal Kommune. Den nederste strekningen i den forrige kartleggingen overlapper derfor med det inneværende prosjektområdet. Dette nederste segmentet mellom Lundebrue og Høljarast er sterkt påvirket av jordbruksvirksomhet langs vassdraget i form av at løpet er kanalisert og i stor grad frakoblet elvesletten, og derfor klassifisert som en sterkt modifisert vannforekomst. De videre områdene som er kartlagt i det inneværende prosjektet på oppdrag fra Nordre Land Kommune, har flere meandere - men inneholder også delstrekninger med tilsvarende kanaliserte karakter. Det foreligger et mål om at Etna skal oppnå god økologisk tilstand/godt økologisk potensial innen 2027. Dersom dette målet skal være oppnåelig vil det kreves tiltak som bedrer miljøforholdene for akvatiske organismer der disse er forringet som følge av menneskeskapte påvirkinger.

NORCE LFI har i denne forbindelse gjennomført feltarbeid i form av kartlegging av habitat og fysiske inngrep på strekningen. Det er også gjort en grundig kartanalyse i forkant av feltarbeidet for å på forhånd forsøke å identifisere potensielle tiltaksområder. Samlet gir resultatene av arbeidet grunnlag for å kunne vurdere habitatforhold og påvirkningsgrad av fysiske inngrep. I tillegg gir de mulighet til å anbefale tiltak for å gjenopprette mest mulig naturlig tilstand i hver enkel delstrekning av vannforekomsten.

1.2 Om fiskebestandene i Etna

Av fiskearter er det i Etna registrert ørret, abbor, ørekyte, sik, gjedde, niøye, stingsild og mort (Norum & Lie, 2019; Elvigen mfl., 2021). Elvestrekningene som er kartlagt i det inneværende prosjektet er mulig å nå for fisk fra Randsfjorden, og man må derfor anta at man potensielt kan finne alle fiskearter som finnes i innsjøen. I Randsfjorden finnes hele 12 fiskearter; ørret, røye, sik, krøkle, mort, ørekyt, karuss, gjedde, nipigget stingsild, trepigget stingsild, abbor og niøye (NINA, 2020). I strekningene er som er kartlagt i forbindelse med det inneværende prosjektet kan alle disse artene trolig påtreffes, men særlig storørret er vektlagt fokus i forbindelse med vurdering av habitatkvalitet. Dette fordi storørreten har størst verdi for lokalsamfunnet og har en liten og sårbar bestand (Norum & Lie, 2019). Storørret fra Randsfjorden kan vandrer opp i Etna og Dokka på gytevandring, og det er særlig ørreten som er avhengig av egnete gyte- og oppvekstområder i rennende vann. Ut ifra de vanndekte arealene rundt Randsfjorden, utgjør også rennende vann en relativt liten del av arealet. Tidligere var vandringshinderet for storørret i Etna ved Høljerast, men etter en utsprenging på 90-tallet hevdes det at øverste permanente vandringshinder for storørreten er Helvetesfossen (Kraabøl & Arnekleiv, 1998) like sør for Bruflat. Ifølge dette kan storørreten fra Randsfjorden nå opp til samtlige områder som er omfattet av denne kartleggingen.

1.3 Om produksjon og habitatforhold for ørret

Ørret har ulike krav til habitatforhold gjennom livssyklusen. 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 fiskeproduksjon. Det faglige grunnlaget for dette er oppsummert i Aas et al. (2011) og sammenfattet i Forseth & Harby (2013). Dette er hovedsakelig beskrevet for laks og sjøørret, men er overførbart til brunørret i ferskvann.

1.3.1 Gyteområder

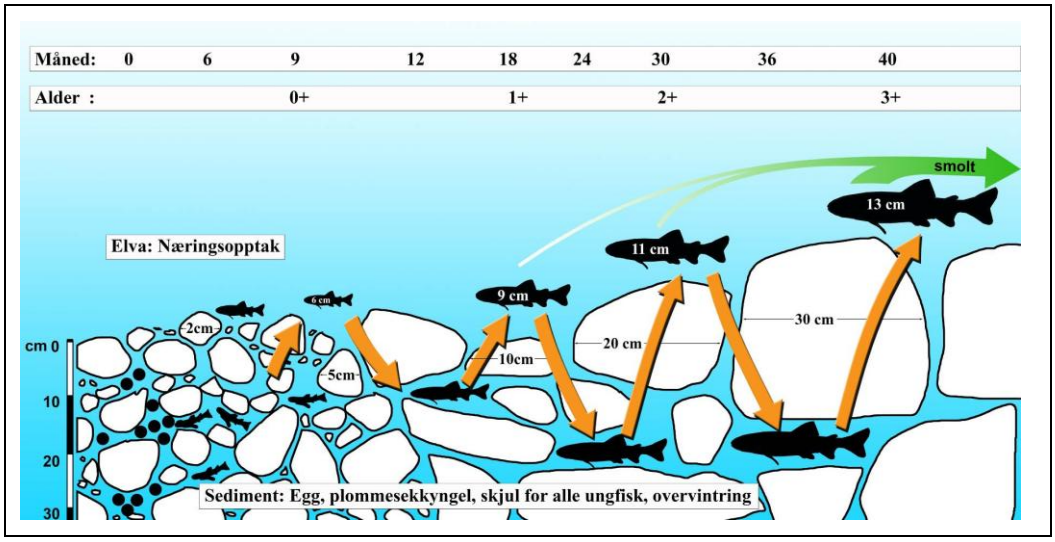
Ørreten gyter ved at eggene legges porsjonsvis ned i elvegrusen i såkalte «gytegroper». Det er hunnfisken som graver gytegropene, og hun kan fordele eggene i flere groper. Områder der det har vært gyteaktivitet fremstår ofte som et lysere felt med omrørt grus etter gyteperioden.

Ørret stiller strenge krav til valg av gyteplass, der sammensetningen av bunnsubstrat, vanndyp og vannhastighet synes å være de viktigste fysiske faktorene. Typisk finnes gyteområdene på forholdvis 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. Det strenge kravet til valg av gyteplass resulterer i at det i mange tilfeller bare er et fåtall plasser i elven som har egnete forhold for gyting. Hvor slike områder finnes, vil være avhengig av både geologiske og hydrauliske forhold i vassdraget, herunder sedimenttilførsel, vannhastighet og sedimenttransport.

Fordeling og størrelse av gyteområder i vassdraget har stor betydning for rekruttering og dermed produksjon av ørretunger. 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 laksefisk. Yngelen etablerer tidlig territorier som forsvares aggressivt mot inntrengere, noe som resulterer i en sterk tetthetsavhengig dødelighet. Yngel som kommer tidlig opp av grusen vil ofte etablere territorier først i området i nærheten av gytegropen, og fortrenger yngel som kommer senere. Yngel som taper i konkurransen om territorier vil ha langt dårligere overlevelsesmuligheter. Dette resulterer i at fordelingen av yngelen i tidlig livsfase ofte er «klumpet» i nærheten av gyteområdene.

1.3.2 Skjultilgang

Etter å ha overlevd den første kritiske yngelfasen, vil overlevelse og vekst av ungfisk være avhengig av både næringstilgang og habitatforhold. Ungfisk av ørret foretrekker ofte grunne partier med hurtigrennende vann, men kan også finnes i sakteflytende og dypere elvepartier. I de senere år har flere studier fremhevet viktigheten av skjulområder for å kunne hvile og å unngå predasjon. Dette har vist seg å være et viktig element for overlevelse og produksjon av ungfisk (Finstad et al. 2009). Ungfisk finner som regel skjul i hulrom mellom steiner på elvebunnen (Figur 1). 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 ørret, mens områder som er dominert av grus og sand vanligvis gir få muligheter til å skjule seg. I tillegg til bunnsubstratet, kan ungfisk også finne skjul i tilknytning til vannvegetasjon, trær og andre strukturer i vannet.



Figur 1. Prinsippskisse for hvordan ulike livsstadier hos ungfisk hos ørret og laks benytter elvebunnen (skisse utviklet av Ulrich Pulg).

1.4 Materiale og metoder

1.4.1 Innsamling av eksisterende informasjon

I forkant av habitatkartleggingen ble det gjennomført informasjonssøk om de aktuelle delstrekningene av vassdraget som inngår i undersøkelsen. Det ble da hentet inn relevant litteratur om vassdraget og hentet opplysninger fra offentlige databaser/karttjenester som ligger på nett. Det ble også benyttet eksisterende kartgrunnlag (norgeskart.no) for å lage kart til bruk under feltarbeid, samt for å identifisere mulige vandringshindre på strekningen.

For grunnleggende vurderinger av vassdragets gradient og morfologi ble det brukt data fra Kartverkets Høydedata-base. Flyfoto av vassdraget var tilgjengelig via Norge i bilder, som er et samarbeid mellom Kartverket, NIBIO og Statens vegvesen. Det ble utført en kontroll av historiske flyfoto for å identifisere eventuell kanalisering og utretting av vannforekomstene der dette var mulig. I tillegg ble NVE temakart over sikringstiltak benyttet. Sikringstiltakene består av flom-, erosjon- og rassikringer som over tid er utført langs vassdrag i NVEs regi.

1.4.2 Kartleggingsmetode

Kartleggingen ble utført med utgangpunkt i metodene beskrevet i Forseth & Harby (2013), men fremgangsmåten er noe modifisert for å kunne inkludere fysiske inngrep i kartleggingen. Forhåndsundersøkelser på kart under informasjonsinnhentingen viste at det fantes flere lange strykpartier som delvis gikk gjennom juv. I disse strekningene ble det gjort undersøkelser i representative områder hvor det var mulig tilkomst til elven. Områdene som ble forhåndsidentifiserte som potensielle tiltaksområder befant seg i terreng med lettere tilkomst, og ble kartlagt i sin helhet. Arbeidet ble utført ved at to personer gjorde observasjoner under- og over vann, mens de noterte ulike habitatparametere på skjema og kart på vannfast papir. Det ble brukt GPS og kart for å stedfeste ulike interessepunkter. Innenfor elvestrekninger

som har forholdvis like fysiske forhold (mesohabitatnivå) med tanke på strøm og bunnforhold, ble følgende habitatparametere registrert:

Elveklasser ble kartlagt etter metode beskrevet av Borsányi et al. (2004), og ytterligere beskrevet i Forseth & Harby (2013). Metoden baserer seg på en klassifisering etter fire kriterier: Størrelsen på overflatebølger, helningsgrad, vannhastighet og vanndyp (Tabell 1). Overflaten regnes som turbulent når overflatebølgene er større enn 5 cm, helningsgrad regnes som bratt ved over 4 % helning, vannhastighet som hurtig dersom den overstiger 0,5 m/s og vanndyp over 0,7 m som dypt. Ved kartleggingen har det vært fokusert på å få frem de overordnete elvetypene og skiftninger i disse. Grenseverdiene for vanndyp og vannhastighet ble skjønnsmessig vurdert på stedet, ettersom disse uansett vil variere mye med vannføringen. Basert på disse kriteriene ble deretter elveklassen klassifisert som glattstrøm (A+B1+B2), kulp (C), grunnområde (D), stryk (H+G1+G2) eller bratt stryk (E+F).

Tabell 1. Oversikt over klassifisering av mesohabitat basert på fysiske karakterer basert på Borsányi et al. (2004). Tabellen er hentet fra Forseth & Harby (2013).

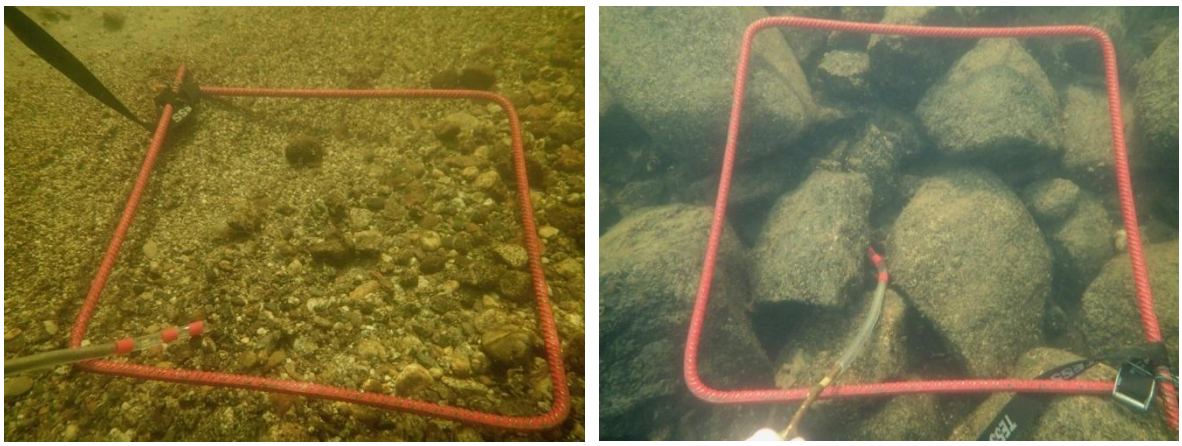
Kriterier	Vannflate-struktur	Vannflate-gradient	Vannflate-hastighet	Vanndybde	Klasse
Avgjørelse	Glatt/Små riller	Bratt	Hurtig	Dyp	**A**
				Grunn	
			Sakte	Dyp	
				Grunn	
		Moderat	Hurtig	Dyp	**B1**
				Grunn	**B2**
			Sakte	Dyp	**C**
				Grunn	**D**
	Turbulent, brutt/ubrutte stående bølger	Bratt	Hurtig	Dyp	**E**
				Grunn	**F**
			Sakte	Dyp	
				Grunn	
		Moderat	Hurtig	Dyp	**G1**
				Grunn	**G2**
			Sakte	Dyp	
				Grunn	**H**

Substrat ble klassifisert innenfor hvert mesohabitatområde ved at dekningsgraden (% av overflatearealet av elvebunnen) av ulike substratkategorier ble estimert: Mudder (organisk finsediment) silt, sand (<1 mm), grus (1-64 mm), stein (64-384 mm), blokk (> 384 mm) og fast fjell.

Skjulforhold for ungfisk ble målt ved å utføre skjulmålinger på utvalgte steder hvor substratforholdene var representative for ulike substratkategorier. Dette gjøres ved å måle hvor mange ganger en 13 mm tykk plastslange kan føres inn i hulrom mellom steiner innenfor en stålramme på 0,25 m^2. Størrelsen på hulrommene bestemmes ut ifra hvor langt inn slangen kan stikkes, og deles inn i tre skjulkategorier: S1: 2-5 cm, S2: 5-10 cm og S3: >10 cm. For at skjulmålingene skal gjørs så representative som mulig med tanke på substratsammensetningen innenfor et område, foretas skjulmålinger i transekt ved at metallrammen kastes ut på tre «tilfeldige» punkt i elven innenfor et område med forholdvis likt substratforhold. I hvert transekt ble det gjort målinger på ett punkt i den delen av elveleiet som er tørrlagt ved minstevannføring, ett punkt på grunt vann nært bredden, og et punkt nær midten av elveleiet. Vektet skjul ble deretter funnet ved å beregne gjennomsnittet av skjulmålingene for hver av de tre målingene ut ifra følgende sammenheng:

S1 + S2 x 2 + S3 x 3

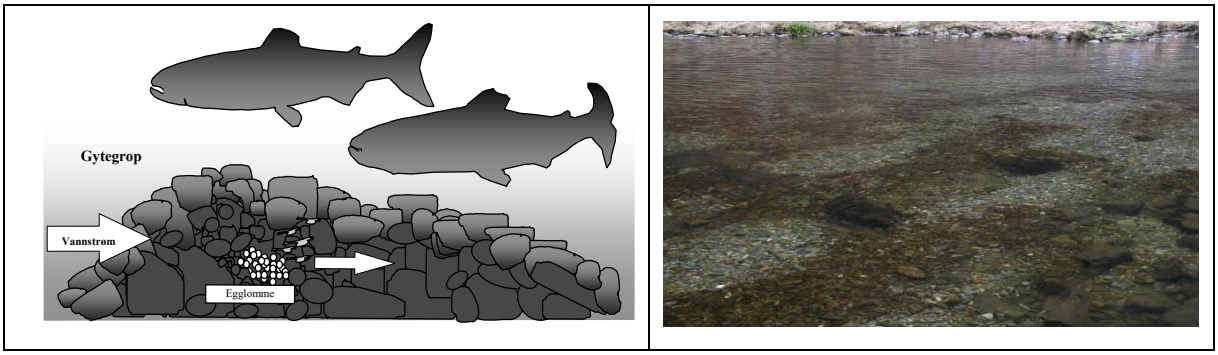
Ut ifra verdiene for vektet skjul klassifiseres skjulforholdene som svært lite (< 1), lite (1-5), middels (5-10), mye (> 10) og svært mye (> 15). Det ble ikke vurdert som hensiktsmessig å utføre skjulmålinger innenfor alle mesohabitatområdene. I stedet ble skjulmålinger utført på utvalgte lokaliteter med representativt substrat. Innenfor hvert mesohabitatområde ble deretter skjulforhold klassifisert basert på en vurdering av de rådende substratforholdene på området og resultater fra skjulmålinger på område med tilsvarende substrat, samt en vurdering av skjultilgang i form av trær, vegetasjon og andre strukturer som kan gi skjul for ungfisk.



Skjulforhold for ungfisk måles ved å kvantifisere antall og størrelse på hulrom i elvebunnen med en plastslange (substrat-o-meter) innenfor en rute på 0,25 m^2. Slangen er markert med røde markører som brukes til å måle størrelsen (dybde) av hulrommene. Eksempel på skjulmålinger i substrat med mye fin grus og sand hvor det ikke finnes hulrom, og dermed svært lite skjul (t.v.), og i substrat med stein/blokk som gir mye skjul (t.h.). Skjulforhold innenfor ulike mesohabitatområder klassifiseres deretter ut ifra rådende substratforhold og skjulmålinger på områder med tilsvarende substratsammensetning.

Vannvegetasjon som siv, planter, røtter og døde trær ble notert ned med type og dekningsgrad, da disse kan tilføre skjul for fisk i områder som ellers har lite skjul i substratet.

Gyteområder har spesielle morfologiske, sedimentologiske og hydrauliske egenskaper. Gytingen skjer som regel i bekker og elver på rennende vann, oftest på steder hvor vannhastigheten er mellom 0,2 og 0,8 m/s og vanndypet er på mellom 0,1 og 0,8 m. Egnet gytegrus er grus og/eller småstein med en gjennomsnittlig korndiameter på mellom 5 og 50 mm (tilsvarer grusverksortering 16/32 og 32/64) og lite finsediment. En gytegrusbank må ha løst substrat og være tykk nok til at fisken kan lage en gytegrop og grave ned eggene. Gravedypet er avhengig av hunnfiskens størrelse siden større fisk graver dypere, men i hovedsak vil gravedypet variere fra ca. 5 cm og ned til ca. 25 cm. Gyteplasser ligger ofte i utløp av kulper (på et «brekk»), der strømforholdene ofte vil være gunstige og sørger for frisk vanntilførsel til eggene som ligger nede i grusen. Men i små bekker hvor egnet gytegrus kan være mangelfull, kan små flekker med grus bak større steiner være egnet for gyting. En skjematisk fremstilling av en gytegrop er vist i Figur 2.



Figur 2. Venstre: Skjematisk framstilling av en gytegrop hvor eggene ligger konsentrert i en egglomme. Vannstrømmen gjennom grusen sikrer tilførsel av oksygenrikt vann. Etter at eggene er klekt vil plommesekkyngelen bli værende i grusen til plommesekken nesten er brukt opp. Da søker yngelen seg opp gjennom porene i grusen, forlater gytegropen og starter sitt liv som frittlevende yngel. Høyre: Gytegropene sees ofte som lyse flekker rett etter gyting.

Kantvegetasjon – ble kartlagt ved å angi kantvegetasjonene på hver side av elven til en prosentmessig verdi ut ifra dekningsgrad.

Resultatene fra kartleggingen ble digitalisert ved bruk av ArcGIS 10.5.1. Habitatkartene og gyteområder er tegnet ut ifra kart og notater fra feltarbeidet, samt ved hjelp av flyfoto. Kartene er basert på elvepolygonet fra FKB grunnlagskart, slik at arealene ikke nødvendigvis er representative for elvearealet ved den rådende vannføringen under kartleggingen. Hvert mesohabitatpolygon får en klassifiseringsverdi for skjul som beskrevet ovenfor (*svært lite, lite, middels*, *mye eller svært mye*) basert på skjulmålinger innenfor området, eller ut ifra nærmeste måling som har tilsvarende substratforhold.

Vandringshindre – aktuelle vandringshindre for fisk ble kartlagt, og kategorisert hvorvidt de er *helt* eller *delvis* (dvs. vannføringsavhengige) vandringshindrende, og *naturlig* eller *kunstige*.

Fysiske inngrep – eventuelle fysiske inngrep slik som f.eks. erosjonssikringstiltak, terskler, kulverter og rør ble notert ned under kartleggingen og beskrevet ut ifra forventet påvirkning.

1.4.3 Habitatrelaterte flaskehalser og begrensende faktorer for fiskeproduksjon

Et vassdrags potensial for fiskeproduksjon påvirkes i stor grad av de fysiske habitatforholdene, og hvordan habitatressurser for ulike livsstadier er fordelt innad i vassdraget (se Einum & Nislow, 2011). Vekst og overlevelse hos ungfisk vil være avhengig av bestandstetthet. Dersom tettheten av fisk er høy i forhold til ressurstilgangen, vil vekst og/eller overlevelse reduseres, til bestandsstørrelsen er tilpasset bæreevnen. Vi sier da at bestanden har gått igjennom en tetthetsavhengig flaskehals. Ettersom ørretyngelen har begrenset evne (eller motivasjon) til å spre seg, vil mengde og fordeling av gytehabitat i stor grad være bestemmende for hvor mye yngel som vil rekrutteres til et område. Dersom tilgangen på gytehabitat i et område er liten, og avstanden til neste gyteområde er stor, vil mengden yngel som tilføres kunne bli for lav til at områdets potensial for ungfiskproduksjon (bæreevne) blir fullt utnyttet (Tabell 2). Vi sier da at tilgang til gyteområder er en begrensende ressurs, og dermed en flaskehals for fiskeproduksjonen. Hvor mange yngel som senere overlever frem til smoltstadiet vil igjen være avhengig av kvaliteten på oppveksthabitatet. For ungfisk er tilgang til skjul regnet som den viktigste begrensende ressursen, og dermed habitatflaskehals for ungfisk (Tabell 3). I en «ideell» elv for laksefisk er gyteområdene godt fordelt langs den tilgjengelige strekningen. I tillegg er det god tilgang til skjulområder i nærheten av gyteplassene (Tabell 4).

Tabell 2. System for klassifisering av gytehabitat basert på gytearealenes størrelse (innenfor hvert segment) og spredning (gjennomsnittlig avstand mellom gytehabitat, på tvers av segmenter). Grenseverdiene for lite, moderat og mye gytehabitat er foreløpige, og kan bli justert når det foreligger flere erfaringstall fra norske vassdrag. Fra Forseth & Harby (2013).

		Mengde av gytehabitat som % av elveareal		
		Lite (<1 %)	**Moderat (1-10 %)**	**Mye (>10 %)**
Avstand mellom gytehabitat (på tvers av segment)	**Stor (> 500 m)**	Lite	Lite	Moderat
	Moderat (200-500 m)	Lite	Moderat	Mye
	Liten (< 200 m)	Moderat	Mye	Mye

Tabell 3. Et system for klassifisering av skjultilgang basert på feltmålinger av skjul og beregning av veid gjennomsnittlig skjulmengde innenfor hvert segment. Basert på og modifisert etter Forseth og Harby (2013).

Skjultilgang (antall veid med dybde)				
Svært lite	Lite	Moderat	Mye	Svært mye
<1	1-5	5-10	>10	>15

Tabell 4. Klassifisering av elvesegmentets produktivitet (rødt er lavproduktivt, gult er moderat produktivt og grønt er høyproduktivt) ut fra forekomst og fordeling av gytehabitat og skjul. Begrensende habitatfaktor er gytehabitat, skjultilgang eller begge. Ingen begrensende faktor betyr at hverken skjul eller gytehabitat er viktige begrensende faktorer. Etter Forseth og Harby (2013).

		Gytehabitat		
		Lite	Moderat	Mye
Skjul	Lite	Begge	Skjul	Skjul
	Moderat	Gyte	Begge	Skjul
	Mye	Gyte	Gyte	Ingen

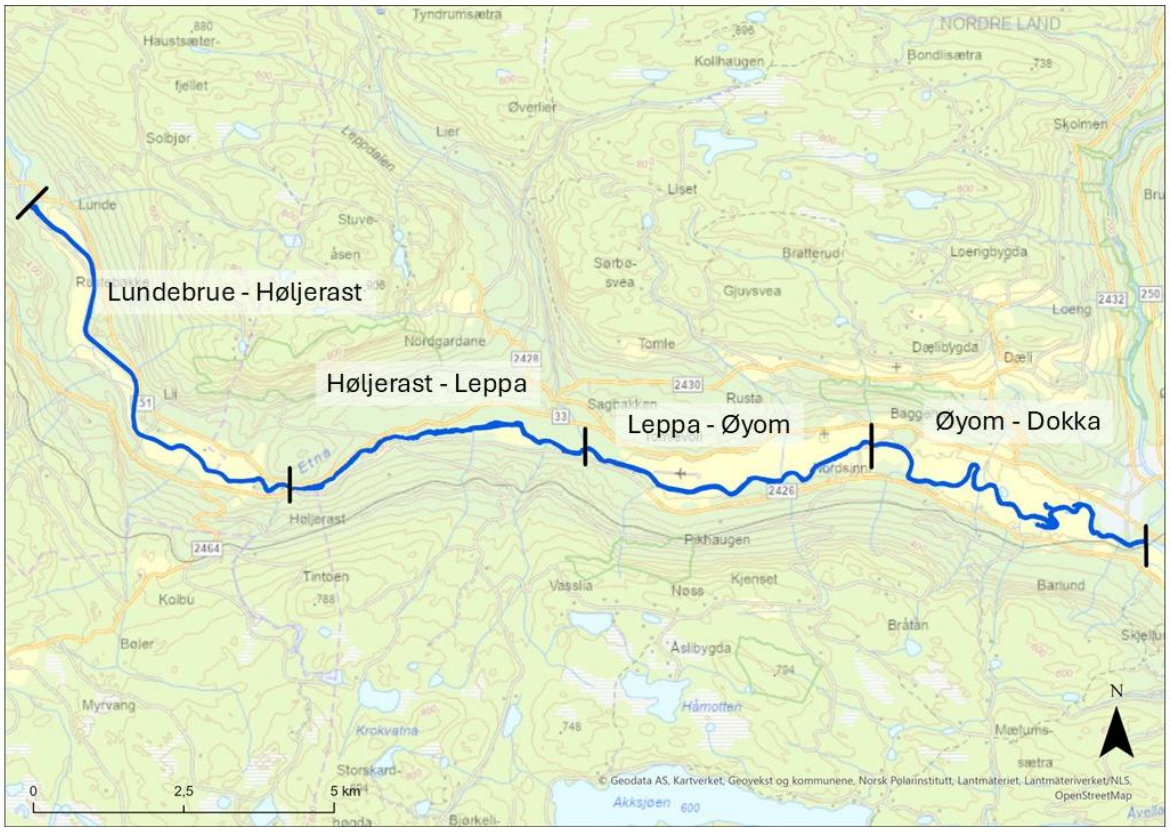
1.5 Resultater fra kartleggingen i Etna

Kartleggingen av strekningen i felt ble gjennomført ved to ulike tidspunkt. Den øverste strekningen fra Lunde bru til Høljerast ble i hovedsak kartlagt i august 2025, da denne strekningen også var omfattet av et tidligere prosjekt tildelt NORCE fra Etnedal Kommune. Etna mellom Høljerast og Dokka ble kartlagt i november 2025. Kartarbeid på digitale kartplattformer ble gjennomført i flere runder i forkant av selve den fysiske kartleggingen, for å på forhånd kunne identifisere områder av særlig interesse i ulike avsnitt av vassdraget. Denne delen av arbeidet gjør også at man får en god oversikt over tilkomstveier til ulike avsidesliggende områder, som f.eks. elvestrekninger med juv eller kroksjøer som ligger med avstand til elven og kan risikeres å gå forbi om man bare følger elven.

Den sammenlagte strekningen som ble kartlagt er omtrent 24 km lang. For enkelthets skyld er strekningen derfor delt inn i 4 ulike parseller:

1. Lunde bru – Høljerast
2. Høljerast – Leppa
3. Leppa – Øyom
4. Øyom – Dokka

De fire parsellene er vist på oversiktskart i Figur 3. Inndelingen av vassdraget er gjort slik delvis grunnet praktiske hensyn med tanke på presentasjon av kart og figurer, men også fordi de fire parsellene har ulik morfologisk karakter og grad av menneskelig påvirkning. Parsellene vil presenteres hver for seg i de neste underkapitlene med hensyn på habitatkvalitet og fysiske inngrep.



Figur 3. Oversiktskart over de kartlagte parsellene av Etna mellom Lunde bru til Dokka.

morfologisk karakter og grad av menneskelig påvirkning. Parsellene vil presenteres hver for seg i de neste underkapitlene med hensyn på habitatkvalitet og fysiske inngrep.

1.5.1 Strekning mellom Lunde Bru og Høljerast

Strekningen mellom Lundebrue og Høljerast er omtrent 8 km lang og har en slak gjennomsnittlig gradient på omtrent 0,2 %. Mesteparten av fallet befinner seg over de øverste 3 kilometerne og de nederste par hundre meterne, mens de midtre 3 – 4 kilometerne av parsellen har svært lite fall (Figur 4). Det finnes stryk i øvre og helt nederste del av parsellen, men dominerende elveklasse er glattstrøm/renne. Foruten Lundebrufossen (Figur 5) helt øverst, og fossen ved Høljerast helt nederst, finnes det ingen vandringshindre på strekningen.



Figur 4. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Lundebrue og fossen ved Høljerast (Fra: hoydedata.no).

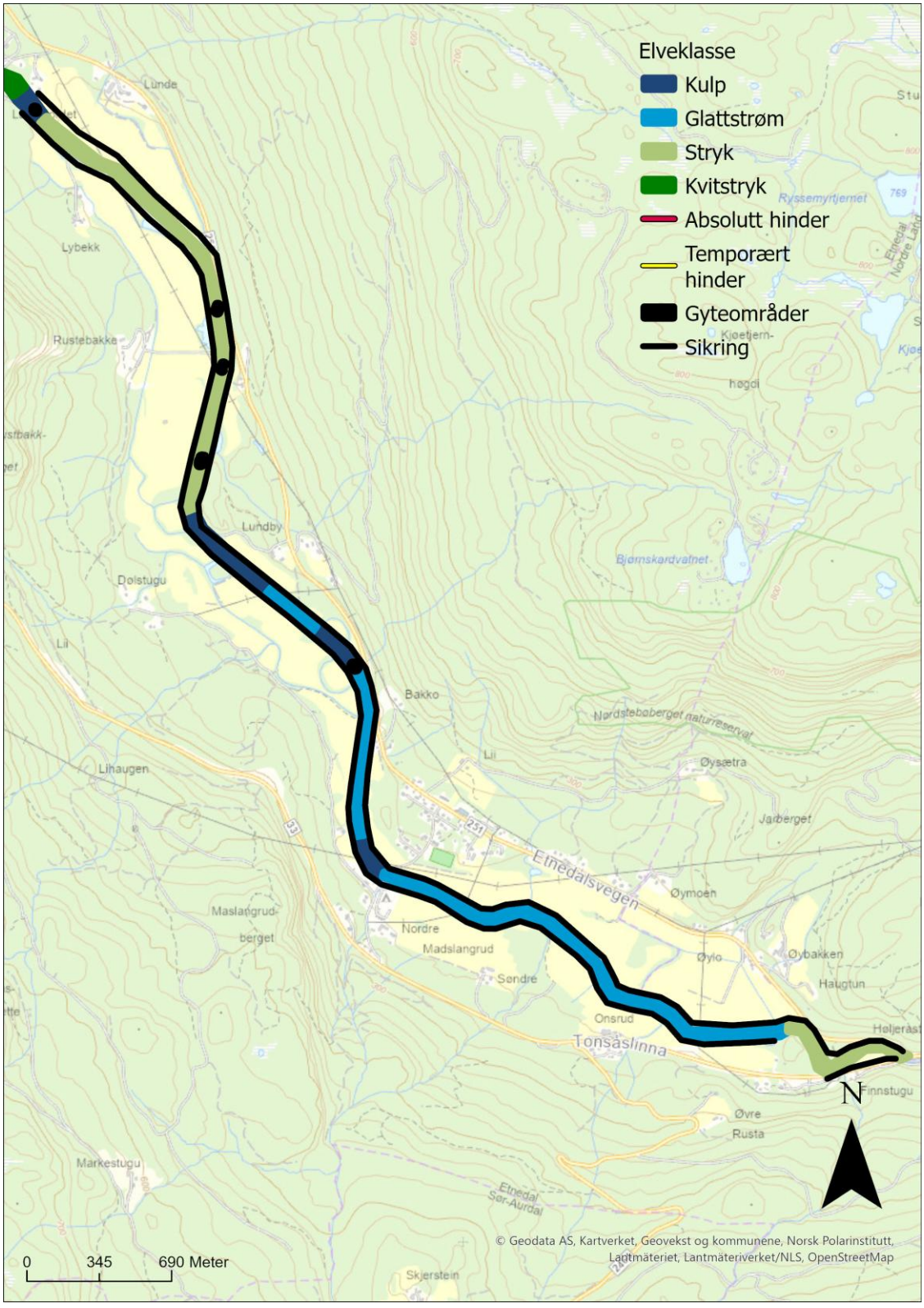


Figur 5. Lundebrufossen sett nedstrøms fra Lundebru.

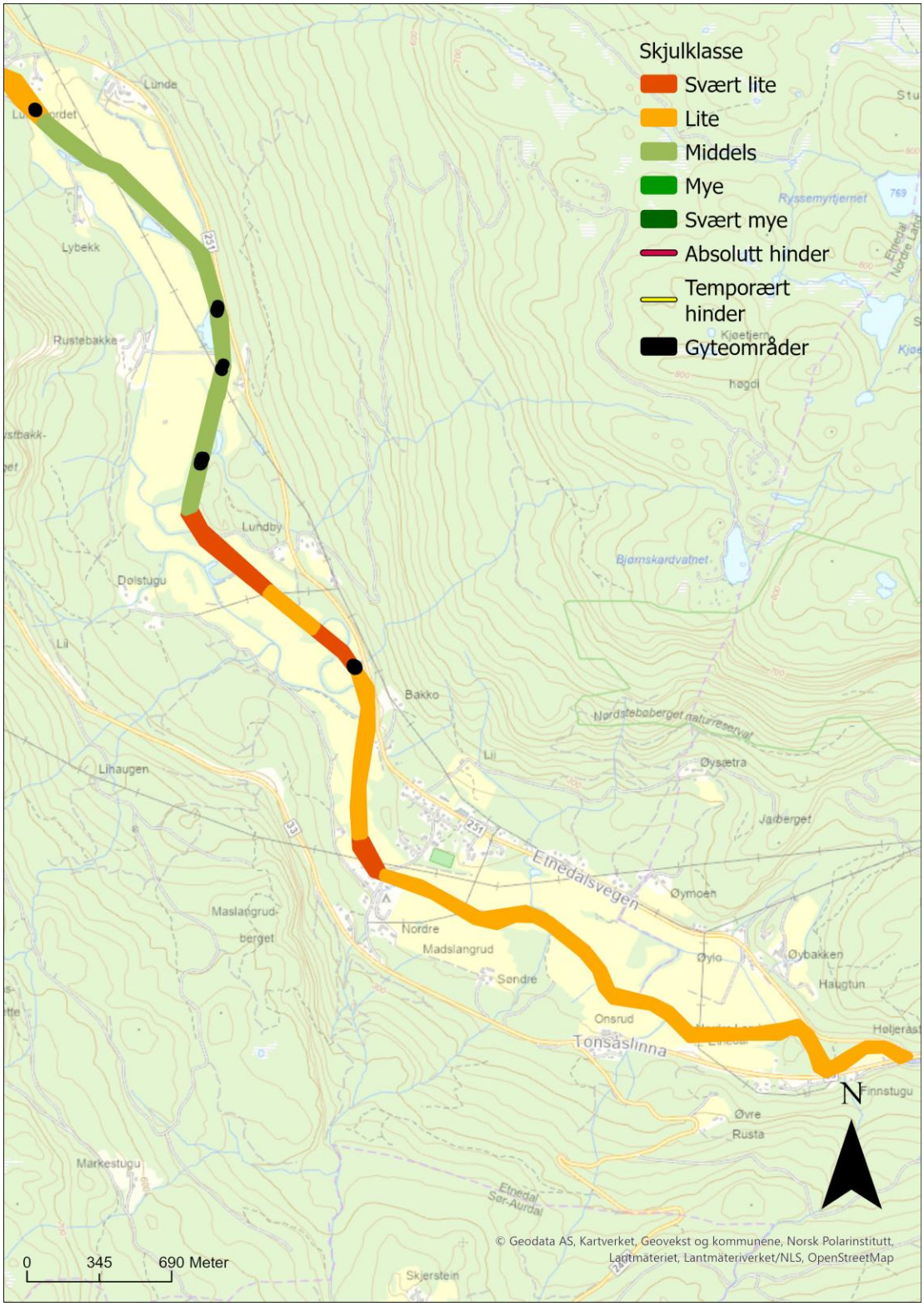
Eksempelbilder fra strekningen finnes i Figur 6 og habitatkart finnes i Figur 7 og Figur 8. Som følge av den lave gradienten i denne parsellen er bunnsubstratet mer finkornet enn i de øvrige undersøkte strekningene. Figur 9 viser substratfordelingen sett over hele parsellen. Bunnsubstratet i strykpartiet øverst på strekningen inneholder 2/3 stein og blokk, og har middels god skjultilgang. Den siste tredjedelen av bunnsubstratet er her utgjort av grus og det finnes derfor også en del potensielle gyteområder på denne strekningen. Partiene med glattstrøm og kulper har mer finkornet substrat som grus og sand. Glattstrømmene har generelt lite skjul som følge av svært høy andel grus, mens kulpene har svært lite skjul som følge av høy andel sand. Gjennomsnittlig vektet skjul i elvebunnen er 3,4 hvilket tilsvarer liten skjultilgang. Størsteparten av arealet i parsellen virker sterkt påvirket av menneskelige inngrep. Store delstrekninger er utrettet og kantene er flomsikret, samt en rekke kroksjøer og elvesvinger er avskåret fra løpet. Utrettingen av vassdraget medfører også endring fra naturtilstanden i elvebunnen, og tidligere litteratur (Elvigen mfl., 2018) viser også til at stein er fraført vassdraget i forbindelse med tilrettelegging for tømmerfløting.



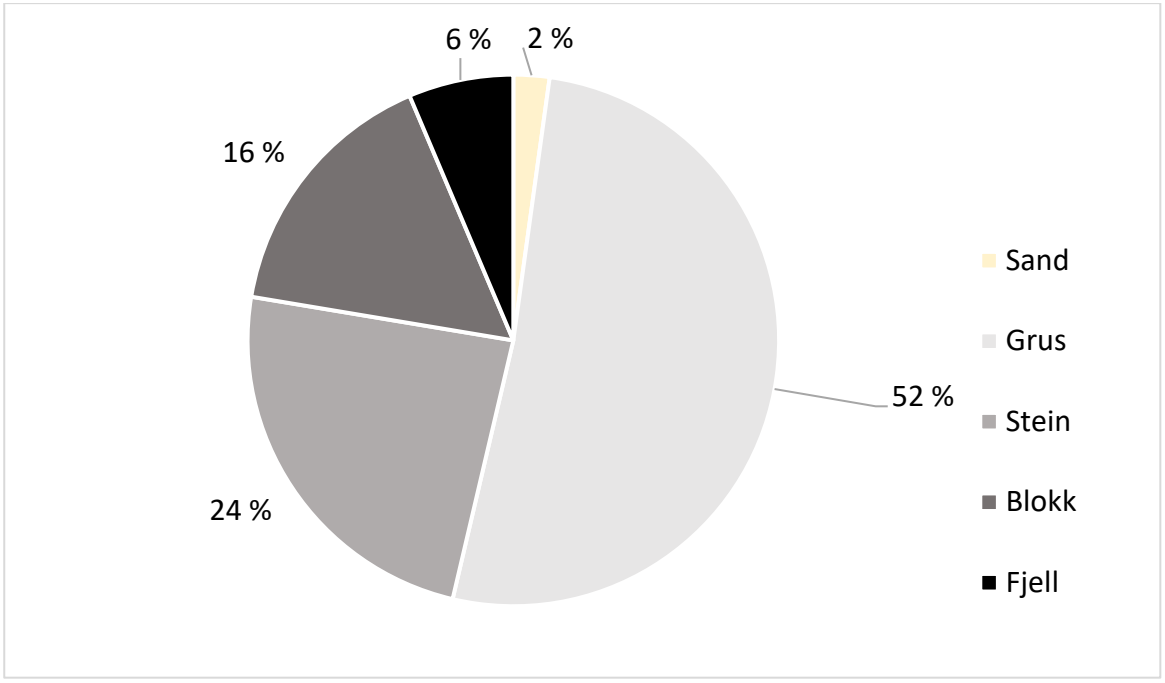
Figur 6. Eksempelbilder fra strekningen mellom Lundebrue og Høljerast. Det finnes noen strykpartier helt øverst og nederst i strekningen, men den klart mest dominerende elveklassen er renne.



Figur 7. Elveklasser, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Lundebrue og Høljerast.



Figur 8. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Lundebrue og Høljerast.



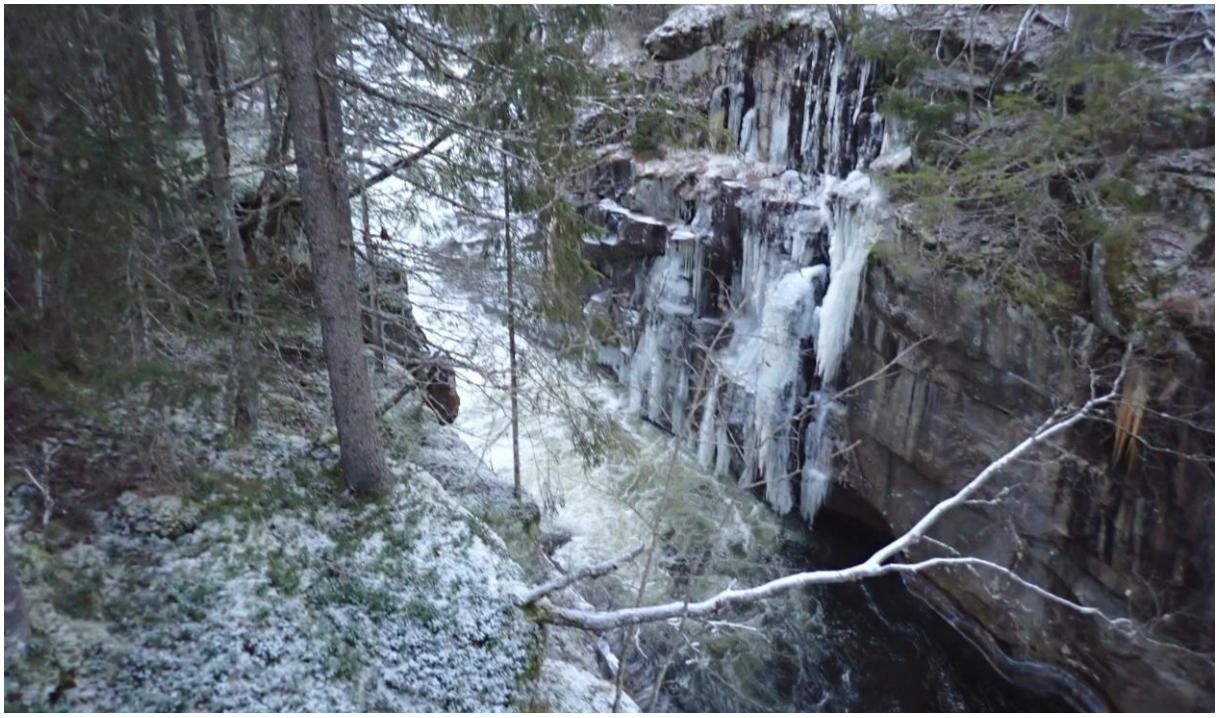
Figur 9. Substratfordeling i strekningen mellom Lundebrue og Høljerast. Sett over hele parsellen er grus dominerende substrattype.

1.5.2 Strekning mellom Høljerast og Leppa

Denne parsellen strekker seg fra Høljerast og ned til området der sideelven Leppa munner ut i Etna, nær Nystugu. Denne strekningen er i overkant av 5 km lang og har en relativt bratt gjennomsnittlig gradient på omtrent 1,2 %. Den største delen av fallet befinner seg over de øverste 3 kilometerne (Figur 10). Det finnes mye stryk og kvitstryk i øvre del av parsellen, og dominerende elveklasse er stryk. Det finnes flere mindre fosser, og to fosser som utgjør temporære vandringshindre. Disse to fossene er fossen ved Høljerast (Figur 11) og Støytfoss (Figur 12) .



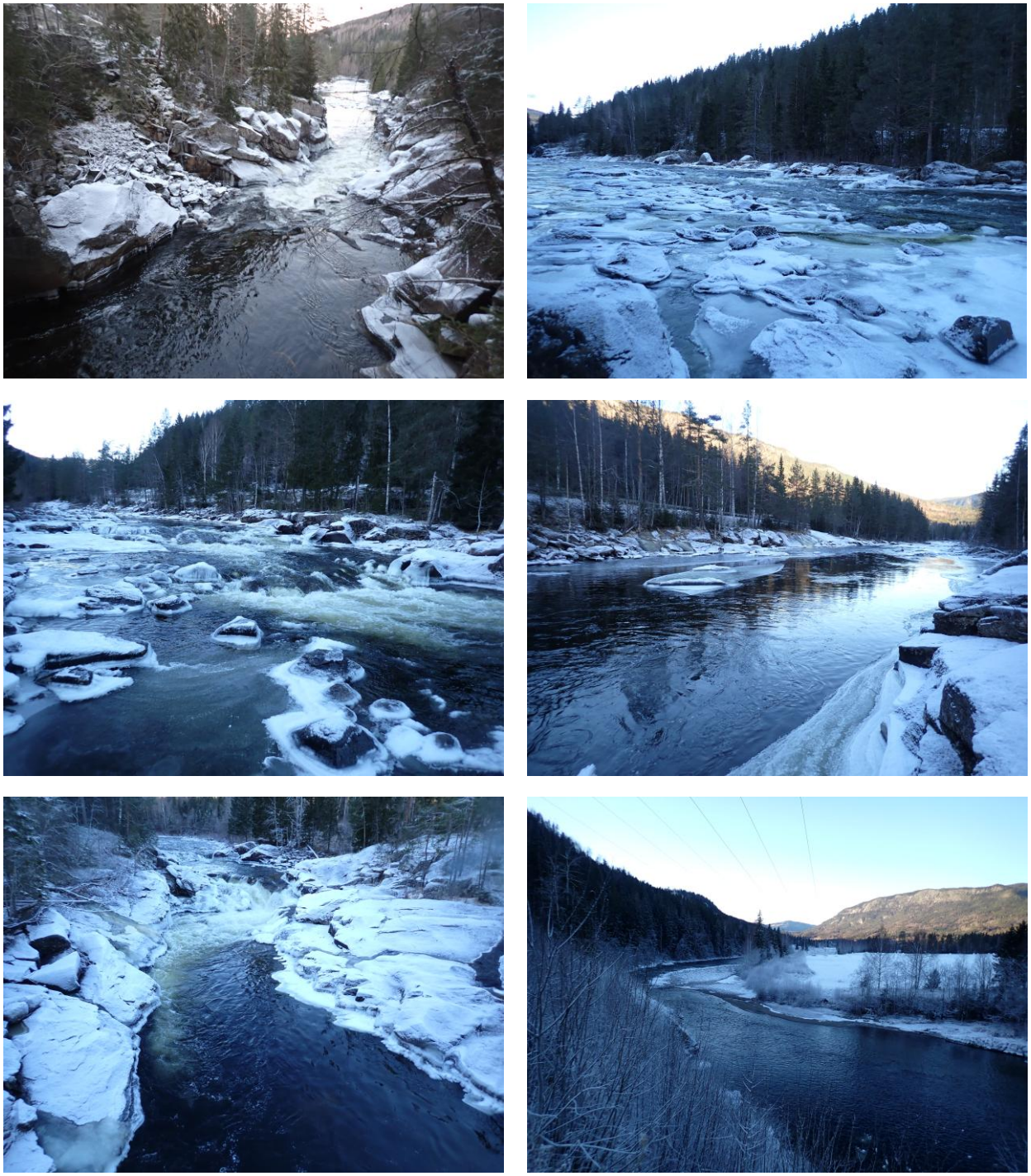
Figur 10. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Høljerast og Leppa (Fra: hoydedata.no).



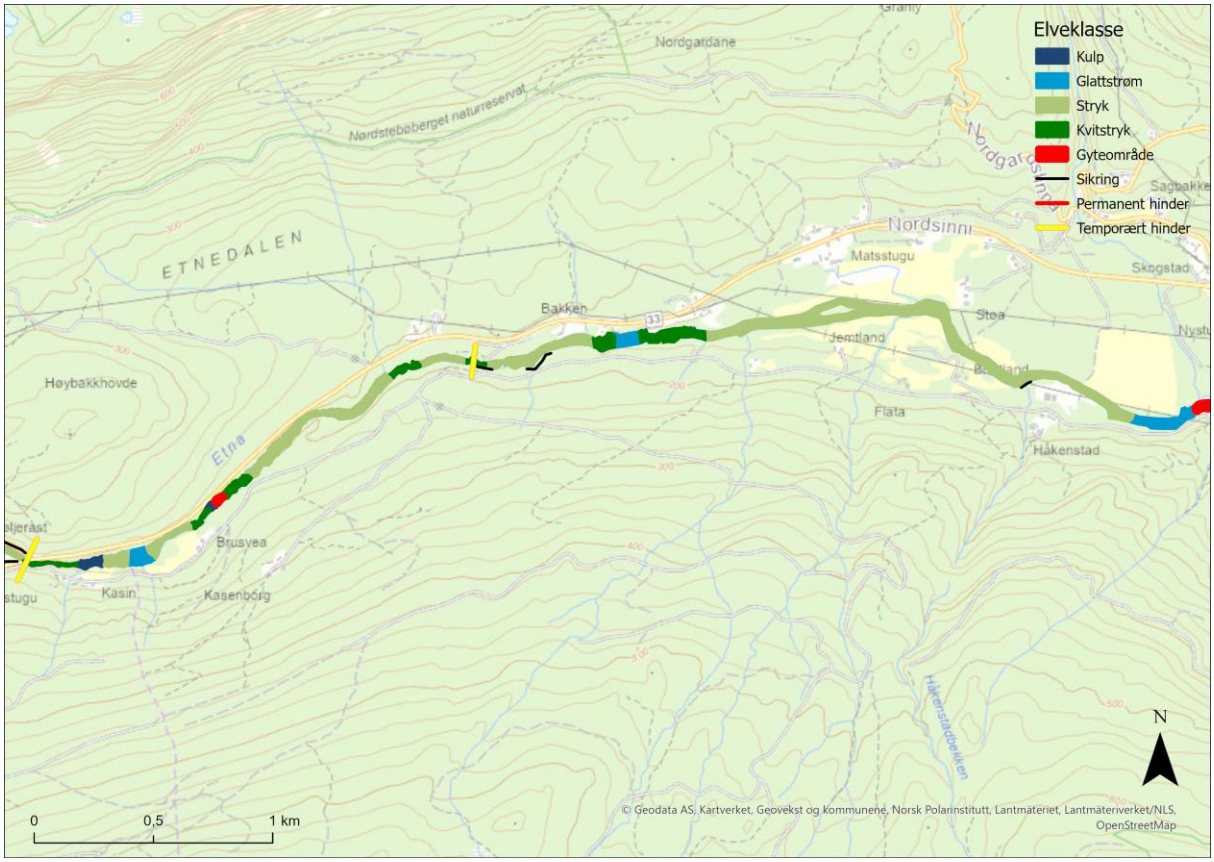
Figur 11. Nedre del av fossen ved Høljerast sett oppstrøms fra kanten av juvet.

Eksempelbilder fra strekningen finnes i Figur 12 og habitatkart finnes i Figur 13 og Figur 14. Som følge av høy gradient har særlig øvre halvdel av denne parsellen grovt bunnsubstrat bestående av stein, blokk og grunnfjell. Skjultilgangen varierer her fra lite til mye skjul. Områdene som har lite skjul i denne øvre halvdelen, er områder som har mye grunnfjell i elvebunnen. Også de store blokkene som finnes på strekningen gjør at det blir relativt få hulrom ut ifra målemetoden, men som til gjengjeld er svært store og dype. Dette gjør at øvre halvdel av parsellen for det meste har middels skjultilgang for ungfisk. I nedre halvdel av parsellen avtar gradienten noe, og substratet blir mer finkornet. Det finnes her lite til svært lite skjul for ungfisk, grunnet større andel grus og sand i substratet. Sett over hele parsellen er skjultilgangen for ungfisk middels (vektet skjul = 5,8). Det ble observert omtrent 942 m^2 med potensielt gyteareal, hvilket utgjør ca. 0,5 % av totalarealet. Sannsynligvis er dette arealet betydelig underestimert ettersom strekninger med finkornet substrat hadde mye sarr på elvebunnen ved kartleggingstidspunktet. Det var derfor ikke lett å identifisere potensielle gyteområder som ikke kunne nås ved vading. Like ved Leppas utløp er det bl.a. et relativt stort gyteområde som er kjent fra grunneierne sin side, som kun delvis var mulig å se på kartleggingstidspunktet. Dette området er tegnet inn i kartene (Figur 13 - Figur 14), men er ikke med i beregningen da det ikke kunne oppmåles på stedet.

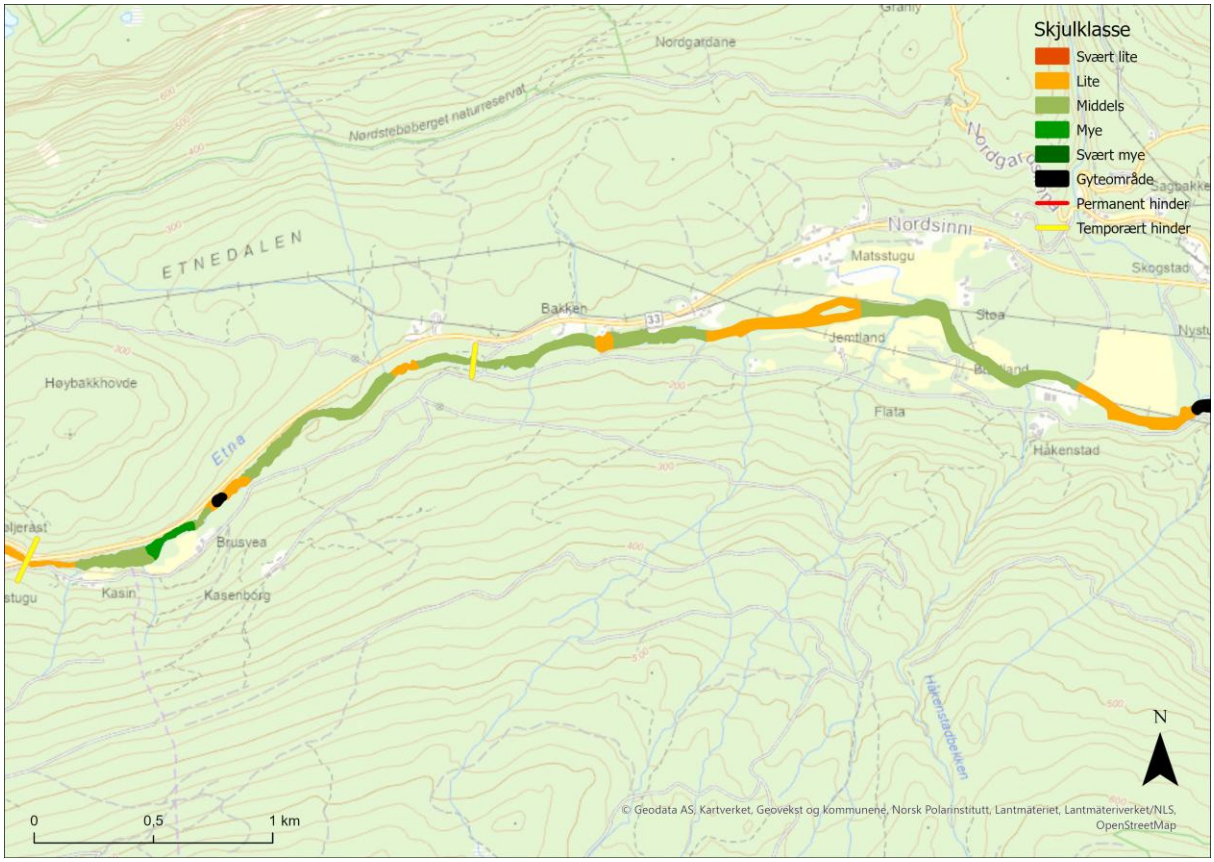
Det finnes relativt få menneskelige inngrep langs strekningen. Det ble observert noen strekninger med sikring ved Bakken, samt i en yttersving nær Håkenstad, men det finnes ingen større partier som er plastret eller lignende. Strekningen fremstår derfor svært urørt i forhold til parsellen ovenfor Høljerast.



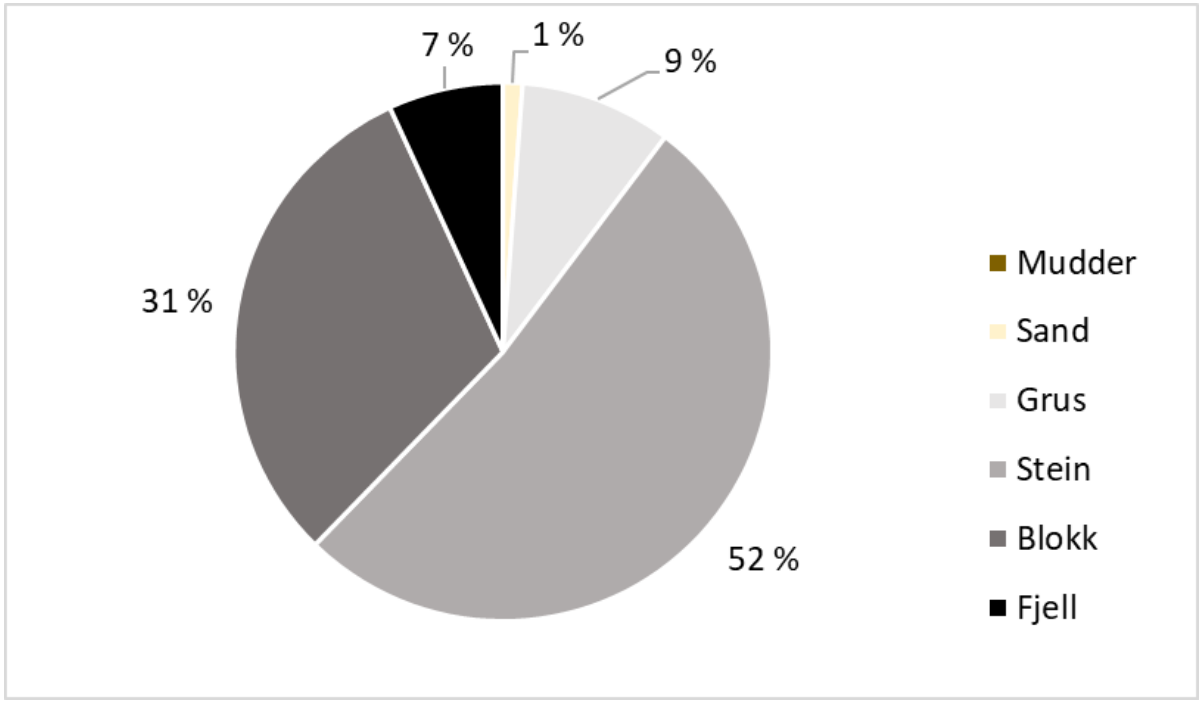
Figur 12. Eksempelbilder fra strekningen mellom Høljerast og Leppa. Strekningen er dominert av stryk og kvitstryk, avgrenset av små kulper og glattstrømmer. På nederste bilde til venstre kan man se Støytfoss som trolig utgjør et temporært vandringshinder for fisk.



Figur 13. Elveklasser, vandringshindre, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Høljerast og Leppa.



Figur 14. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Høljerast og Leppa.



Figur 15. Substratfordeling i strekningen mellom Høljerast og Leppa. Sett over hele parsellen er stein og blokk dominerende substrattype.

1.5.3 Strekning mellom Leppa og Øyom

Denne parsellen strekker seg fra utløpet av Leppa og ned til Øyom. Strekningen er omtrent 6 km lang og har en relativt slak gradient på 0,3 %. Størsteparten av fallet finnes over de øverste 2 – 3 km av parsellen. De nederste par kilometerne av strekningen har svært lav gradient og er stilleflytende (Figur 16). Det finnes følgelig ingen vandringshindre på strekningen, hverken naturlige eller menneskeskapte. Den klart dominerende elveklassen på strekningen er glattstrøm.



Figur 16. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Leppa og Øyom (Fra: hoydedata.no).

Eksempelbilder fra strekningen finnes i Figur 17 og habitatkart finnes i Figur 20 og Figur 21. Det finnes en strykstrekning like nedstrøms Leppa som har middels skjul i substrat bestående av stein og blokk iblandet noe finsediment. Det finnes også noen svært korte stryk mellom enkelte av rennene i nedre del, men for korte til å regnes som egen elveklasse. For det meste inneholder elvebunnen store mengder grus og sand i denne parsellen (Figur 22), hvilket virker naturlig ut ifra gradienten. Det finnes derfor jevnt over lite skjul (gjennomsnittlig vektet skjul = 1,3) sett over hele parsellen. Det ble observert noen potensielle gyteområder på strekningen, hvor deler av grusen var godt egnet for gyting, mens andre deler av områdene hadde noe høy andel finsediment (Figur 18). Det ble observert totalt 4338 m^2 med potensielle gyteplasser, hvilket utgjør omtrent 1 % av totalarealet i parsellen. Også i denne parsellen regnes dette med å være underestimert som følge av sarr på elvebunnen (Figur 19) og stedvis dype områder som ikke kunne vades.

Parsellen har menneskelige inngrep i form av sikrede elvebredder og kanalisering. Elven er i stor grad utrettet og elvesvinger og sideløp er avskåret. Mye av dette var allerede gjennomført på de eldste historiske flyfotoene som er tilgjengelig, men det ble også observert et område like nedstrøms Leppa, samt en sving på nordsiden av elven mellom Persmoen og Bjørnmoen, hvor det relativt nylig var etablert sikringer i form av plastring langs nordlig elvebredde. Sistnevnte av disse ser ut til å ha vært sikret også historisk, og det har her trolig gått et sideløp nord for hovedløpet. Den tydeligste og største kunstige kroksjøen befinner seg litt oppstrøms Øyom.







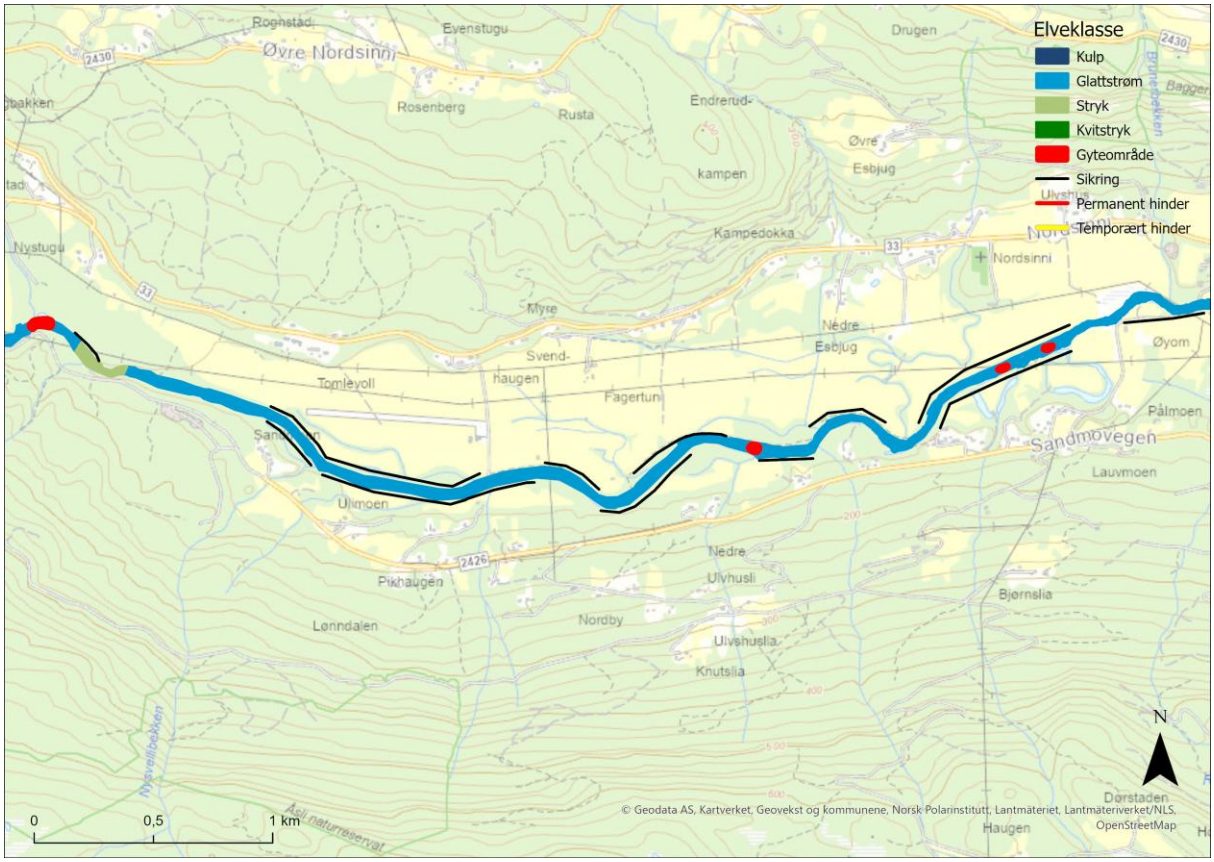

Figur 17. Eksempelbilder fra strekningen mellom Leppa og Øyom. Strekningen er dominert av grattstrøm, og det finnes kun noen korte strykpartier.



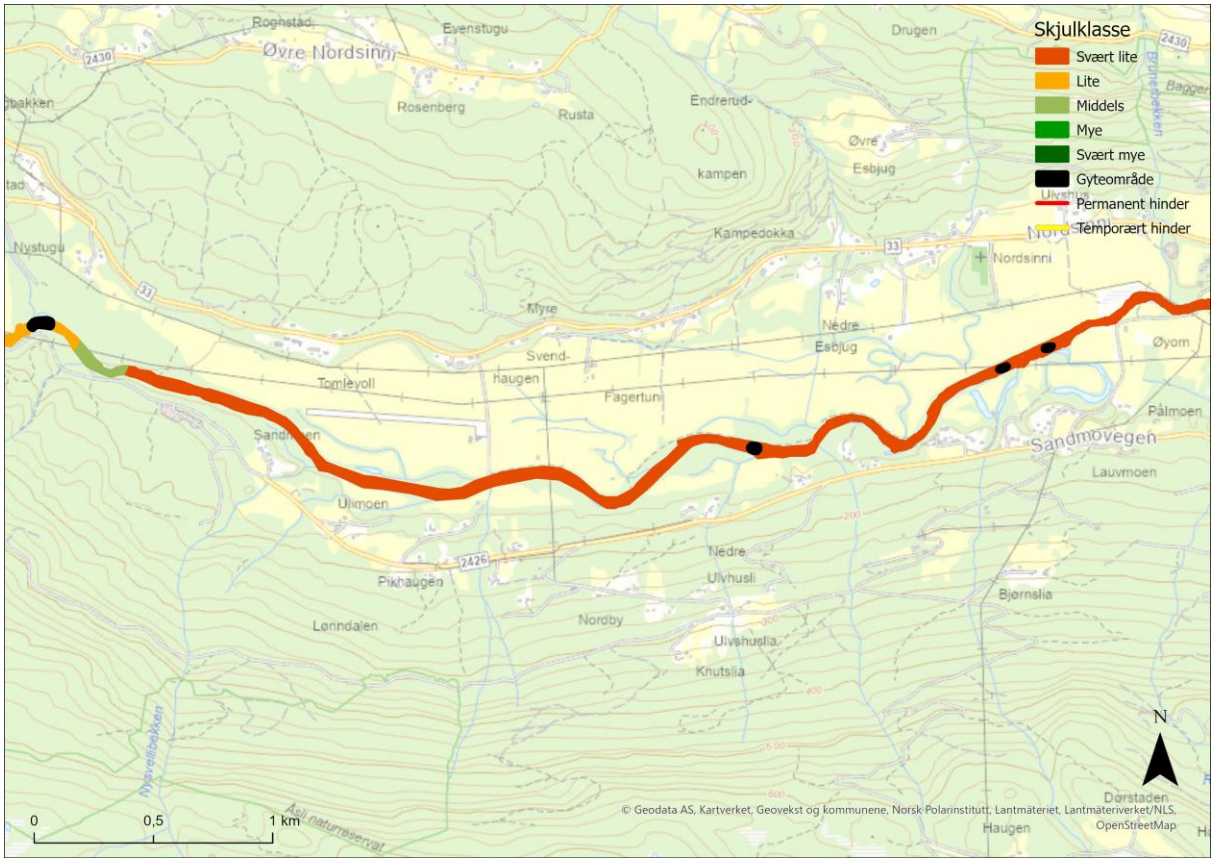
Figur 18. Eksempelbilder fra gyteområde mellom Bjørnmoen og Bakken. Øverst: Deler av brekket som hadde velegnet substrat til gyting. Nederst: Andre deler av samme brekket hadde stor andel sand innimellom grusen, og var derfor noe mindre egnet til gyting.



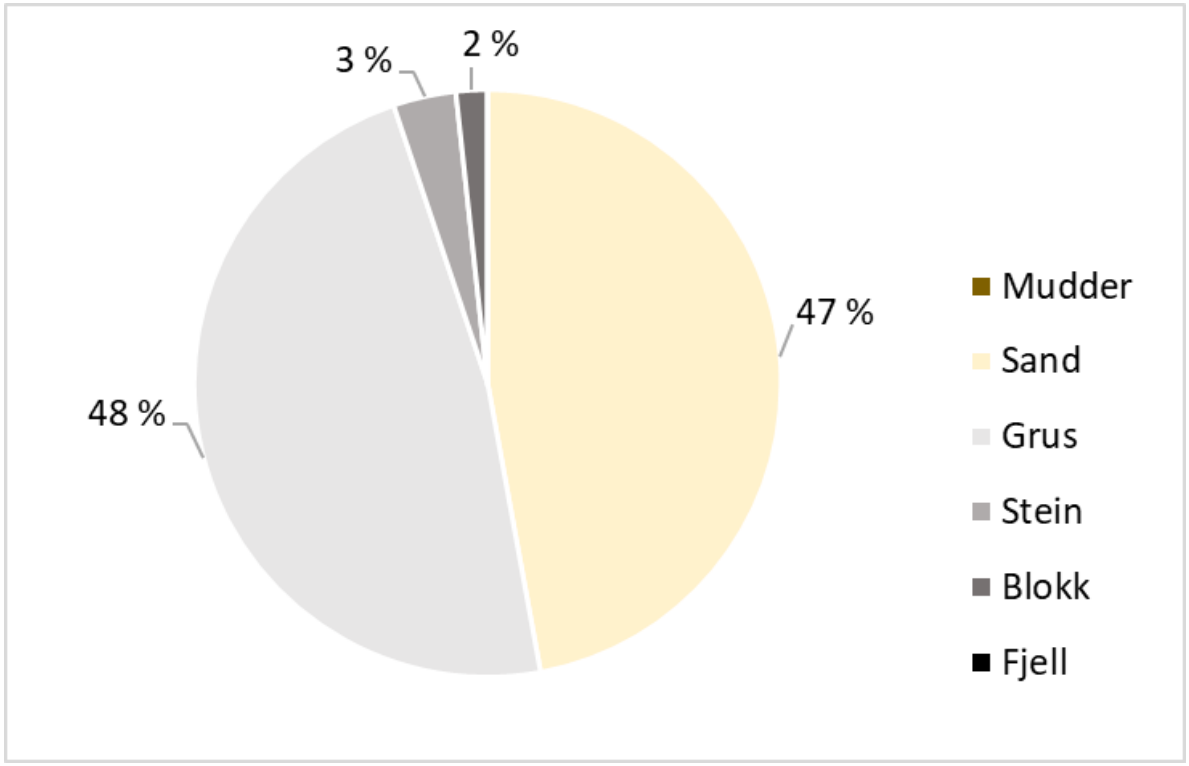
Figur 19. Stedvis var det mye sarr, hvilket gjorde det vanskelig å observere elvebunnen. I grunne områder var det mulig å vade uti og sparke bort sarr for å identifisere substratsammensetningen, mens i dype områder måtte man gjøre antakelser angående substratet basert på det man faktisk kunne skimte innimellom sarren.



Figur 20. Elveklasser, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Leppa og Øyom.



Figur 21. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Leppa og Øyom.



Figur 22. Substratfordeling i strekningen mellom Leppa og Øyom. Sett over hele parsellen er grus og sand de klart dominerende substrattypene.

1.5.4 Strekning mellom Øyom og Dokka

Denne parsellen strekker seg fra broen ved Øyom og ned til utløpet av Dokka. Strekningen er omtrent 7 km lang og har en svært lav gradient på 0,01 % (Figur 23). Grunnet gradienten er strekningen utelukkende dominert av sakteflytende renner og det finnes ingen vandringshindre for fisk.



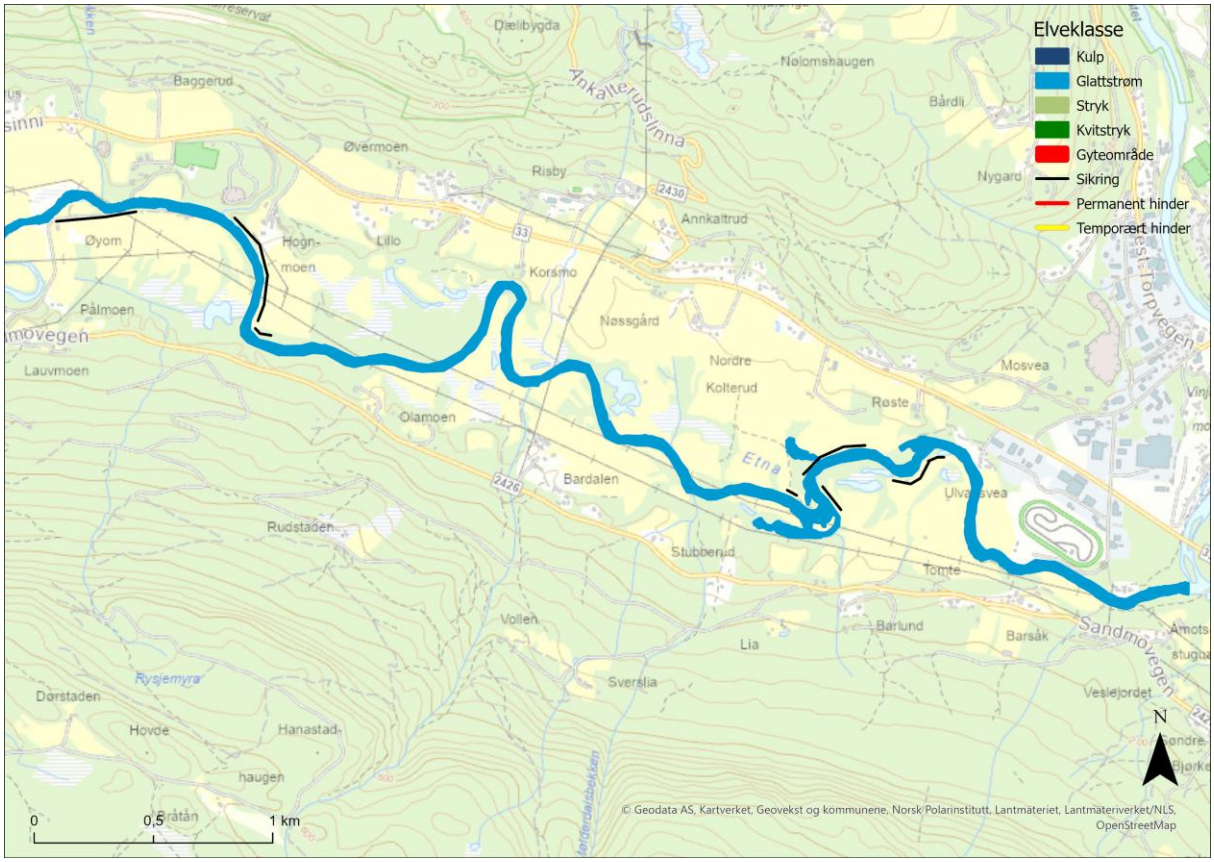
Figur 23. Høydeprofil over elvestrekningen mellom Øyom og Dokka. Merk at selv om modellen ser ut til å ha store høydeforskjeller, så er forskjellene under 0,5 m og trolig bare innenfor feilmarginene i modellen (Fra: hoydedata.no).

Eksempelbilder fra strekningen finnes i Figur 24 og habitatkart finnes i Figur 25 og Figur 26. Som følge av den svært lave gradienten er også bunnsubstratet svært finkornet. Elvebunnen består nesten utelukkende av sand og grus, med en og annen stein enkelte steder. Dette medfører svært liten skjultilgang i elvebunnen, da det ikke finnes hulrom som fisk kan benytte som skjulesteder. Det finnes imidlertid en del døde trær, tømmerstokker og lignende, som typisk tilfører skjul for fisken i elvestrekninger med lav gradient. Det finnes noen flekkvise potensielle gyteområder for ørret helt øverst i området rundt broen der Veståsvegen krysser elven. Ellers ble det ikke identifisert større potensielle gytefelter. Det må her bemerkes at elven stedvis er svært dyp over denne strekningen, og at dette i kombinasjon med dårlig sikt og delvis islagt overflate gjorde det vanskelig å observere elvebunnen gjennom hele parsellen.

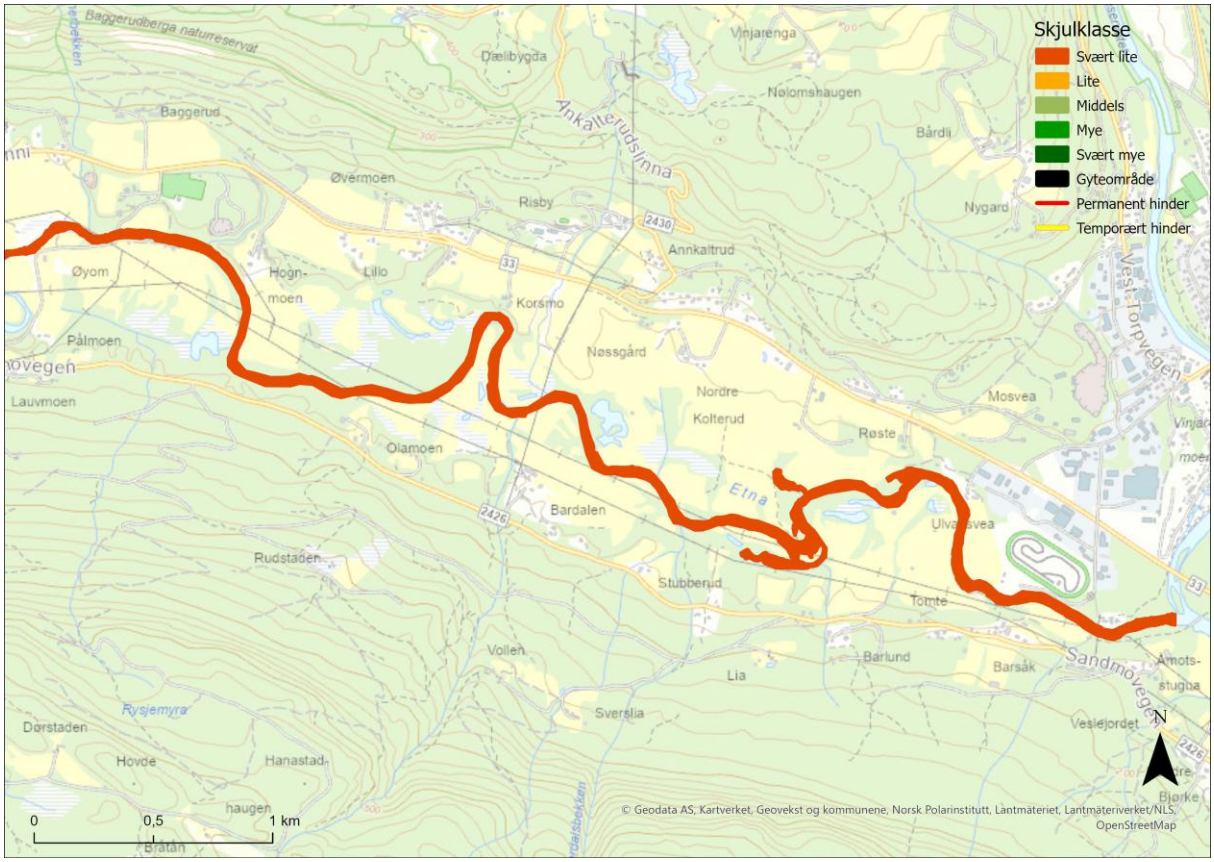
Av menneskelige inngrep ble det observert sikringer ved Øyom, Hognsmoen og i området ved Røste. Parsellen har imidlertid langt mindre grad av utretting enn parsellen fra Leppa til Øyom. Det finnes noen rester fra tidligere meandere som ligger som kroksjøer utenfor dagens elv, særlig i området fra Korsmo til Røste. De fleste av disse virker imidlertid å være avsnørt fra naturen sin side.



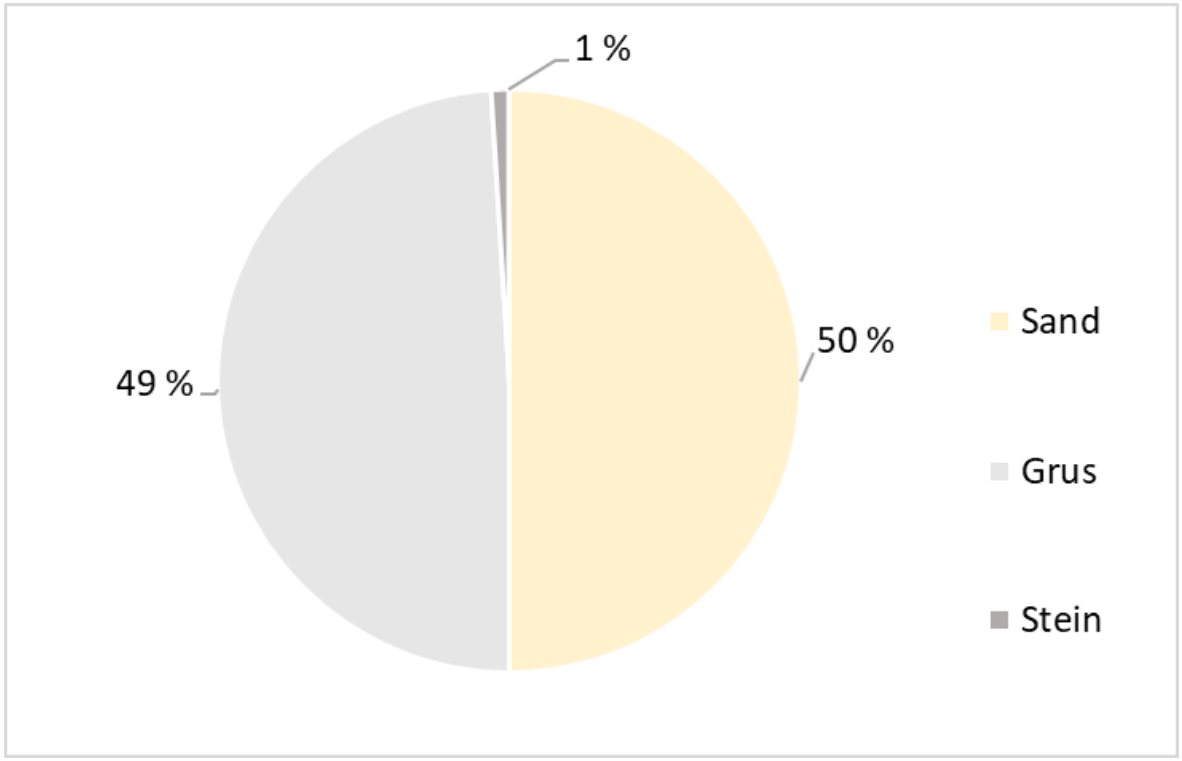
Figur 24. Eksempelbilder fra strekningen mellom Øyom og Dokka. Strekningen er fullstendig dominert av sakteflytende glattstrømmer. Elvebunnen består hovedsakelig av sand og grus.



Figur 25. Elveklasser, vandringshindre, potensielle gyteområder og fysiske inngrep i parsellen mellom Øyom og Dokka.



Figur 26. Skjultilgang i elvebunnen, potensielle gyteområder og observerte vandringshindre i parsellen mellom Øyom og Dokka.



Figur 27. Substratfordeling i strekningen mellom Øyom og Dokka. Sand og grus er dominerende substrattyper gjennom hele parsellen.

1.6 Oppsummering og diskusjon

I dette kapitlet oppsummeres resultatene fra kartleggingen og det gjøres en vurdering av hvor man potensielt kan- eller bør gjennomføre målrettede tiltak for å endre nåtilstanden i ulike deler av vassdraget. Potensielle tiltak presenteres i et underkapittel og det vil også gjøres en vurdering av tiltakenes forventede effekt på hydrologi/flomdemping.

1.6.1 Resultater fra habitatkartlegging

1.6.2 Strekning mellom Lundebrue og Høljerast

Delene av Etna som strekker seg fra Lundebrue til Høljerast skiller seg i stor grad fra de ovenforliggende, som ble kartlagt på oppdrag fra Etnedal Kommune i tidligere prosjekt (Espedal m.fl., 2026). Den har betydelig lavere gradient og derfor også mer finkornet substrat og mindre skjultilgang for ungfisk (gjennomsnittlig vektet skjul i forhold til areal = 3,4). Høyt innslag av grus fører imidlertid med seg en god del potensielle gyteområder (kartlagt omtrent 4000 m^2), særlig i øvre halvdel av strekningen. Ifølge Kraabøl & Arnekleiv (1998) kan storørreten fra Randsfjorden vandre opp til disse områdene gjennom fossen ved Høljerast.

Så å si hele strekningen fremstår som svært påvirket av menneskelige inngrep. Det er bygget flomvoller langs elven som i stor grad avskjærer den fra elvesletten, og meandere ble utrettet og elven kanalisert allerede på 1950-tallet. I tillegg er det trolig fjernet stein fra elvebunnen for å lette tømmerfløting i vassdraget. Disse inngrepene fører samlet sett til at store deler av denne parsellen fremstår som sterile og homogene. Elvestrekningen mellom Lundebrue og Høljerast er sannsynligvis betydelig mindre egnet for fiskeproduksjon

enn hva elven var ved naturtilstanden. Grunnet graden av inngrep og deres påvirkning på habitatet i- og langs vassdraget, foreslås det derfor flere tiltak for å bedre habitatforholdene i denne parsellen. Tiltakene har som hovedformål å gjenopprette noe av den naturlige elvemorfologien, og skape bedre oppvekstforhold særlig for fisk. Tiltakene kan også gagne andre organismer som lever i tilknytning til vassdraget.

1.6.3 Strekning mellom Høljerast og Leppa

Denne strekningen er den bratteste av de som er kartlagt i det inneværende prosjektet og består for det meste av strykpartier. Den høye gradienten medfører også mer grovkornet substrat og større skjultilgang (gjennomsnittlig vektet skjul i forhold til areal = 5,8). Det ble observert 942 m^2 med potensielle gyteområder, samt at vi i etterkant ble gjort oppmerksom på et større gyteareal like ved utløpet av Leppa. I tillegg finnes det ofte mindre lommer med grus i strømskygger innimellom stryk (flekkvise potensielle gyteplasser) som er vanskelige nok å observere også uten at det er is og sarr i elven. Gyteplasser er derfor trolig underestimert i denne parsellen.

Stryk har typisk få meandere og elveløpet har derfor trolig vært mindre i konflikt med arealbruken langs vassdraget over denne strekningen som er dominert av strykpartier. Dette reflekteres også i langt mindre grad av menneskelige inngrep. Ettersom elveløpet sannsynligvis har vært i langt mindre endring her i enn i de mer sakteflytende partiene oppstrøms- og nedstrøms (se 4.1.2), har trolig behovet for sikringstiltak vært mindre. Det finnes noen kortere strekninger med sikring, men ikke omfattende plastring eller kanalisering av løpet.

1.6.4 Strekning mellom Leppa og Øyom

Strekningen mellom Leppa og Øyom har relativt lav gradient, spesielt over de nedre par kilometerne. Det finnes derfor jevnt over lite skjul i elvebunnen (gjennomsnittlig vektet skjul i forhold til areal 1,3) som inneholder stor andel grus og sand. Det finnes imidlertid en del gyteområder på strekningen, som totalt utgjør omtrent 1 % av elvearealet. Dette tallet er også trolig noe underestimert grunnet dype områder og sarr på elvebunnen ved kartleggingstidspunktet.

Elven har sikrede elvebredder og er kanalisert over store deler av strekningen. Det finnes også klare indikasjoner i terrenget på at sideløp er avskåret. Mesteparten av inngrepene var allerede utført på de eldste tilgjengelig flyfotoene fra 1947. Det finnes historiske kart som er håndtegnet, og disse bekrefter i stor grad forventningene i forhold til naturtilstanden.

1.6.5 Strekning mellom Øyom og Dokka

Denne strekningen har svært lav gradient og derfor også svært mye finkornet substrat. Det finnes svært lite skjul for ungfisk i elvebunnen, men samtidig ble det observert en del døde trær og vegetasjon som tilfører skjulesteder for fisk. Det ble ikke observert større gytearealer på strekningen, kun flekkvise områder helt øverst mot Øyom. Det kan finnes flere gyteområder enn dette, men det observasjonsforholdene var spesielt utfordrende over denne strekningen da elven er bred og dyp.

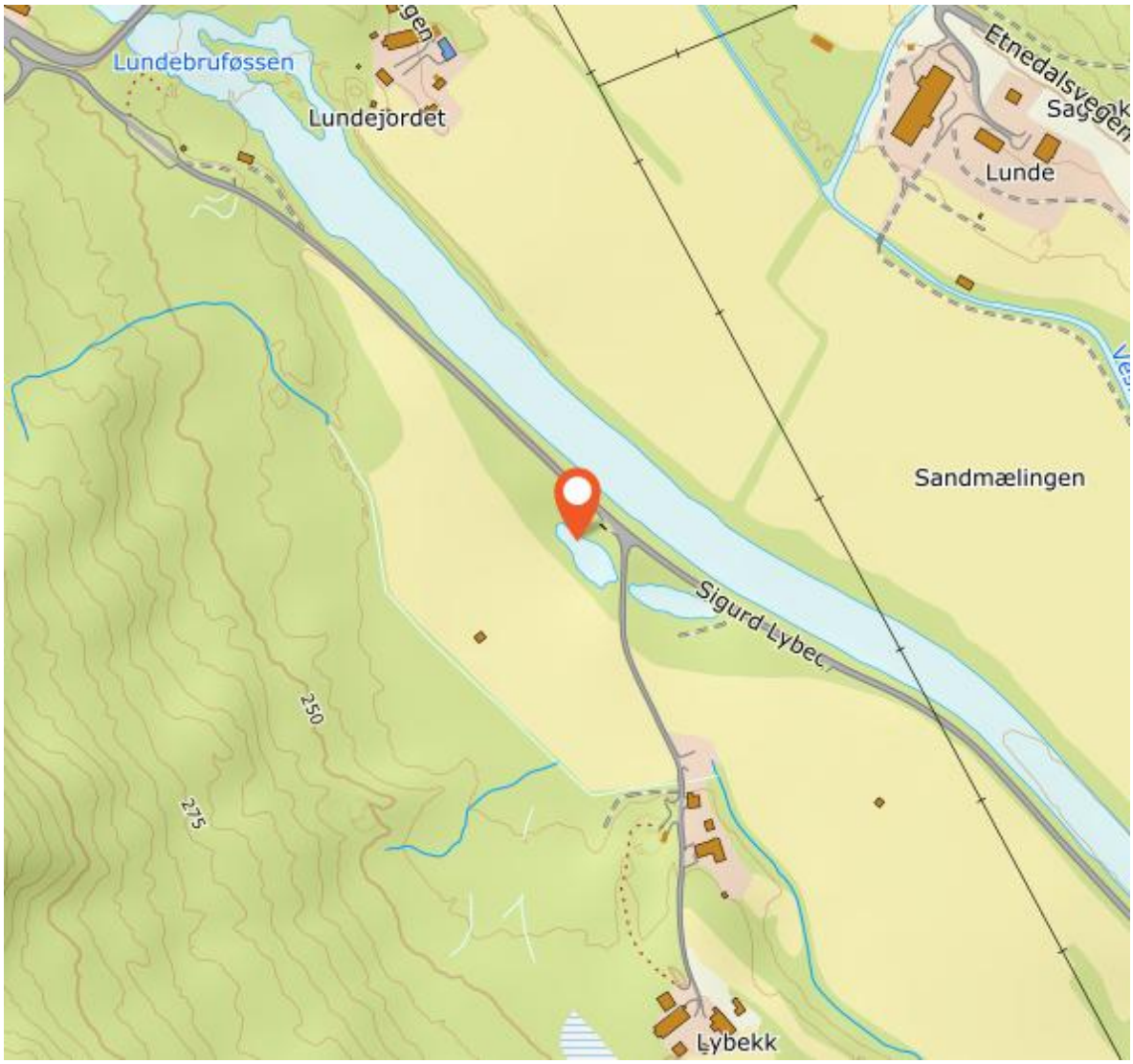
Strekningen har en rekke meandere og bærer ikke preg av utretting foruten helt nederste del mot Dokka. Det ble ellers observert sikringer ved Øyom, Hognsmoen og i området ved Røste. Det finnes kroksjøer langs strekninger, men disse ser i stor grad ut til å være naturlig avsnørt fra hovedløpet.

1.7 Tiltaksforslag

Under kartleggingene i Etna ble det identifisert flere områder med potensiale for habitatforbedrende tiltak. Flest potensielle tiltaksområder befinner seg på strekningen mellom Lunde bru – Høljerast som ble kartlagt i et tidligere prosjekt på oppdrag fra Etnedal Kommune (Espedal mfl., 2026). Disse vil også presenteres og gjengis kort sammen med mulighetene for tiltak som ble identifisert i det inneværende prosjektet, for en helhetlig forståelse av potensialet som foreligger i vassdraget.

1.7.1 Kroksjø ved Lunde/Lybekk

Dette området befinner seg omtrent 350 meter nedstrøms Lunde bru, på sørsiden av Etna (Figur 28). Her er en liten sving av elven avskåret ved etablering av flomvoll, slik at det finnes en kunstig kroksjø utenfor sikringen. Det finnes stående vann i deler av kroksjøen, og den opprinnelige elvebunnen bestående av grus og stein finnes intakt inne i dammen (Figur 30).



Figur 28. Kart som viser lokasjon av kroksjøen mellom Lunde og Lybekk (hentet fra: norgeskart.no).



Figur 29. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).



Figur 30. Bilder fra inne i kroksjøen mellom Lunde og Lybekk. Det finnes naturlig elvesubstrat inne i løpet, kun innløp og utløp er avskjært med flomvoll og grusvei.

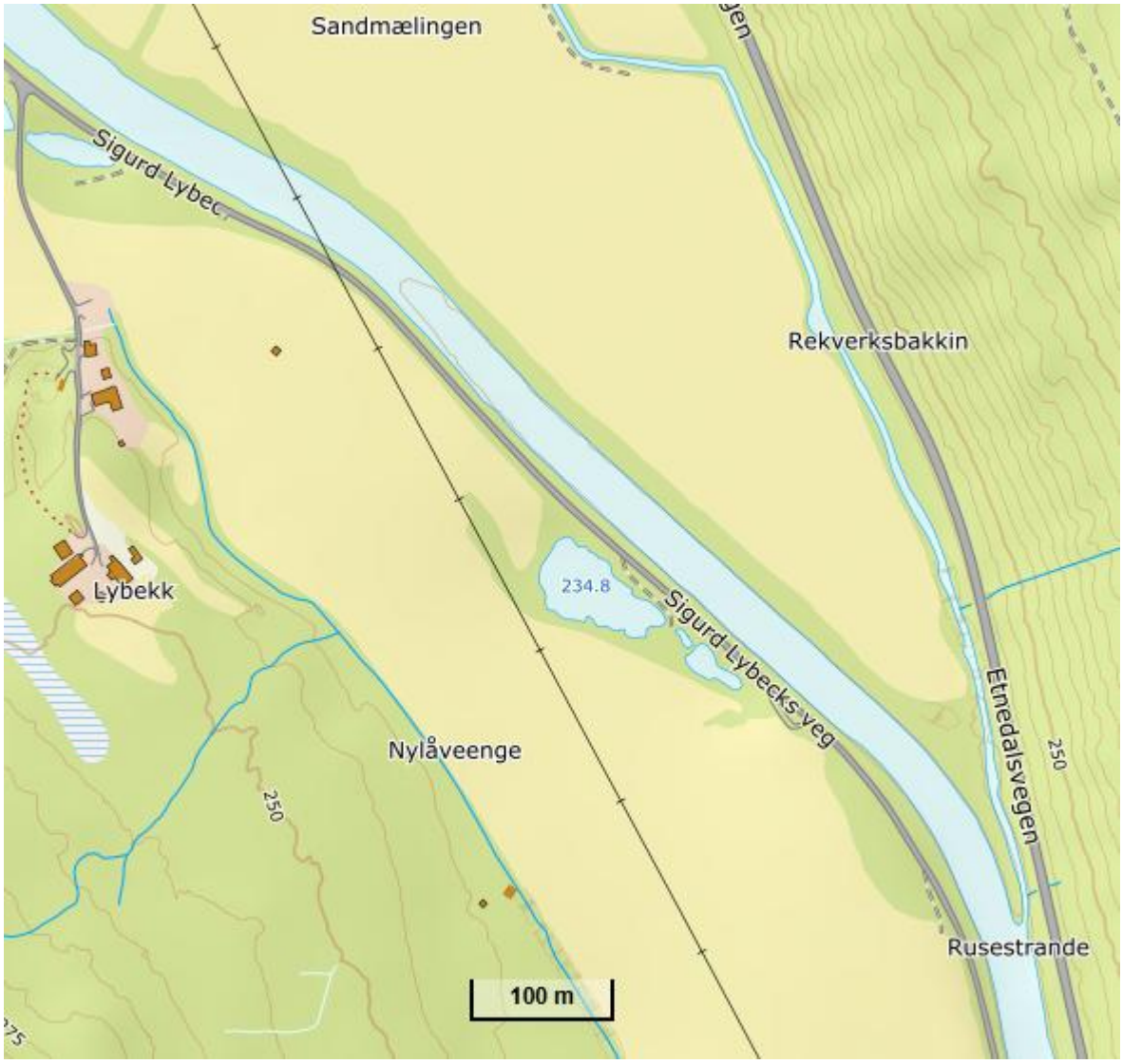
For å bryte opp det kanaliserte preget av Etna burde elven i utgangspunktet remeandreres tilbake inn i avskjærte svinger som denne. Alternativet er å koble på igjen den kunstige kroksjøen til hovedløpet ved at man graver ut et inn- og utløp, og gjenoppretter svingen som et sideløp til Etna. Dette kan gjøres enten ved en åpen grøft/kulvert eller ved et rør dersom man ønsker å dimensjonere vannføringen inn i sideløpet. Både remeandrering og alternativ løsning med kroksjøen som et sideløp, vil kunne tilføre mer tilgjengelig habitat og større variasjon i den nå svært kanaliserte strekningen. Trolig vil alternativet med gjenåpning som et sideløp til Etna være enklest å gjennomføre i små kroksjøer som dette. Samtidig vil begge alternativer kreve en ny flomvoll i bakkant av dagens kroksjø. Området inne i kroksjøen virker upåvirket av menneskelige inngrep foruten selve avskjæringen fra hovedløpet, og det kreves trolig lite terrengtilpasninger inne i selve kroksjøen dersom den kobles til som sideløp. Ved full restaurering av svingen vil det selvsagt kreves større terrengtilpasninger. Figur 31 viser en skisse av kroksjøen og det aktuelle tiltaksområdet. Omtrentlig teoretisk lengde av kroksjøen ved gjenåpning er omtrent 250 meter.



Figur 31. Skisse av tiltaksområdet ved Lunde/Lybekk med supplerende feltobservasjoner.

1.7.2 Kroksjø ved Nylåveenge

Dette området befinner seg omtrent 0,5 km nedstrøms kroksjøen ved Lunde/Lybekk, og på samme side av Etna (Figur 32). Også her er en elvesving avskåret ved kanaliseringen, og det har dannet seg en kunstig kroksjø som et lite grunt tjern på utsiden av flomvollen (Figur 33). Det finnes synlig elvesubstrat i form av grus og stein i de sør-vestlige deler av kroksjøen, som tidligere har vært nedre del av elvesvingen. I øvre deler er ikke det opprinnelige substratet synlig som følge av avskjæringen og påfølgende sedimentering og gjengroing. Bilder fra området finnes i Figur 34.



Figur 32. Kart som viser lokasjon av den kunstige kroksjøen nær Nylåveenge (hentet fra: norgeskart.no).

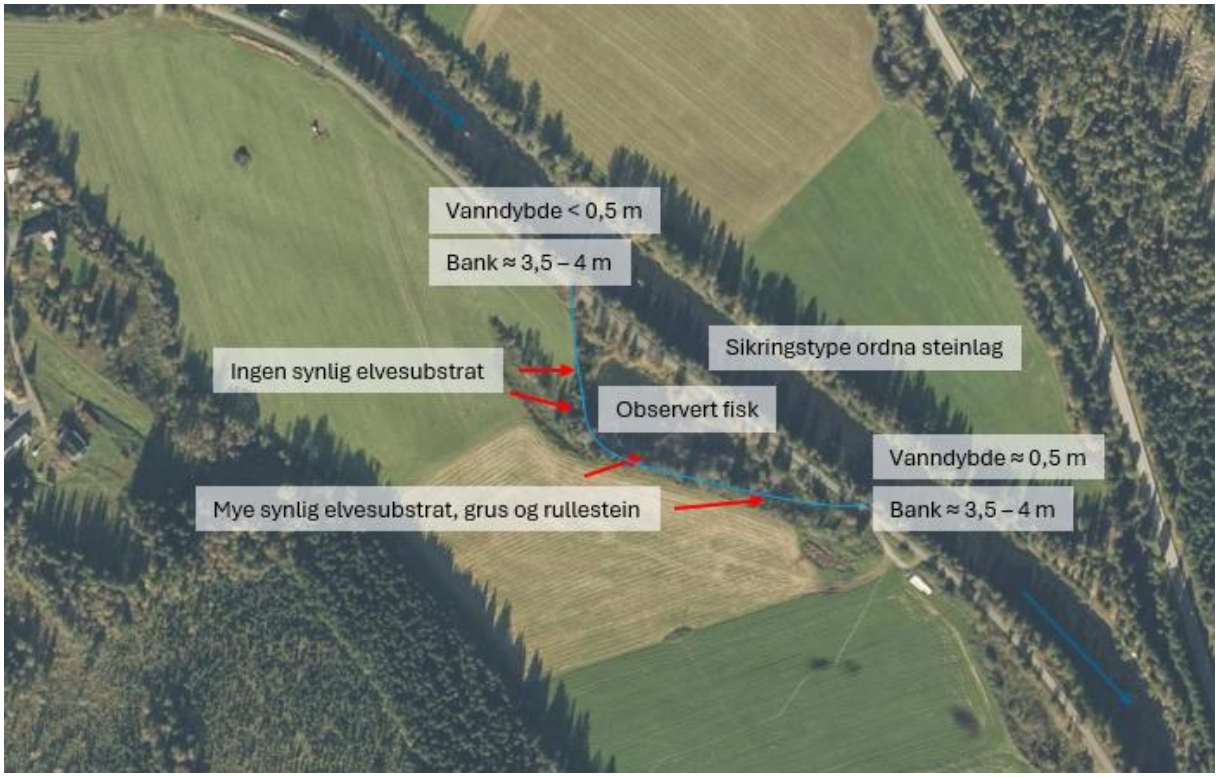


Figur 33. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).



Figur 34. Bilder fra inne i kroksjøen ved Nylåveenge. Det finnes naturlig elvesubstrat i nedre del av kroksjøen. Innløp og utløp er avskjært av flomvollen langs Etna.

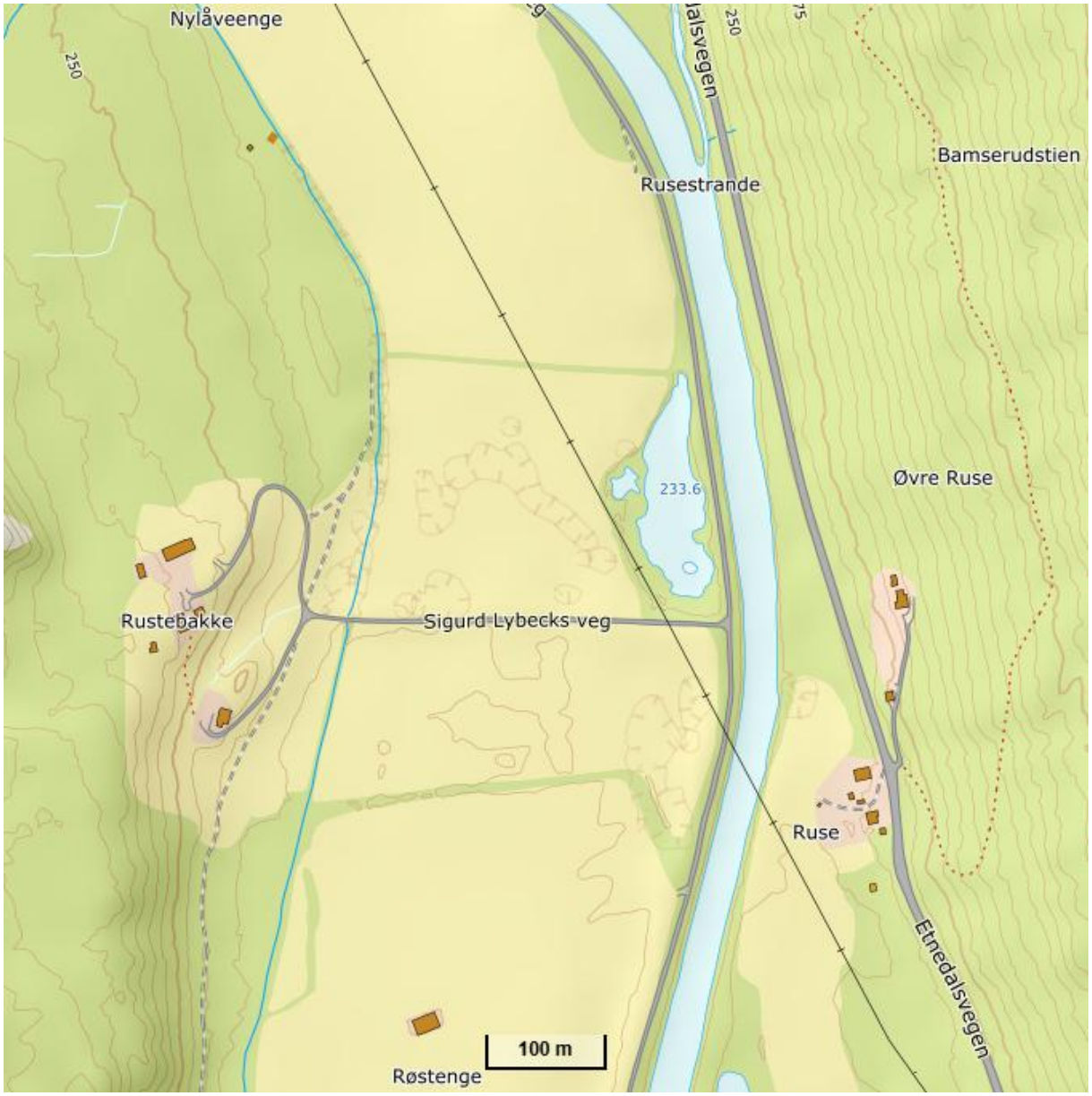
Denne kroksjøen kan også åpnes ved samme alternativer som beskrevet for kroksjøen ved Lunde/Lybekk. Dvs. enten med restaurering/remeandrering av løpet eller ved tilkobling som et sideløp. I og med at kroksjøen ved dagens tilstand i praksis består av bare et lite tjern, vil alternativet med kroksjøen som et sideløp trolig ikke medføre noen særlig økning i tilgjengelig skjul for ungfisk av ørret. Det ble imidlertid observert stimer med ørekyte inne i innsjøen, som trolig lever isolert fra den øvrige populasjonen ute i Etna, foruten ved evt. overtopping av flomvollen. Kroksjøen som et sideløp vil trolig være best egnet som habitat for ørekyte også etter en tilkobling til Etna. Ved restaurering av hovedløpet inn i svingen har man derimot større rom for å skape skjulrikt habitat for ørret. En skisse av området er vist i Figur 35. Omtrentlig teoretisk lengde av sideløpet ved en tilkobling til Etna slik som skissert i figuren vil være litt i overkant av 200 meter.



Figur 35. Skisse av tiltaksområdet ved Nylåveenge med supplerende feltobservasjoner. Det ble observert naturtypisk elvesubstrat i nedre halvdel.

1.7.3 Kroksjø ved Rustebakke

Denne kroksjøen befinner seg bare omtrent 400 meter nedstrøms kroksjøen ved Nylåveenge, også denne på østsiden av Etna. Også her er en sving avskåret av flomvollen som er etablert, og det er skapt et lite tjern på utsiden av vollen. Det ble ikke observert noe synlig typisk elvesubstrat inne i kroksjøen, kun vannplanter og finsedimenter var synlige ved befaring.



Figur 36. Kart som viser lokasjonen av den kunstige kroksjøen ved Rustebakke (hentet fra: norgeskart.no).



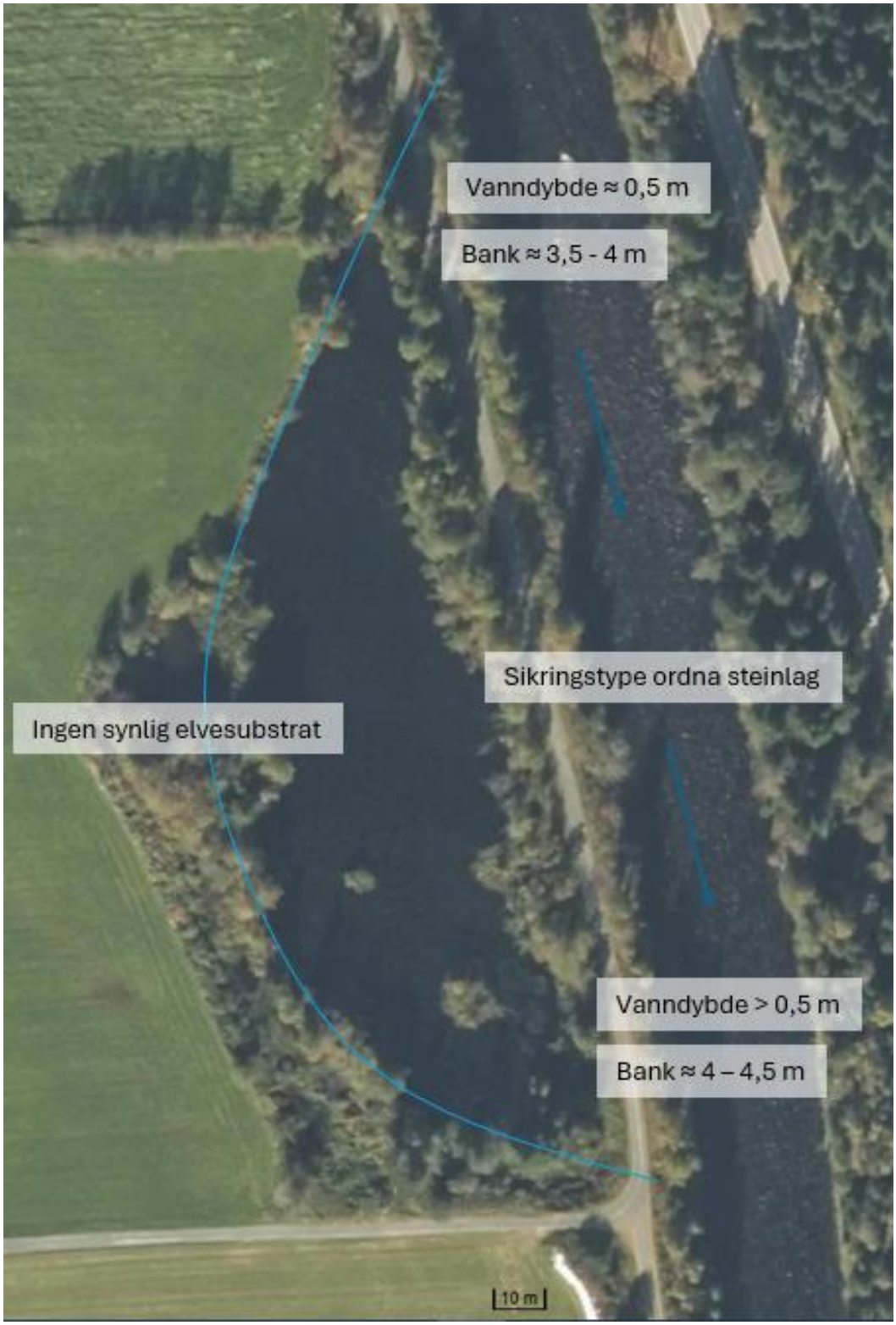
Figur 37. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).





Figur 38. Bilder fra kroksjøen ved Rustebakk. Det ble ikke observert annet på elvebunnen enn vegetasjon og finsedimenter/mudder.

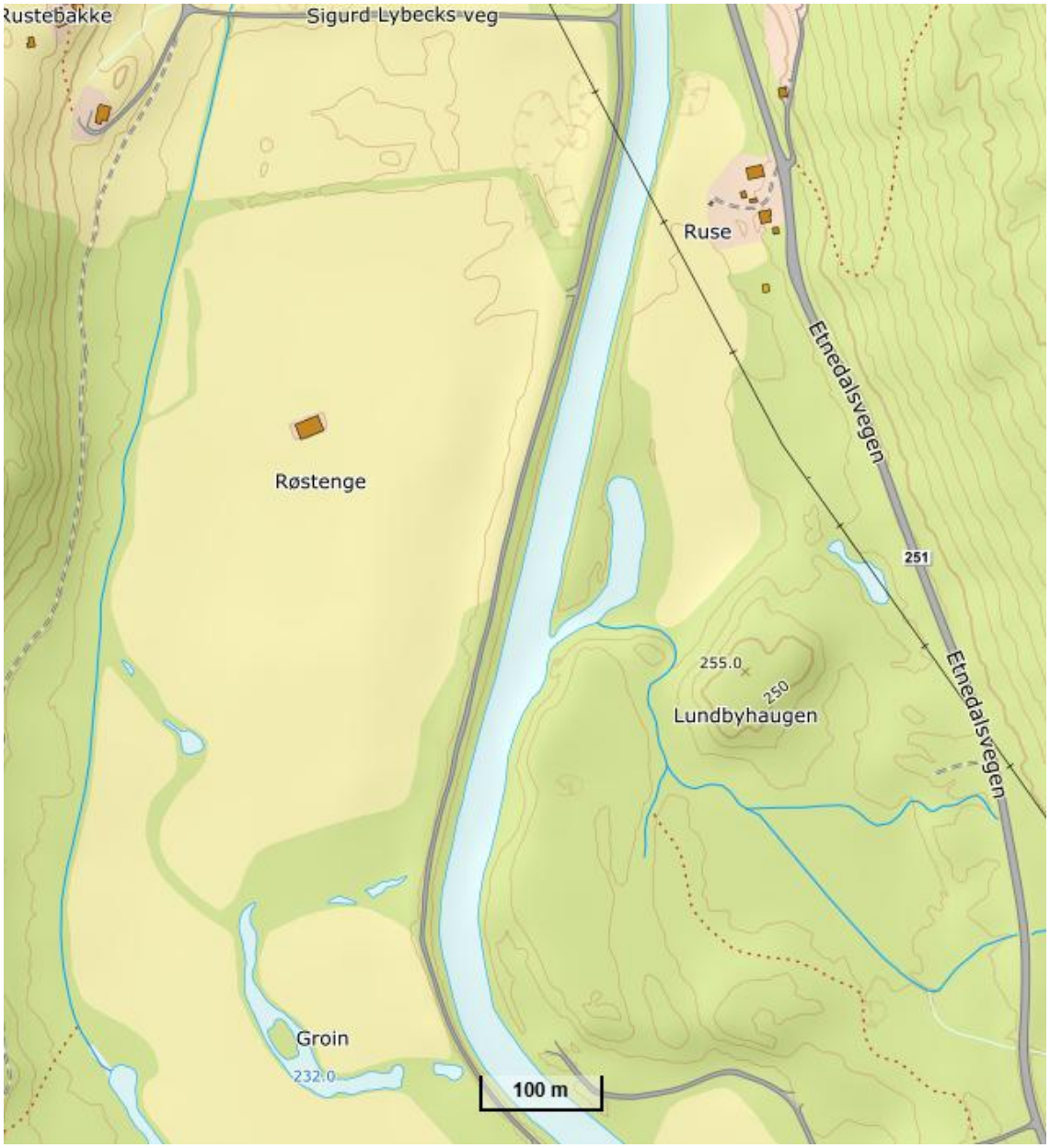
Kroksjøen kan tilkobles Etna som ved tilbakeføring av løpet inn i den avskjærte svingen, eller som et sideløp. Tjernet har ikke synlig skjul eller gyteområder på elvebunnen for ørret, men en tilkobling vil gjøre tjernet tilgjengelig for fisk fra Etna samt at vanngjennomstrømning trolig vil sikre en bedre vannkvalitet i kroksjøen. Sannsynligvis finnes også naturtypiske elvemasser under vannplanter og finmasser/mudder som dekker dagens bunn. Ved en tilbakeføring av elven inn i svingen vil elvebunnen sannsynligvis over tid renses og den opprinnelige elvebunnen komme til syne. Figur 39 viser en skisse over tiltaksområdet. Teoretisk lengde av løpet ved tilkobling vil være omtrent 200 meter.



Figur 39. Skisse av tiltaksområdet ved Rustebakke med supplerende feltobservasjoner. Det ble observert naturtypisk elvesubstrat i nedre halvdel.

1.7.4 Kroksjø ved Lundbyhaugen

Omtrent en halv kilometer nedstrøms Rustebakke finnes enda en kunstig kroksjø ved Lundbyhaugen. Denne befinner seg, i motsetning til de forrige aktuelle tiltaksområdene, utenfor vollen på østlig elvebredde av Etna. Denne kroksjøen har allerede åpning ut til Etna i nedre del og er ved dagens tilstand som en slags stor bakevje til elven. Øverste del av kroksjøen består av stillestående vann med mye vannplanter og uten synlig elvesubstrat. I nederste del mot utløpet til Etna finnes synlig grus og stein. Figur 40 viser et kart over området og Figur 41 viser en sammenligning mellom løpets historiske tilstand i 1958 og i dag.



Figur 40. Kart som viser lokasjonen av både den kunstige kroksjøen ved Lundbyhaugen og ved Groin (beskrives i neste delkapittel). (hentet fra: norgeskart.no).



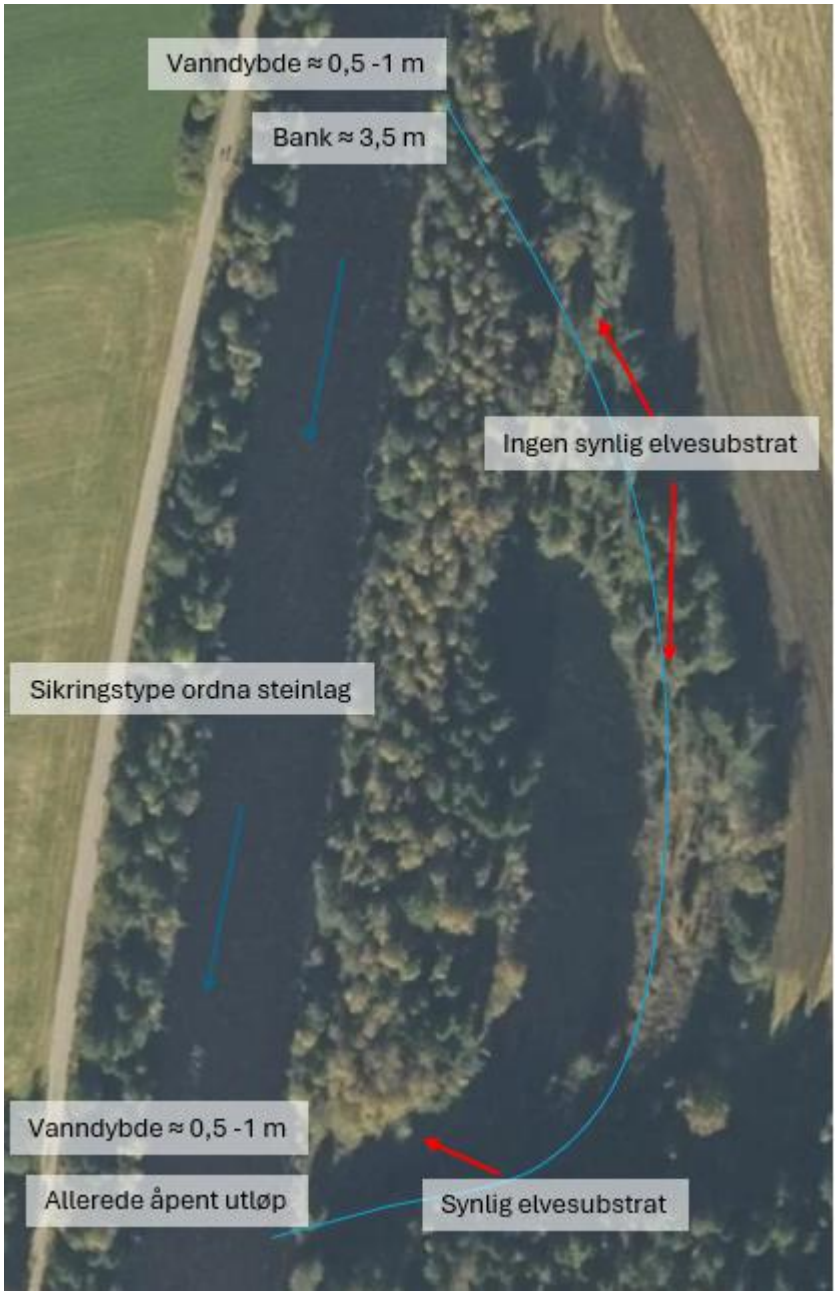
Figur 41. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).





Figur 42. Bilder fra inne i Kroksjøen ved Lundbyhaugen.

Ved kroksjøen ved Lundbyhaugen virker det relativt uproblematisk å føre elven tilbake inn i den avskjærte svingen. Arealet mellom kroksjøen og dagens elveløp består kun av tett skog. Alternativt kan kroksjøen med fordel også bare åpnes i øvre del, slik at elven igjen kan svinge inn i kroksjøen som et sideløp. Per i dag er vannet er vannet stillestående på lav vannføring og bunnen er begrodd. I motsetning til de tidligere beskrevne kroksjøene som befinner seg på vestsiden av Etna, finnes det her ingen langsgående kjørevei oppå flomvollen som man må ta hensyn til. Det anbefales derfor å helst åpne løpet permanent, uten noen kulvert eller rørløsning. En skisse av området er vist i Figur 43. Også dette løpet har en lengde på omtrent 200 meter dersom det tilkobles i sin helhet til Etna.



Figur 43. Skisse av tiltaksområdet ved Lundbyhaugen med supplerende feltobservasjoner. Det ble kun observert naturtypisk elvesubstrat i helt nederste del av kroksjøen.

1.7.5 Kroksjø ved Groin

Ved Groin (omtrent 200 meter nedstrøms Lundbyhaugen) finnes nok en kroksjø som strekker seg i en omtrent 400 meter lang U-formasjon inn mellom jordene på baksiden av flomvollen på vestlig elvebredde av Etna. Kroksjøen er avskåret av flomvoll både ved inn- og utløp. I områdene hvor det var mulig å observere

elvebunnen, bestod denne utelukkende av jord/mudder. Deler av kroksjøen hadde vanndekt areal, men vannet er stillestående og svært grumsete (Figur 45). Kart over området og kroksjøen ved groin finnes i Figur 40 i forrige delkapittel og Figur 44 viser en sammenligning mellom løpets historiske tilstand i 1958 og i dag.



Figur 44. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).

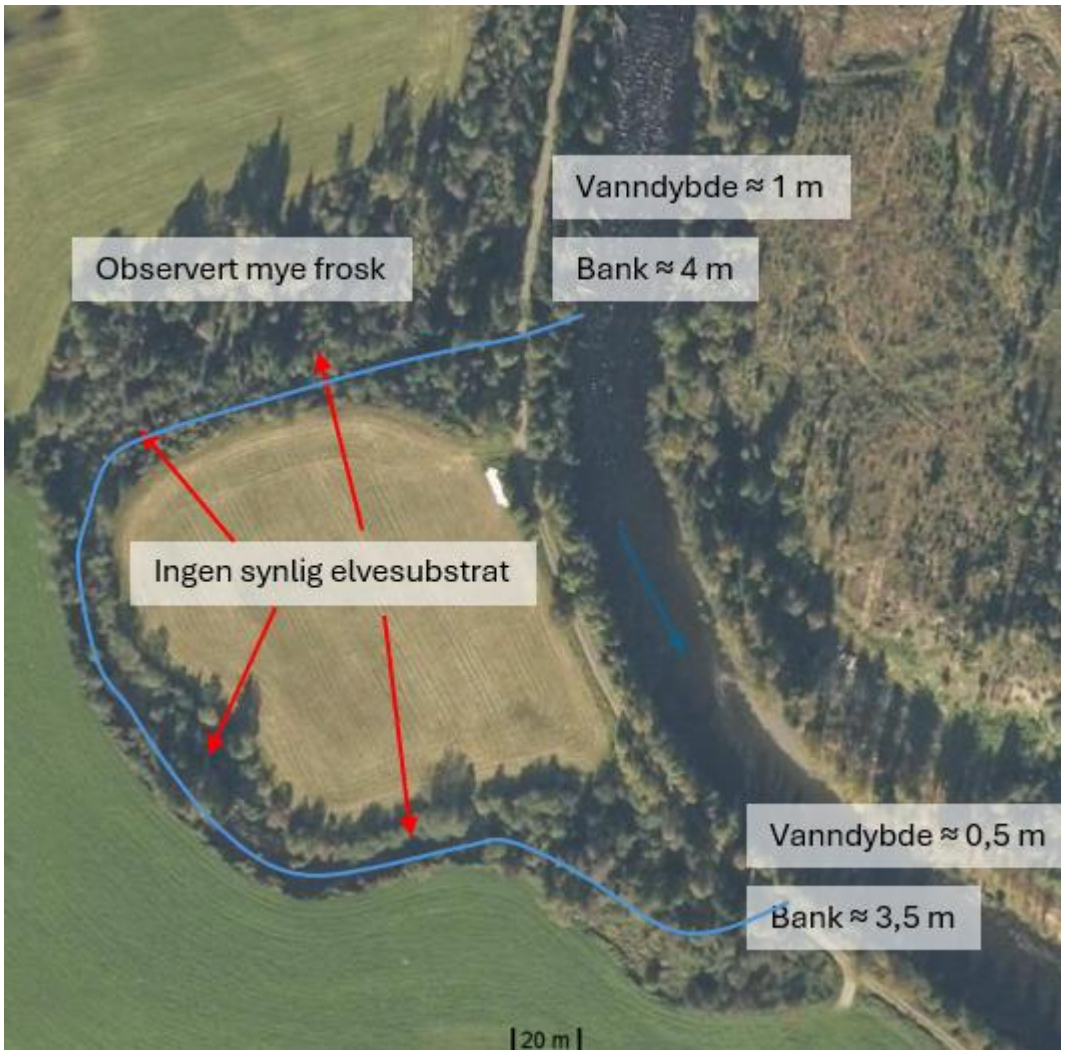


Figur 45. Bilder fra kroksjøen ved Groin.

Kroksjøen ved Groin kan gjenåpnes slik at den blir tilgjengelig for fisk fra Etna. I og med at kroksjøen er såpass stor og at man i tillegg har relativt god strømhastighet lokalt i Etna i dette området, kunne det vært et alternativ å benytte den som ny trasé for Etna i en potensiell remeandrering av vassdraget. Dette ville medført økning i elveareal og hydromorfologisk variasjon, samtidig som vannstrømmen trolig er tilstrekkelig til å opprettholde god skjultilgang ved etablering av en skjulrik elvebunn i det «nye» løpet. Tiltaket vil i så tilfelle innebære etablering av ny langsgående flomvoll og evt. ny trasè for grusveien rundt kroksjøen. Veien ser imidlertid ikke ut til å benyttes som tilkomst til- og fra boliger i dette området. I tillegg må trolig løpet utvides fra dagens tilstand, hvilket vil påvirke arealbruken. Utvidelse av løpet vil følgelig også ha en midlertidig påvirkning på den tette kantvegetasjonen som omkranser kroksjøen.

Alternativt kan løpet påkobles som et sideløp til Etna via rør eller kulvert. Et sideløp vil trolig ha noe lavere biologisk gevinst enn en lokal remeandrering, men vil selvsagt medføre mindre ulemper for jordbruk. Vannet inne i kroksjøen bar visuelt preg av å være stående med lite utskiftning. Det ble ikke observert fisk, men mye frosk (trolig Buttsnutefrosk som ifølge artsdatabanken har en livskraftig bestand) inne i- og rundt kroksjøen under kartleggingen i 2025. Tilkobling til Etna vil bedre vannkvaliteten inne i sjøen, men det bemerkes at det samtidig vil gjøre området tilgjengelig for fisk som kan fungere som predatorer særlig på unge livsstadier av

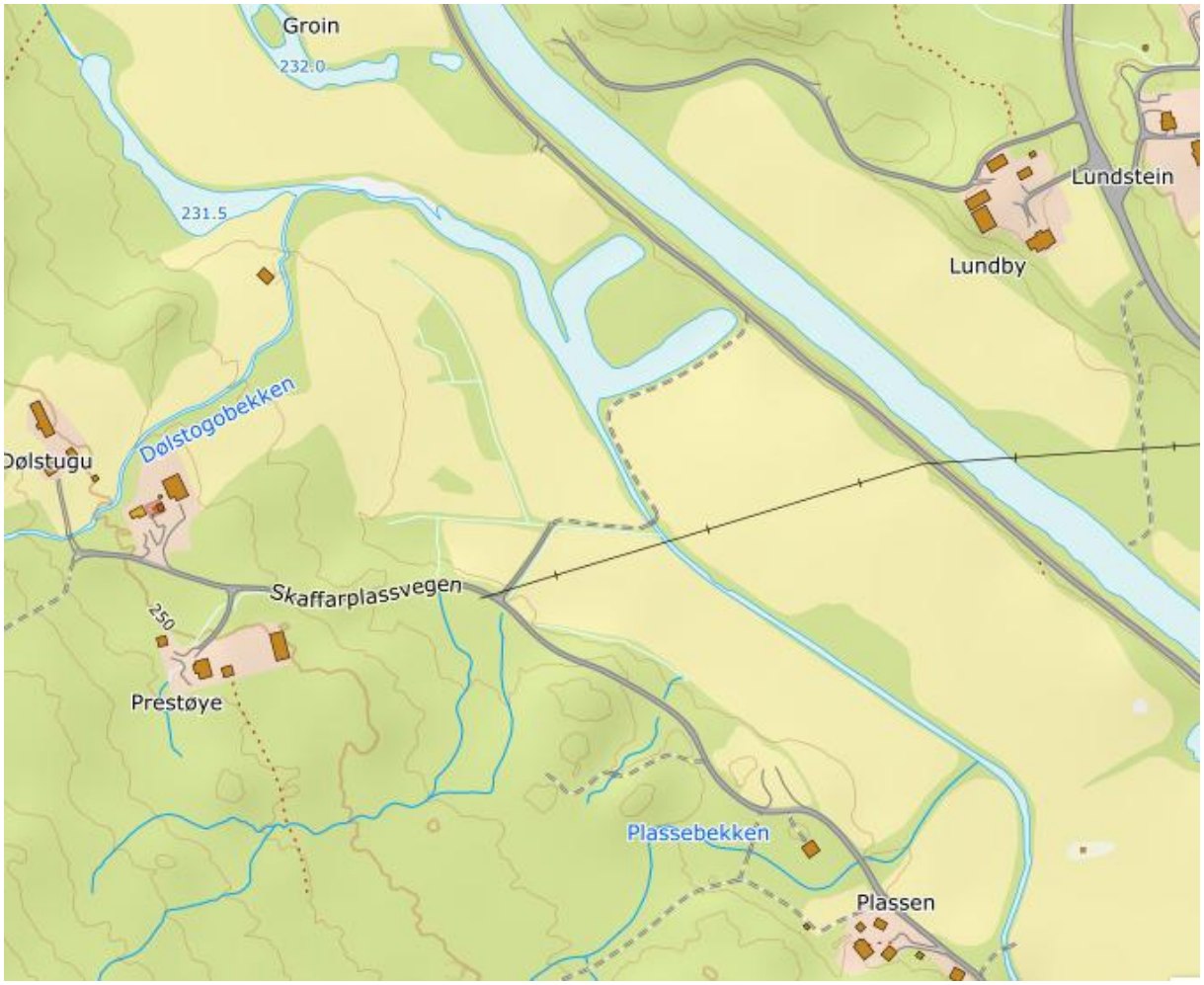
amfibier. Miljøgevinstene ved restaurering og gjenslynging bør likevel tillegges stor vekt i avveiingen mot negative konsekvenser for dagens menneskeskapte habitater.



Figur 46. Skisse av tiltaksområdet ved Groin med supplerende feltobservasjoner.

1.7.6 Kroksjø ved Lundby

På motsatt side av Etna nær Lundby, omtrent 180 meter nedstrøms kroksjøen ved Groin, finnes det en tilsvarende U-formet kunstig kroksjø. Denne har en lengde på omtrent 300 meter og er avskåret i begge ender av dagens flomvoll. Det ble ikke observert annet enn finsedimenter (jord) i elvebunnen. Det finnes stående vann over det meste av arealet inne i kroksjøen. Kart over området er vist i Figur 47 en historisk sammenligning finnes i Figur 48 og bilder fra inne i kroksjøen er vist i Figur 49.



Figur 47. Kart som viser lokasjonen av den kunstige kroksjøen nær Lundby (hentet fra: norgeskart.no).

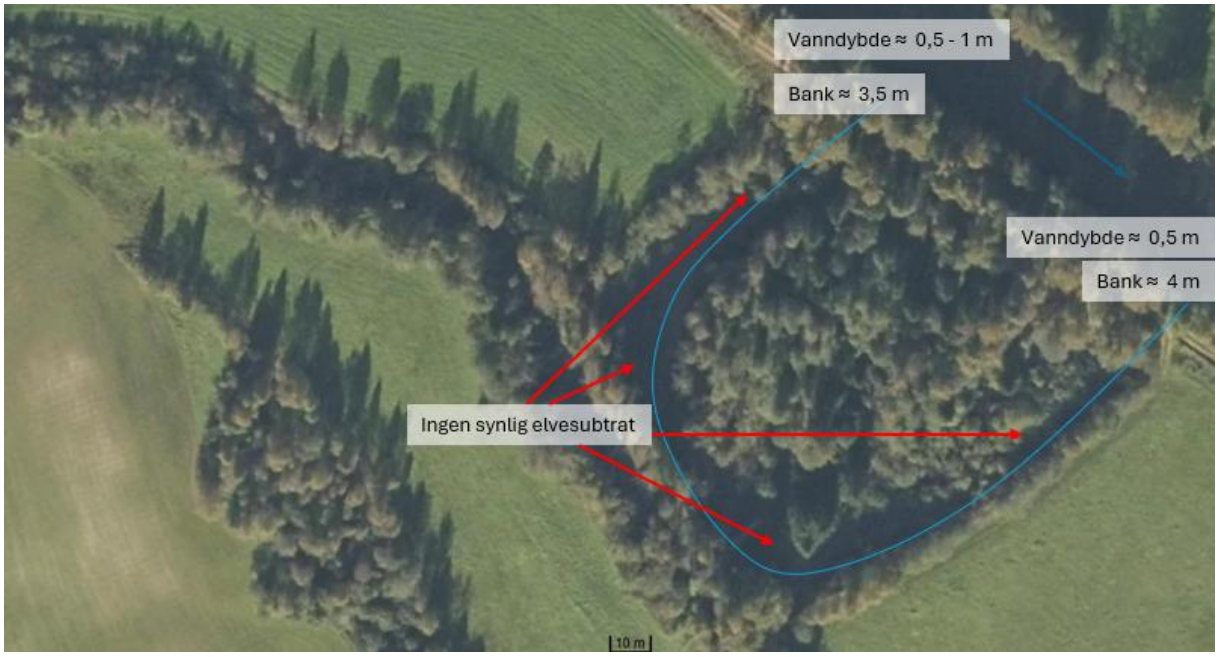


Figur 48. Flyfoto av Kroksjøen nær Lundby fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart). I likhet med de fleste andre områdene var sjøen allerede totalt avskåret etter sikringstiltak på 50-tallet.



Figur 49. Bilder fra inne i kroksjøen nær Lundby.

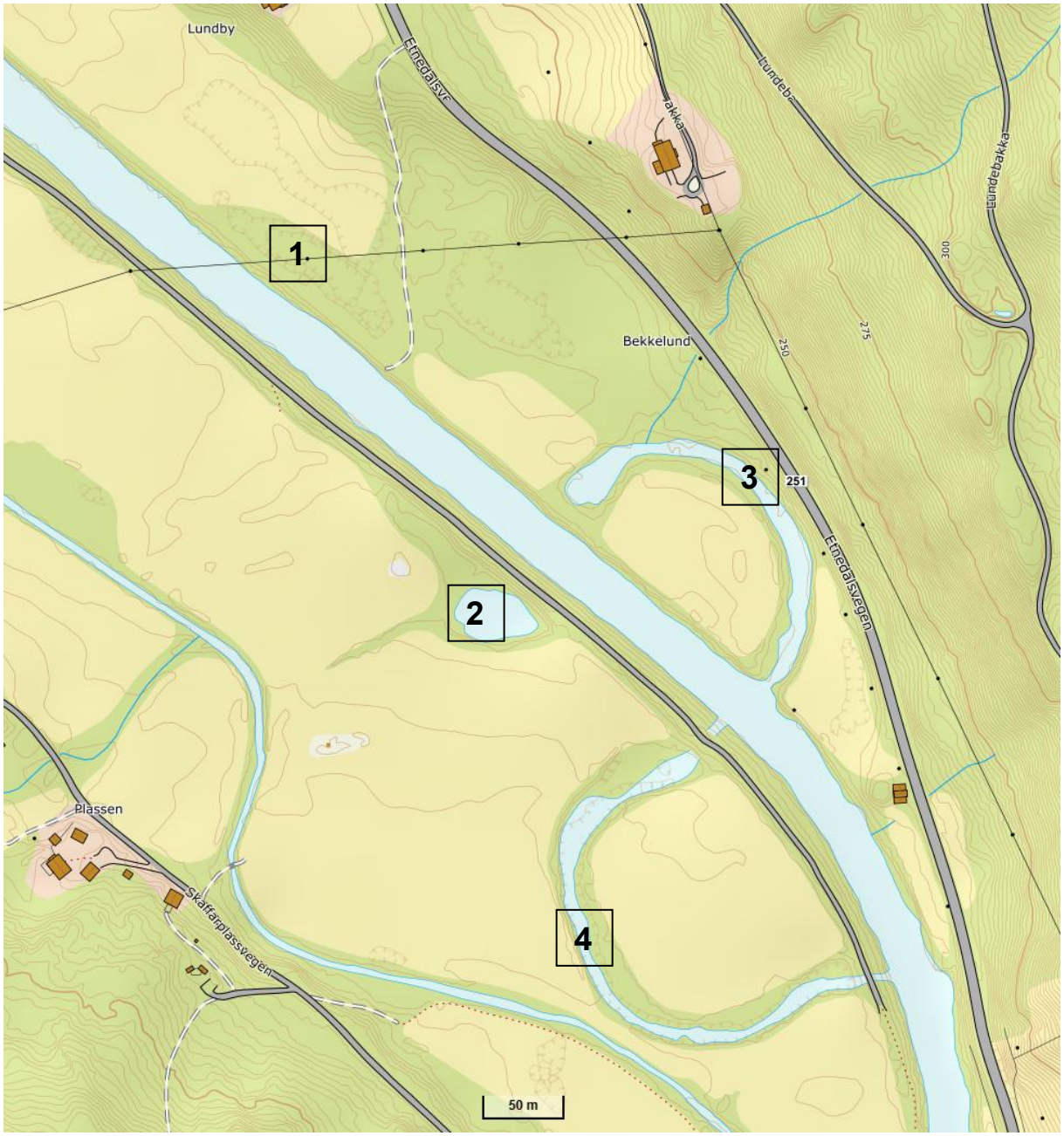
Også denne kroksjøen er såpass stor at den bør vurderes å restaurere som en sving av Etna sitt hovedløp. Det finnes også fortsatt noe gradient og påfølgende vannstrøm til å opprettholde god habitatkvalitet i det restaurerte løpet. Det ble ikke observert synlig elvesubstrat på bunnen, men sannsynligheten er stor for at dette eksisterer under mudderlaget. Eventuelt kan også denne kobles til som et sideløp via rør eller kulvert. En ny flomvoll rundt denne kroksjøen kan innebære at man må flytte løpet i bekken i bakkant vest for kroksjøen (Dølstogobekken, synlig i Figur 47 og Figur 50). Denne bekken er uansett kanalisert, og de nedre delene ser ut til å bare være grøftet ut for drenering. Bekken kan derfor ved gjennomføring av tiltak heller ledes inn i den restaurerte kroksjøen, slik den også munnet ut historisk.



Figur 50. Skisse av tiltaksområdet med supplerende feltobservasjoner.

1.7.7 Kroksjøer (4 stk) ved Bekkelund

Ved Bekkelund, omtrent 500 meter nedstrøms Lundby, finnes det klare spor etter den tidligere meandrerende Etna i form av tre avskjærte elvesvinger som har noe vanndekt areal, hvorav to befinner seg på vestsiden og én på østsiden av elven. Figur 51 viser en oversikt med nummerering av kroksjøene i dette området. Disse er per nå kunstige kroksjøer på utsiden av flomvollen, men en av dem (nr. 3) har åpent utløp mot Etna. I tillegg finnes en fjerde fordypning (nr. 1) på østsiden av Etna som nå ikke holder vann, men som er synlig i terrenget og på historiske bilder etter etablering av flomvollen (Figur 52). Det ble observert stående vann i de to største kunstige kroksjøene (nr. 3 og nr.4). Det ble også observert noe naturtypisk elvebunn langs breddene i den største kroksjøen på vestsiden av Etna (nr. 4), samt enkelte steiner mot utløpet av den nest største som ligger på østsiden (nr. 3). Disse to største kroksjøene er henholdsvis ca. 400 og 280 meter lange. Hver av de to mindre kroksjøene (nr. 1 og nr. 2) har omtrent 160 meters lengde oppmålt langs fordypning og trelinje der det antas at elveløpet har gått.



Figur 51. Kart som viser lokasjonen av de fire kunstige kroksjøene ved Bekkelund (hentet fra: norgeskart.no).



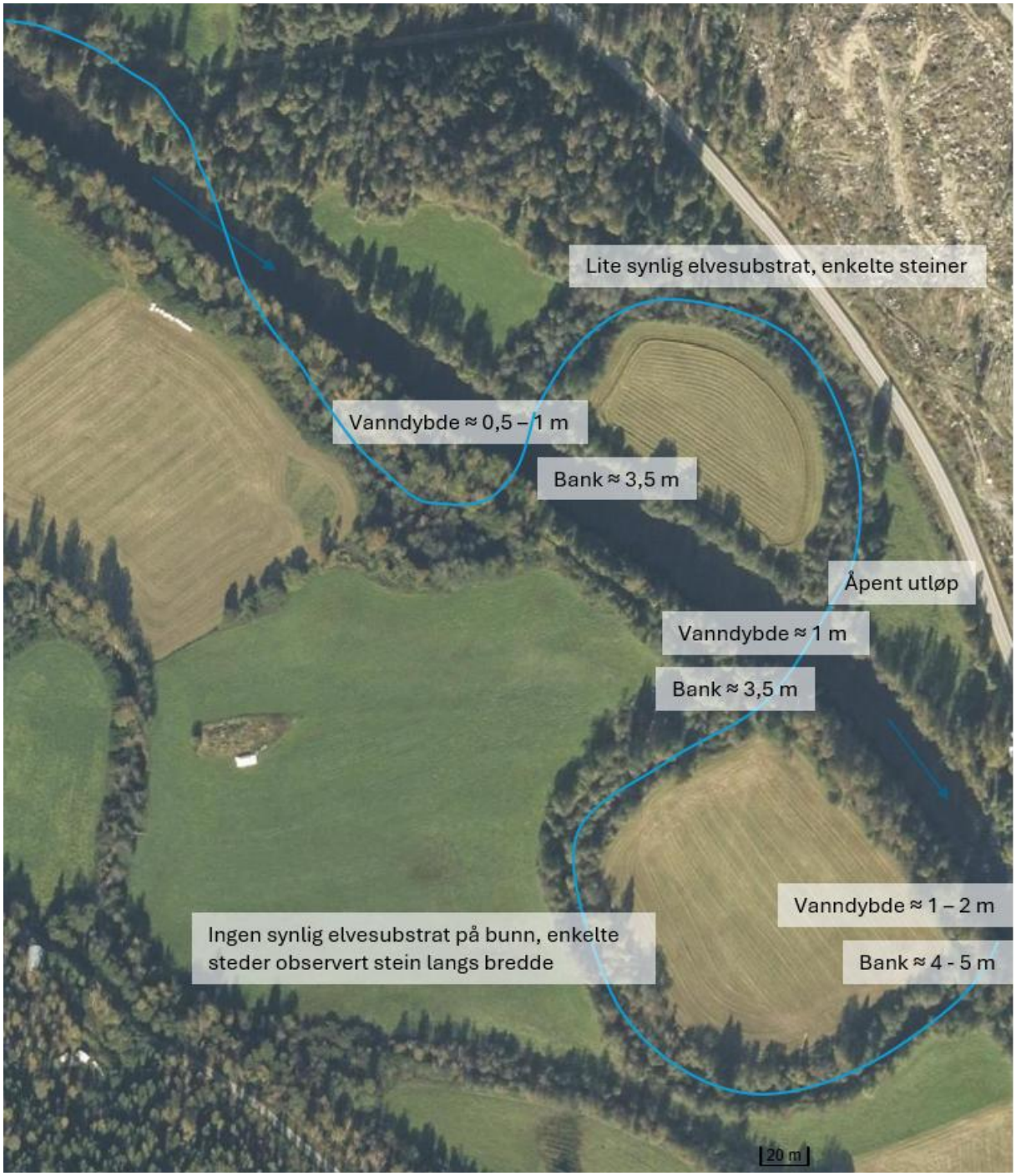
Figur 52. Flyfoto av området fra 1958 og 2024 (hentet fra: finn.no/kart).





Figur 53. Eksempelbilder fra inne i de to største av kroksjøene ved Bekkelund.

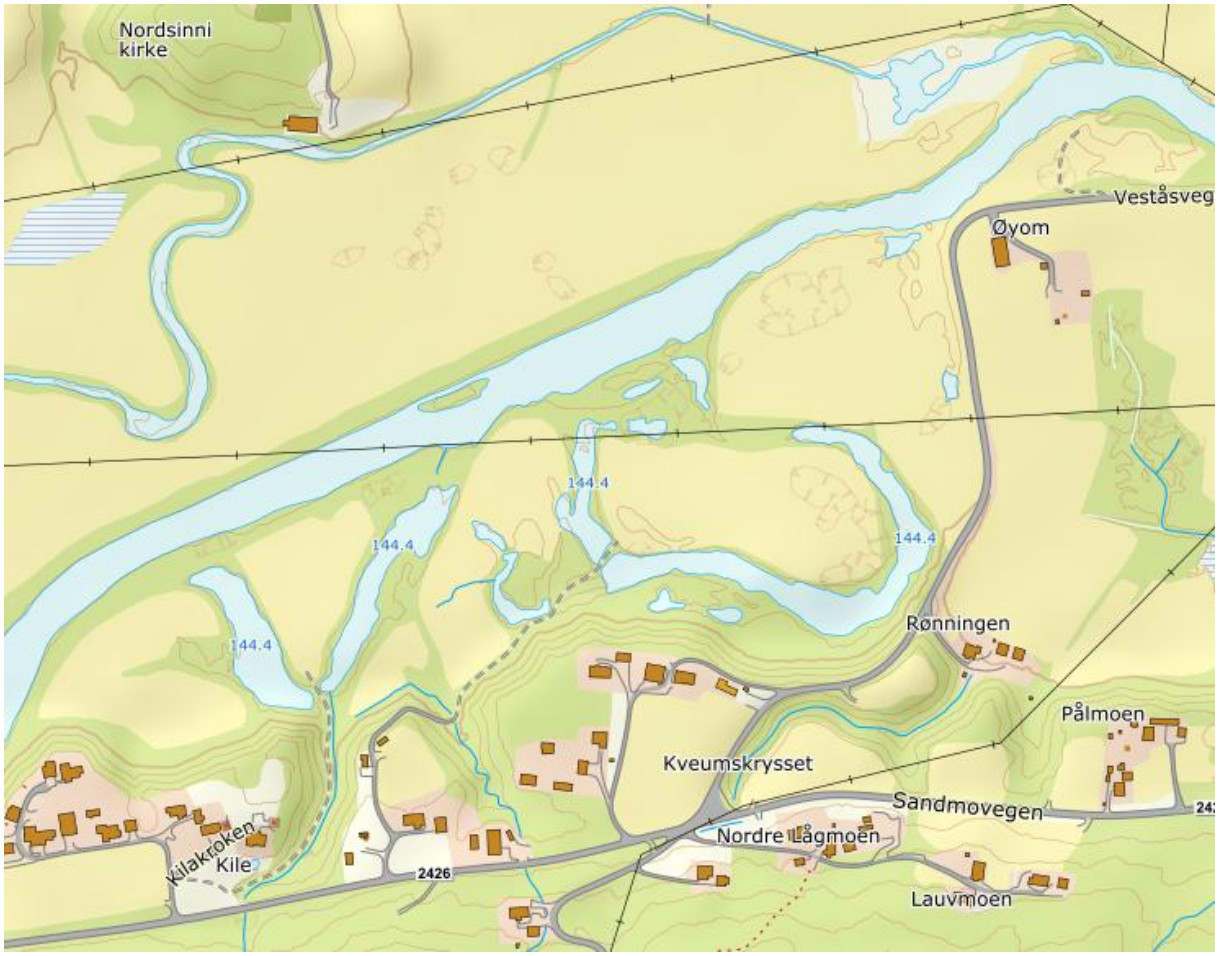
Her foreligger en unik mulighet til å gjennomføre et restaureringstiltak med relativt få utfordringer. Det omkringliggende arealet er jordbruksområder, men det finnes ingen bygninger som kommer direkte i konflikt med tiltaket. Utover jordbruksområder finnes kun kjøreveien på flomvollen langs vestsiden av Etna, som uansett opphører ved enden av den nederste kroksjøen i området. Etna bør remeandreres inn i de historiske meanderne over hele denne strekningen, men særlig inn i kroksjø nr. 3 og nr. 4. Figur 54 viser en skisse av området med forslag til trasé.



Figur 54. Skisse av tiltaksområdet ved Bekkelund med supplerende feltobservasjoner.

1.7.8 Kroksjø ved Øyom

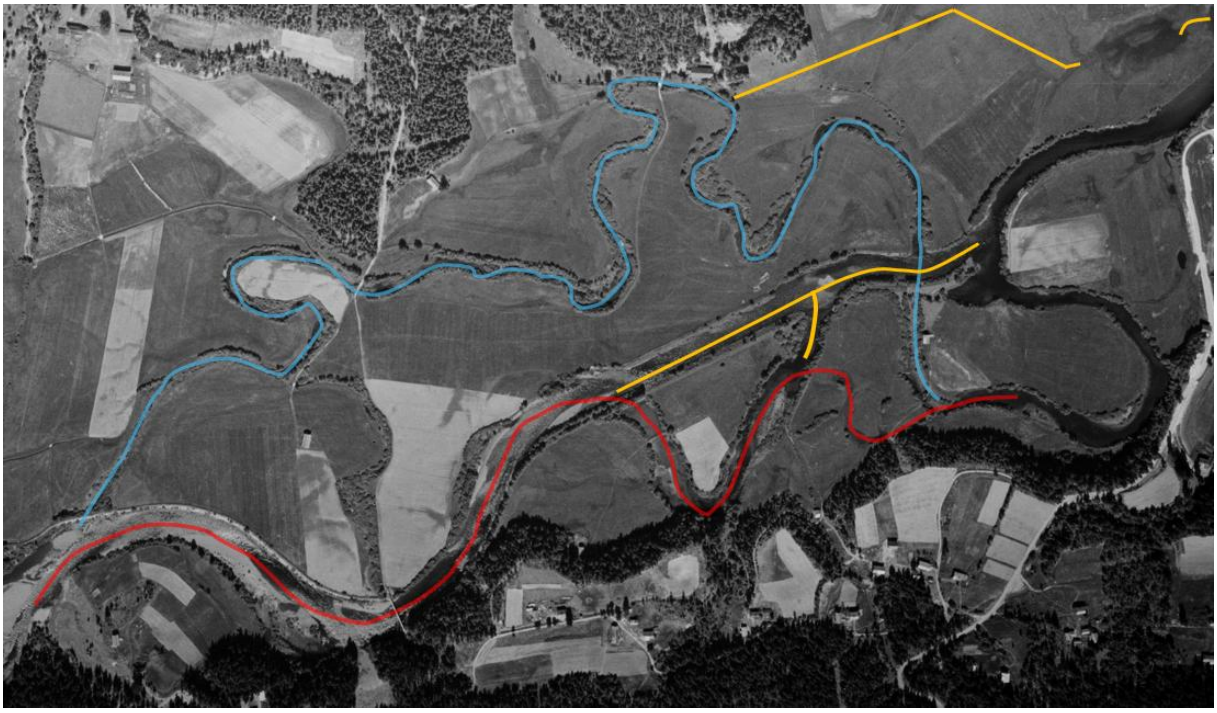
På sørsiden av Etna, omtrent 300 meter oppstrøms Øyom, finnes det to kroksjøer (Figur 55). Disse er skapt ved at det er etablert et kunstig og utrettet hovedløp og meandere er avskåret. Dette er vist med historikk og antatte endringer i vassdragsmorfologien i Figur 56 og Figur 57.



Figur 55. Kart som viser lokasjonen av de kunstige kroksjøene oppstrøms Øyom (hentet fra: norgeskart.no).



Figur 56. Kroksjø oppstrøms Øyom sett på flybilde fra 1947 (venstre) og 2022 (høyre). I 1947 var bredden allerede sikret og delvis utrettet, og utløpene av kunstige kroksjøer var fortsatt åpne. Merk også sidebekken/sideløpet som slynger seg i terrenget på nordsiden av elven på det eldste bildet. Denne ser ut til å ha gått som et sideløp med delvis vanntilførsel fra Etna, og er nå kanalisert og ledet lenger nedstrøms mot broen.



Figur 57. Skisse over slik det ser ut til at elven har gått i dette området ut ifra spor i terrenget, kunstig rette linjer og typiske meandere. Den røde linjen indikerer historisk hovedløp, den blå linjen indikerer historisk sideløp og de oransje linjene viser kunstige menneskeskapte elvestrekninger (dagens løp). Merk at både hovedløpet og nedre deler av sideløpet er kanalisert og endret.



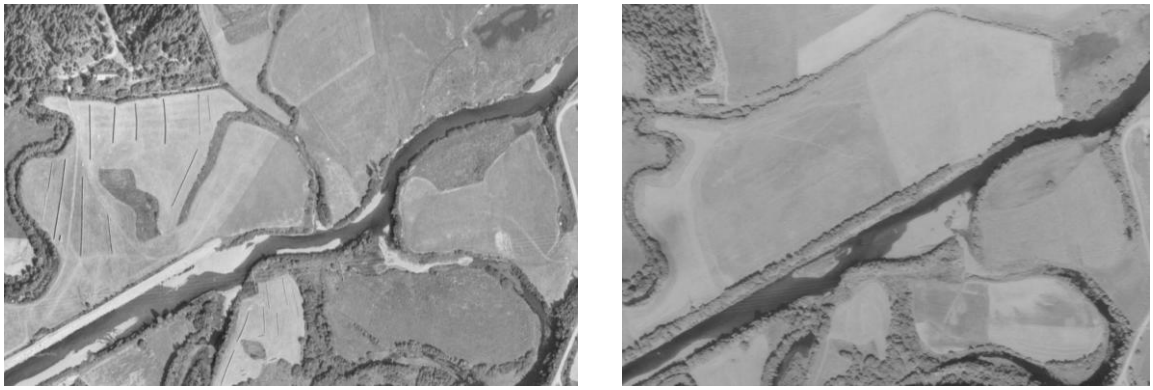




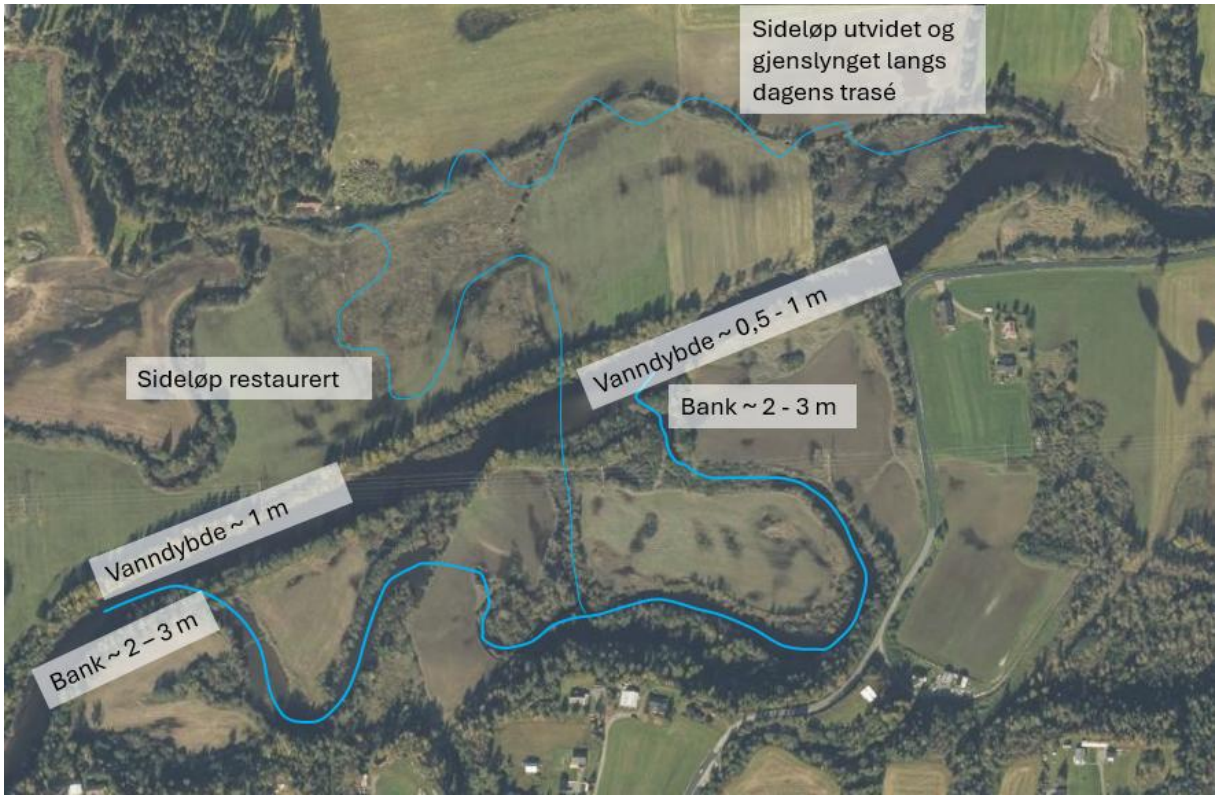
Figur 58. Bilder fra inne i kroksjøene oppstrøms Øyom. Kroksjøene var helt islagte på befaringstidspunktet, da det vanndekte arealet er helt stillestående.

Her kan det historisk meandrerende elveløpet av Etna restaureres ved å tilkoble kroksjøene til dagens elveløp. Dette vil skape større areal og større variasjon i habitater enn dagens kanaliserte strekning. Elvebunnen inne i kroksjøen var umulig å observere på kartleggingstidspunktet, men etter all sannsynlighet finnes det naturlig elvebunn i de uberørte delene av kroksjøen. Strekningene som er fylt igjen vil imidlertid kreve utlegg av naturtypisk substrat etter at elveløpet er gravd ut igjen (restaurert), da det er vanskelig å kun grave bort de tilførte massene. Siden omfanget av massetilførselen er ukjent, anbefales det derfor at man først graver ut hele løpet og så ser an massebehovet etter at vannmassene har renset det opprinnelige substratet for finstoff. Da kan man supplere i områder hvor det er ansett som nødvendig i samme omgang som man tilfører elvemasser til strekningene som må graves ut av jordet.

Sidebekken som renner på nordsiden av elven bør også restaureres over de kanaliserte nedre delene. Her er det kjent at det er problematikk forbundet med drenering av jorder. De utrettede nedre delene av bekken fremstår som smale kanaler og kan være underdimensjonert i forhold til høye vannføringer i vassdraget. Forflytningen av bekkens utløp ble gjennomført en gang mellom 1969 – 1984. Bekken var kanalisert også i 1969, men hadde da utløp i samme område som på bilder fra 1947 (Figur 59). Bekken kan enten restaureres tilbake til sitt naturlige løp, eller man kan utvide og gjenslynge bekken i området hvor dagens løp befinner seg.



Figur 59. Flybilder av bekken fra 1969 (venstre) og 1984 (høyre). Bekken er allerede kanalisert i 1969 og man ser kun rester av de historiske meanderne, men utløpsområdet er da samme sted som i 1947. I 1984 er bekkens utløp flyttet lenger nedstrøms via en smal og snorbein kanal.

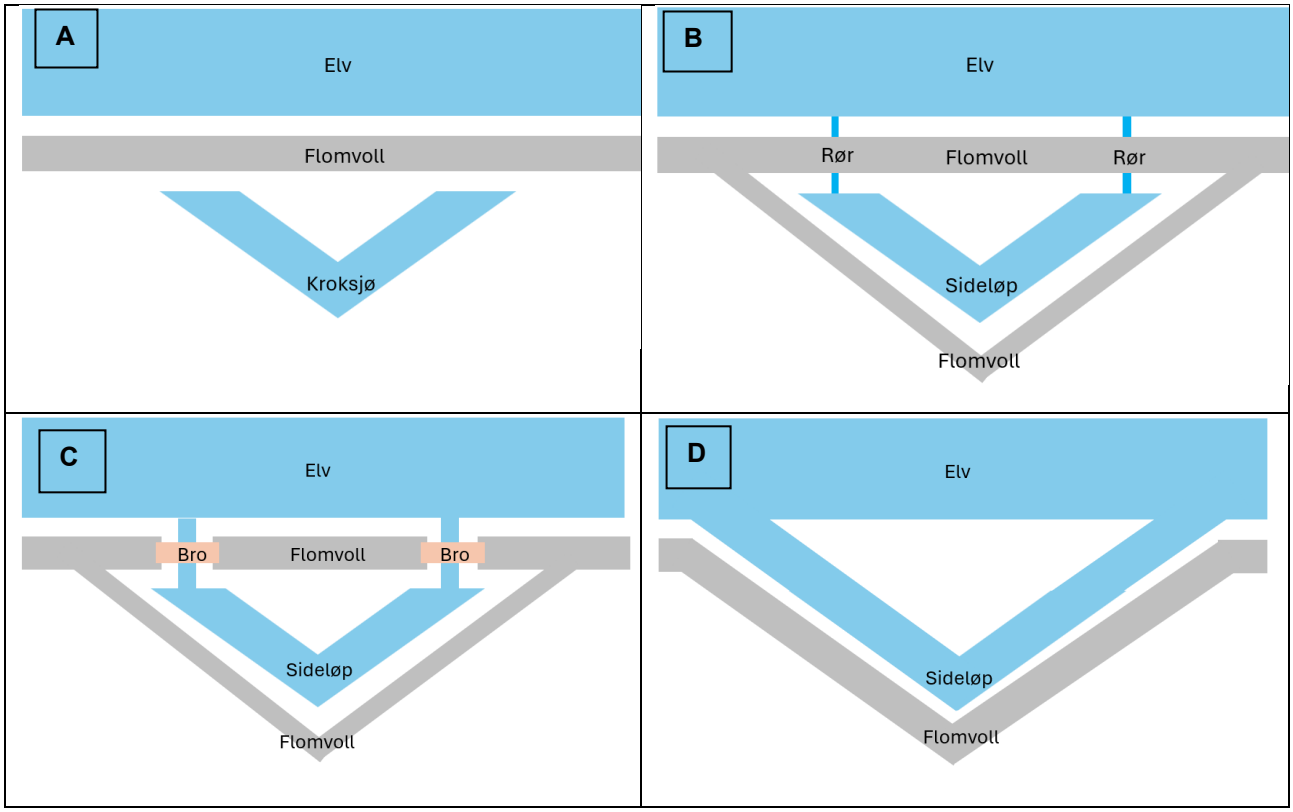


Figur 60. Skisse av tiltaksområdet med observerte feltparametere. For oversiktens skyld er også de to alternativene for sidebekken tegnet inn, dvs. med full restaurering tilbake til naturtilstanden i 1947 og med en forenklet utvidelse og gjenslynging av dagens løp.

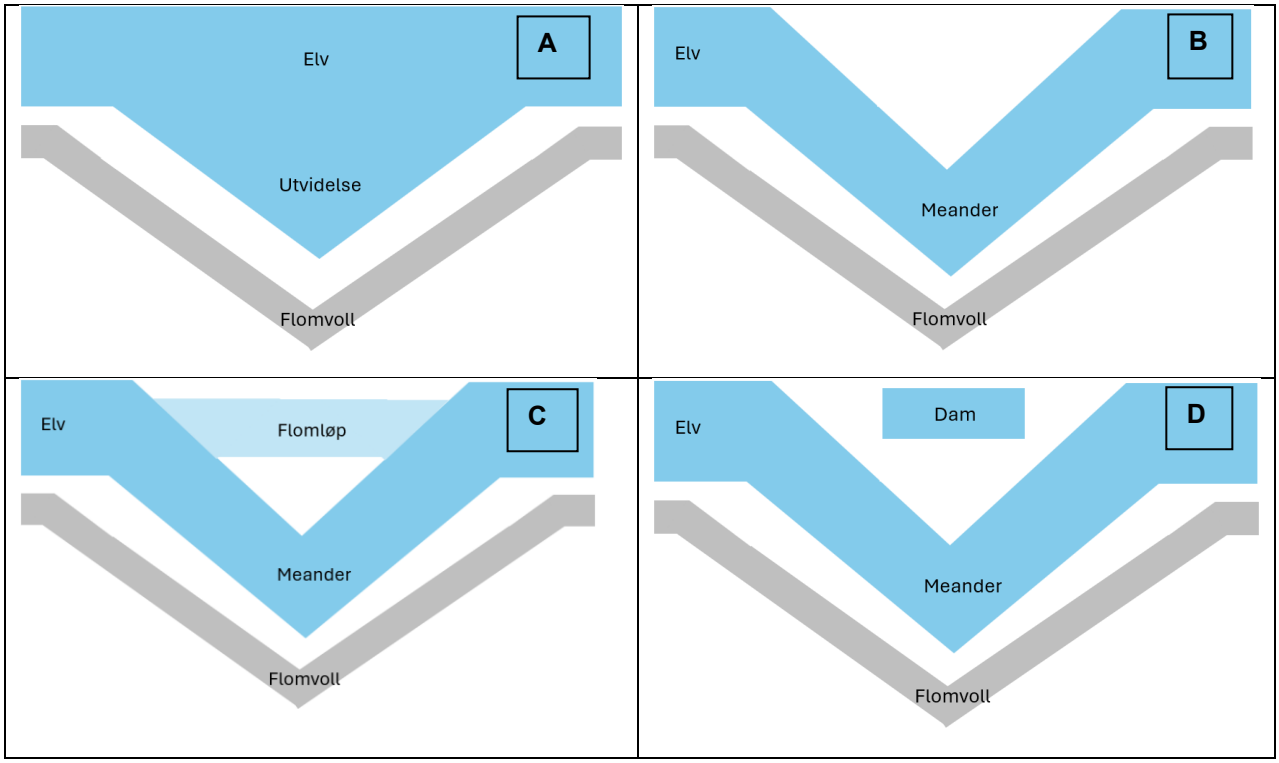
1.7.9 Tilpasninger og generelle betraktninger ved gjenåpning av kroksjøer

Tilkoblingsalternativer
Ved utførelse av tiltakene beskrevet i det overnevnte er det flere forhold som må tas i betraktning. Kroksjøene kan som nevnt åpnes på flere ulike måter. Samtlige metoder krever sannsynligvis en flomvoll langs kanten av sjøen, dersom dagens arealbruk og flomsikkerhet skal opprettholdes. Kroksjøene kan tilkobles som sideløp via rør eller kanal/kulvert/bro, eller som utvidelser av elveløpet eller naturlige meandere. Her presenteres enkle skisser som beskriver prinsippene for de ulike metodene for gjenåpning.

Endelig valg av tilkoblingsmetode kan avhenge av hva som er praktisk gjennomførbart i de enkelte delområdene, men samtlige mulige alternativer skisseres generelt i dette underkapitlet, slik at de lettere kan diskuteres i neste kapittel vedrørende oppsummering og anbefalinger. Prinsippskisser av alternative løsninger ved utforming som mindre sideløp er vist i Figur 61 mens prinsippskisser av alternative løsninger ved utforming av kroksjøene som hovedløp er vist i Figur 62.



Figur 61. Prinsippskisser for ulike alternativer der kroksjøene påkobles som sideløp.
A: dagens situasjon med flomvoll mellom kunstig kroksjø og elv. B: Kroksjøen påkoblet elven via rør gjennom dagens flomvoll og ny flomvoll etablert i ytterkant av sideløpet. C: Kroksjøen påkoblet elven via kanal/kulvert med broløsning over slik at kjørevei opprettholdes. D: Elven påkoblet som et mer naturaktig sideløp der hele dagens flomvoll rives og ny flomvoll etableres i bakkant.



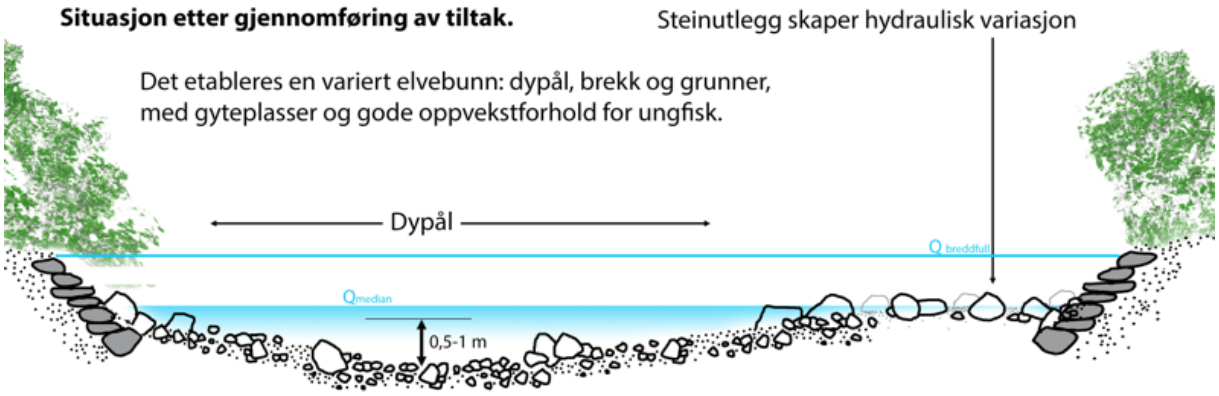
Figur 62. Prinsippskisser for ulike alternativer der kroksjøene tilkobles som hovedløp av Etna. A: Kroksjøen etableres som en utvidelse av elven, dagens flomvoll rives og ny flomvoll etableres i ytterkant. B: Kroksjøen etableres som meander av hovedløp, dagens flomvoll rives, dagens hovedløp legges om inn i kroksjøen og arealet er tilgjengelig for annen bruk. C: Likt som alternativ B bare at dagens elveløp benyttes som flomløp. D: Kroksjøen etableres som meander, dagens løp blir en kroksjø/dam.

Terrengtilpasninger

Avhengig av hvordan tiltakene er mulig å gjennomføre i hvert enkelt delområde, er det ulike behov for terrengtilpasninger inne i kroksjøene. Elvebunnen i Etna kan være senket over store områder, og befinner seg derfor delvis lavere i terrenget enn elvebunnen inne i kroksjøene. Ved tilkobling som sideløp vil behovet for utforming av løpene være relativt lite, men ved tilkobling som meander/hovedløp må også kroksjøene dimensjoneres slik at de minst har samme avløpstverrsnitt som dagens løp. Dette for å unngå en potensiell forverring av dagens flomsituasjon.

Ved utforming av elveløp er det viktig at dette gjennomføres så naturaktig som overhodet mulig. Elveløpet bør utformes med variert dybde med dypål, brekk og rikelig med rom for grunnområder. Ved utforming bør man altså ha varierende vannføring i tankene, slik at det er rom for at grunnere deler av elvesengen ligger tørr ved lavere vannføringer (Figur 63). For å opprettholde flomsikkerhet bør løpet sikres i ytterkant med voller, men det er ønskelig og en stor miljømessig fordel at elvesengen kan utvikle seg dynamisk innenfor vollene. Alt arbeid med utvidelse og tilpasning av kroksjøene kan gjøres tørt i forkant av en eventuell påkobling og gjenslynging. Kantvegetasjonen er også svært god i områdene rundt kroksjøene og det er ønskelig å opprettholde mest mulig av denne.

Et eksempel på denne typen arbeid finnes i Espedal mfl. (2024). Her ble deler av Forsandåna i Rogaland lagt om i nyetablerte elveløp. Dette innebar utforming av nye elveløp med elvestrekninger basert på prinsippene for naturrestaurering, med naturtypisk elvemorfologi, bred flomsone og mulighet for egendynamisk utvikling gjennom naturlige prosesser. Bakgrunnen og utgangspunktet for arbeidet var en annen enn i Etna, men arbeidet ble gjennomført med de samme prinsipper til grunn.



Figur 63. Prinsippskisse for utforming av elveløp med sikring i bakkant. Mer ujevn dybde og at hele løpet ikke er breddfullt på lav- og median vannføring.

Tiltak for å bedre habitat i tilkoblede kroksjøer
Noen av kroksjøene har delvis synlig naturlig elvebunn, mens i andre er den opprinnelige elvebunnen ikke synlig da den er tildekket av finsedimenter som følge av flere tiår uten vannstrøm og sedimenttransport. På sikt kan det kreves tiltak utover selve tilkoblingen av løpene, for å fullt ut utnytte potensialet i det nytilførte elvearealet. Med dette menes tiltak i form av for eksempel utlegg av naturtypiske masser (grus/stein/blokk) og finjusteringer av terreng for å bedre hydromorfologisk variasjon. Før tilkobling er det vanskelig å komme med konkrete tiltak i forbindelse med dette. I kroksjøer eller deler av kroksjøer hvor det ikke ble observert naturlig elvebunn under kartlegging, kan denne komme frem i forbindelse med selve åpningen/terrengtilpasningen av løpet eller ved fremtidige flommer som passerer gjennom løpet etter tilkobling. Det anbefales derfor at man i første omgang kobler til de anbefalte kroksjøene og senere ser an behovet for ytterligere tiltak etter en «innkjøringsperiode» i det nytilførte løpet.

1.8 Oppsummering og anbefalinger

Etna nedstrøms Lunde bru til kommunegrensen mot Nordre Land, er kategorisert som tilstand «dårlig» under kvalitetselement hydromorfologi. Dette er begrunnet den omfattende kanaliseringen av elvestrekningen. På strekningen mellom kommunegrensen og ned til samløp med Dokka er tilstanden klassifisert som «moderat». Også her er det kanalisert som trekker ned tilstanden. Disse kategoriseringene stemmer godt overens med vurderingene gjort i den inneværende kartleggingen av vassdraget. Mens strekningene oppstrøms Høljerast er svært preget av kanalisering og har en rekke avskjærte meandere, finnes det langt færre slike mellom Høljerast og Dokka. Dette gjenspeiles da følgelig også i potensialet for habitatforbedrende tiltak over de to strekningene.

Som nevnt også i Espedal mfl. (2026) er det ikke dokumentert i vann-nett nøyaktig hvordan vurderingen av tilstand er gjort. Dette gjør at det er vanskelig å vurdere effekten av våre tiltak i forhold til hvor mye de vil forbedre dagens tilstand i forhold til den foreliggende vurderingen. Vurderingen er sannsynligvis en subjektiv vurdering av dagens tilstand av strekningene.

Særlig på strekningen mellom Lunde bru og Høljerast finnes det stort potensiale for å forbedre elvemorfologien, og dermed også den økologiske tilstanden. På strekningen ned mot samløp med Dokka finnes det særlig ett område (oppstrøms Øyom) som er egnet for tiltak som kan bedre forholdene i særlig grad.

Tiltaksforslagene i denne rapporten vil forbedre forholdene på den øvre halvdelen av strekningen mellom Lunde bru og Høljerast, samt for strekningen mellom Leppa og Øyom som er den eneste av de tre parsellene nedstrøms Høljerast som bærer preg av fysiske inngrep. Nedenfor finnes en enkel oppsummerende tabell med hensyn på gevinst av elvestrekning ved utførelse av de anbefalte tiltakene (

Tabell 5). Viktigere enn elvelengde er imidlertid habitatkvalitet i elven. Ettersom områdene har ligget avskjært i mange tiår bør man her behandle områdene ut ifra en forventning om potensiell habitatkvalitet etter gjennomføring av tiltak. En meandrerende elvestrekning vil ha større variasjon i både strømhastighet, vanndyp, substrat, og dermed et mer variert og bedre habitat enn hva en kanalisert strekning har.

Fra et miljøperspektiv anbefales full remeandrering av hovedløpet gjennom de avskårne kroksjøene, det vil si alternativ B, C eller D i Figur 62. Disse løsningene forventes å gi størst biologisk og miljømessig gevinst ved å gjenopprette et mer naturlig elveløp, øke den hydromorfologiske variasjonen og bedre habitatforholdene. Ettersom kostnadsforskjellen mellom full remeandrering og etablering av sideløp antas å være begrenset, vurderes full remeandrering som det mest fordelaktige alternativet isolert sett fra et miljøfaglig ståsted.

Fra et flomperspektiv anbefales det imidlertid å opprettholde den hydrauliske kapasiteten i dagens hovedløp, fremfor å redusere dette til et sekundært flomløp. Dette gir større robusthet ved flom og reduserer risikoen for lokal og oppstrøms heving av vannstanden. Den flomfaglige begrunnelsen er nærmere omtalt i kapittel 3.2. Ut fra hensynet til flomsikkerhet anbefales derfor at kroksjøene kobles til som sideløp, det vil si alternativ B, C eller D i Figur 61.

For å opprettholde dagens flomsikkerhet og arealbruk vil det som hovedregel være nødvendig å etablere nye flomvoller i ytterkant av de tilkoblede kroksjøene. Dette gjelder både dersom kroksjøene kobles til Etna som sideløp, og dersom hovedløpet remeandreres gjennom de historiske elvesvingene. De aktuelle alternativene i Figur 61 og Figur 62 innebærer dermed at tidligere deler av elveløpet gjenåpnes, samtidig som flomsikringen flyttes ut til ytterkanten av det restaurerte området. De nye flomvollene bør så langt som mulig trekkes tilbake fra elveløpet, slik at det etableres tilstrekkelig rom for naturlig og egendynamisk utvikling av elveseng, kantsoner og elveslette innenfor det sikrede arealet. Dette vil gi en mer robust løsning og øke den miljømessige gevinsten uten å redusere flomsikkerheten for omkringliggende arealer.

Habitatkvaliteten for fisk og da særlig for ørret, vil i stor grad avhenge av hvilket bunnsubstrat som eksisterer inne i løpene. Dette er varierende og veldig vanskelig å observere ved dagens tilstand, ettersom løpene har stått avskjært i lang tid og det har avsatt seg finsedimenter over det naturlige bunnsubstratet. Meanderne gir imidlertid stort rom for senere å utføre supplerende tiltak i form av utlegg av stein og grus dersom dette ikke finnes i kroksjøene. Remeandrering av hovedløpet inn i kroksjøene vil også gjøre det langt enklere å opprettholde habitatkvaliteten over tid, ettersom bunnsubstratet vil renses bedre ved flommer enn dersom bare noe av vannet ledes inn i kroksjøene. En løsning med kroksjøene som sideløp vil altså være vanskeligere å opprettholde gode habitatforhold for fisk i, grunnet mindre vannføring og energi. Hvor bra habitatforholdene kan utarbeides og vedlikeholdes i en løsning med dagens kroksjøer som sideløp vil avhenge av hvordan eventuelle inntak dimensjoneres. En løsning med kroksjøene som sideløp til Etna vurderes likevel til å være en bedre løsning enn dagens kanal, da også dette ville tilført mer tilgjengelig habitat for akvatiske organismer som lever i elven, samt at også sideløp vil bryte opp kanaliseringen og skape variasjon.

*Tabell 5. Tiltaksliste som viser de ulike tiltaksområdene med lengde av dagens elvestrekning i området, lengde av en eventuell meander, gevinst i elvestrekning og anbefalt prioritet i forhold til forbedret fiskehabitat. *Lengdene oppgitt for sidebekken oppstrøms Øyom er kun over den nedre kanaliserte delen.*

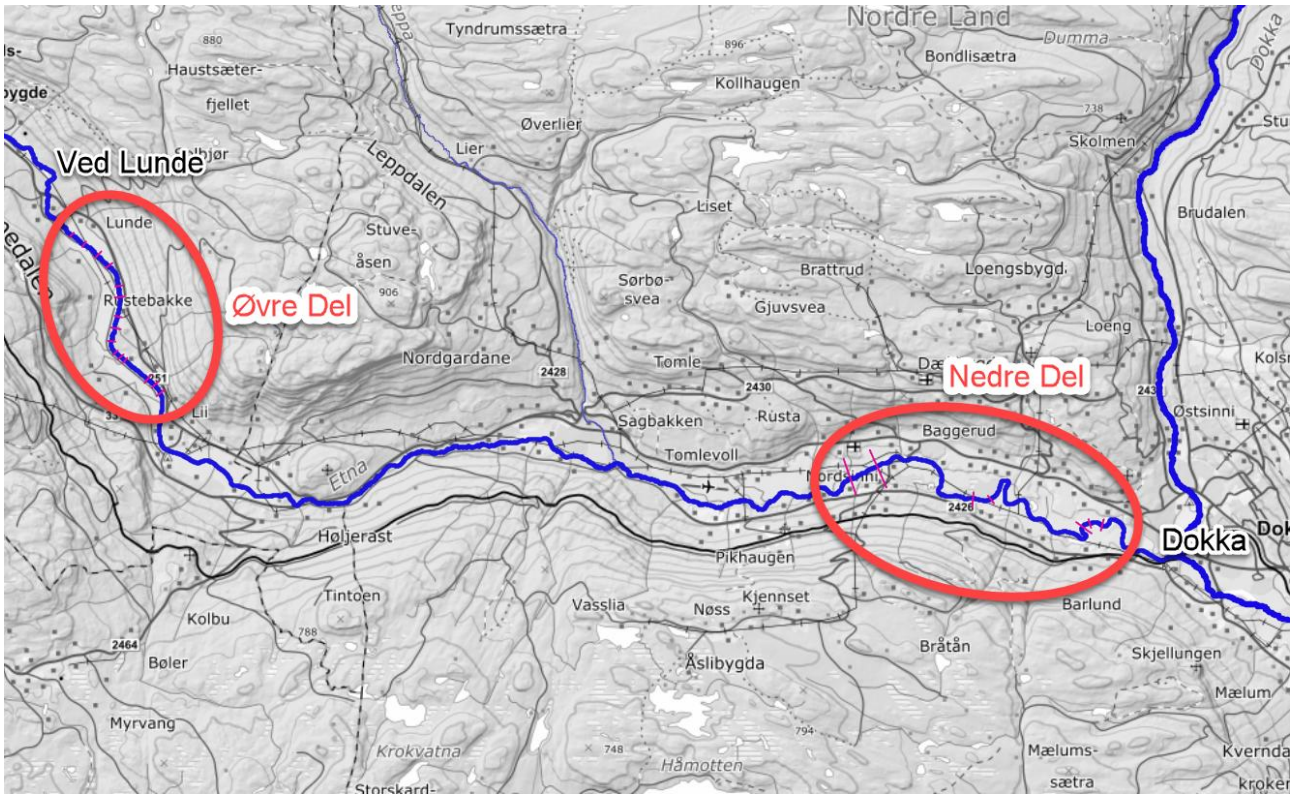
Tiltak	Lengde elv ved nåtilstand [m]	Lengde meander [m]	Økning elvestrekning på stedet [m]	Økning elvestrekning på stedet [%]	Prioritet
Lunde/lybekk	240	250	10	4	3
Nylåveenge	160	200	40	25	2
Rustebakke	180	200	20	11	3
Lundbyhaugen	180	200	20	11	3
Groin	160	400	240	150	1
Lundby	80	300	220	275	1
Bekkelund 1	120	160	40	33	2
Bekkelund 2	100	160	60	60	2
Bekkelund 3	150	280	130	87	1
Bekkelund 4	190	400	210	111	1
Oppstrøms Øyom	460	1100	640	140	1
Sidebekk Øyom	580*	690	110	19	3
Alle tiltak	**2600**	**4340**	**1740**	**67**	

Dersom man får gjennomført tiltak i form av å koble på igjen de kunstige kroksjøene mellom Lunde/Lybekk og Bekkelund får man restaurert en god del av morfologien over omtrent 50 % av segmentet mellom Lunde bru og Høljerast. Tilkobling av kroksjøene oppstrøms Øyom vil også gjenskape mye av elvemorfologien i denne parsellen (Leppa – Øyom) som er den eneste som bærer synlig preg av kanalisering i områdene nedstrøms Høljerast. Ettersom tiltakene trolig fordrer etablering av nye flomvoller vil man ikke få restaurert hele dynamikken og elveslette/flomsone, men ny flomvoll gir også mulighet til å gi elven bedre plass for flomvann dersom grunneiere stiller seg villige til dette. Størst positiv effekt for habitatet, samtidig som man hensyntar flomrisikohåndtering, vil man oppnå dersom man benytter miløvennlige flomsikringsmetoder. I denne sammenhengen vil dette medføre å legge de nye flomvollene langt nok borte fra elven til at den får plass til å ha utforme og utvikle seg dynamisk innenfor gitte rammer, altså en tilbaketrukken flomsikring. Vassdraget kan da ha naturtypiske bredder innenfor avgrensningen som flomvollen utgjør, og elven kan da både forflytte masser, erodere og delvis endre løpet, uten økt risiko for flomskader.

2 Hydrologisk grunnlag for hydrauliske beregninger

De foreslåtte restaureringstiltakene er videre vurdert hydraulisk for å belyse hvordan de kan påvirke vannstand, flomutbredelse og strømningsforhold i Etna. Beregningene bygger på tiltaksforslagene i kapittel 1, der flere tiltak innebærer gjenåpning av kroksjøer, remeandrering og økt kontakt mellom elveløpet og tilgrensende flomarealer.

Det er gjennomført hydrauliske beregninger for to hovedområder, vist i Figur 64. Det første området ligger fra nedstrøms Lunde bru til Etna camping (Øvre del heretter), mens det andre ligger oppstrøms samløpet med Dokka (Nedre del heretter).



Figur 64: Oversikt over tiltaksområder.

2.1 Flomberegning

Flomverdiene som benyttes som utgangspunkt for de hydrauliske beregningene er hentet fra NVEs flomberegning for Dokka og Etna fra 2024 (NVE, 2024). I NVE-rapporten er beregningene klassifisert i klasse 2, som tilsvarer et brukbart hydrologisk datagrunnlag med observasjoner i eller nært vassdraget. Tabell 6 viser beregnede kulminasjonsverdier for Etna før samløp med Dokka, Dokka før samløp med Etna, samt vannstand i Randsfjorden ved kulminasjon i Dokkavassdraget. Tabellen omfatter middelflom og ulike returperioder.

I tillegg til flommer med gitte returperioder er det gjennomført hydrauliske beregninger for normalavrenning og mindre, hyppigere flommer. Rapporten omhandler ikke dimensjonering av flomsikringstiltak etter designflommer, men vurderer effekten av restaureringstiltak ved ulike vannføringsnivåer. Tabell 7 viser normalavrenning for Etna og Dokka basert på verdier fra NVEs NEVINA-verktøy. Beregning av små flommer (sub-årlige varighetsnivåer) for Etna er beskrevet i de påfølgende delkapitlene.

Tabell 6: Flomverdier (kulminasjon) i Dokkavassdraget. Hentet fra (NVE, 2024).

Utrekningspunkt	Q_M (m³/s)	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
Etna før samløp	194	296	339	397	441	488	550	600
Dokka før samløp	126	203	232	275	543	620	723	805
Randsfjorden ved kulminasjon i Dokkavassdraget	134,8	134,8	134,8	134,8	135,3	135,3	135,3	135,3

Tabell 7: Normalavrenning. Hentet fra NVE sin NEVINA verktøy.

Utrekningspunkt	Areal (km²)	1991-2020 (Q_N) (l/s/km²)	1991-2020 (Q_N) m³/s
Etna før samløp	926	16,3	11,8
Dokka før samløp	1126	19,1	21,5

2.1.1 Datagrunnlag og forutsetninger

Vi benytter døgnverdier (m³/s) fra stasjonen 'Etna 12.70.0' og skalerer til ønsket nedbørfelt ved hjelp av en restfelt-tilnærming. Restfeltet (arealet nedstrøms stasjonen) beregnes som stasjonens månedlige median spesifikke avrenning (l/s/km²) og legges dag-for-dag til den observerte døgnserien. Denne tilnærmingen bevarer målt døgnvariabilitet ved stasjonen og gir et sesongmessig realistisk bidrag fra nedstrøms areal.

- **Stasjon/serie**: Etna 12.70.0 (døgnverdier, m³/s).
  - Dataserie = fra 1919 til 2025 (106 år)
  - Totalt feltareal = 568,5 km²
  - Normal årsavrenning = 17,4 l/s km² (~10 m³/s)
  - Kurvekvalitet (liten vannføring) = Bra
  - Fysiske forhold for vannstandsregistrering og vannføringsmåling (liten vannføring) = Bra
- **Nedbørfeltstørrelse**: 926 km² (Etna før samløp).
- **Vannår:** Oktober–september for varighetsflommer og vannårsvis statistikk. Et vannår er en 12-månedersperiode som brukes i hydrologi. Grunnen til at man bruker vannår i stedet for kalenderår, er at det passer bedre med den hydrologiske syklusen i Norge.

2.1.2 Varighetsanalyse

For å beskrive flommer over ulike varigheter beregner vi sentrerte n-døgn middelverdier av vannføringen for n = 5, 15, 30 (~1 måned) og 90 (~3 måneder). At middelverdien er sentrert betyr at hvert punkt representerer gjennomsnittet av n påfølgende døgn med kulminasjonen omtrent midt i vinduet. Slik får vi et varighetsnivå som fanger den faktiske «styrken» i hendelsen over den aktuelle perioden, i stedet for kun et enkelt døgnmaks.

2.1.2.1 Sub-årlige returperioder

En n-døgn-nivå er det varighetsnivået som i gjennomsnitt overskrides 365/n ganger per år. Operasjonelt beregnes dette nivået som (1−1/n) -kvantilen av den sentrerte n-døgn-serien. For eksempel: for n = 5 døgn forventes overskridelse ca. 73,1 ganger per år; for n = 30 døgn (≈ 1 måned) ca. 12,2 ganger per år.

Tabell 8 angir altså n-døgn sentrert middel med den tilhørende sub-årlige returperioden, uten klimafaktor.

Tabell 8: Etna før samløp med Dokka (feltareal 926 km²) – sub-årlige returperioder.

Returnperiode	Flomverdi (m³/s)
5-døgn	20,4
15-døgn	45
1 måned	58,3

2.1.2.2 Per vannår

Kvantiler per vannår (oktober–september) synliggjør år-til-år-variasjon og gir et grunnlag for sesongjusterte terskler, drift og vurdering av stabilitet. For hvert vannår beregnes først (1−1/n) - kvantilen av den sentrerte n-døgn-serien. Deretter oppsummeres fordelingen av disse vannårsverdiene med:

- Median – typisk nivå per vannår.
- IQR (interkvartilområde = P25–P75) – spennet som fanger de midterste 50 % av vannårene.

Tabell 9: Etna før samløp med Dokka (feltareal 926 km²) – per vannår (oktober–september).

Returnperiode	Median (m³/s)	IQR (m³/s)
5-døgn	19,2	15,5 – 23,2
15-døgn	45	38,3 – 50,7
1 måned	57,9	49,8 – 67,3

2.1.2.3 Valgte vannføringer for hydrauliske beregninger

Resultatene fra de to metodene gir tilnærmet like vannføringer for de sub-årlige varighetsnivåene. For de hydrauliske beregningene er det derfor valgt avrundede verdier basert på en samlet vurdering av resultatene i Tabell 8 og Tabell 9. I tillegg er modellen testet for flere vannføringer mellom 1-månedsflomverdien på 58 m³/s og middelflom på 194 m³/s, for å undersøke hvordan tiltakenes hydrauliske effekt varierer med økende vannføring. Tabell 10 viser vannføringene som er benyttet i de hydrauliske beregningene.

Tabell 10: Flomverdier som ble brukt i analysen.

Returnperiode	Flomverdi (m³/s)
Qn	15
5-døgn	20
15-døgn	45
1-måned	58
Test-verdi	70
Test-verdi	100
Test-verdi	120
Q_M (Middelflom)*	194
Q_{20}*	339
Q_{200}*	488

** Hentet fra NVE-beregninger* (NVE, 2024)

3 Hydrauliske beregninger

Med utgangspunkt i det hydrologiske grunnlaget i kapittel 2 er det etablert hydrauliske modeller for å vurdere dagens situasjon og effekten av foreslåtte tiltak. Før de detaljerte resultatene presenteres, sammenlignes i kapittel 3.2 to prinsipielt forskjellige tiltaksutforminger: alternativ D i Figur 61, der kroksjøene tilkobles som naturlige sideløp mens dagens hovedløp opprettholdes, og alternativ C i Figur 62, der hovedløpet remeandreres gjennom kroksjøene mens dagens løp beholdes som flomløp. Sammenligningen viser at alternativ D i Figur 61 har større hydraulisk kapasitet og gir mindre risiko for lokal og oppstrøms vannstandsheving. Dette alternativet er derfor lagt til grunn for de detaljerte beregningsresultatene som presenteres i kapittel 3.3.

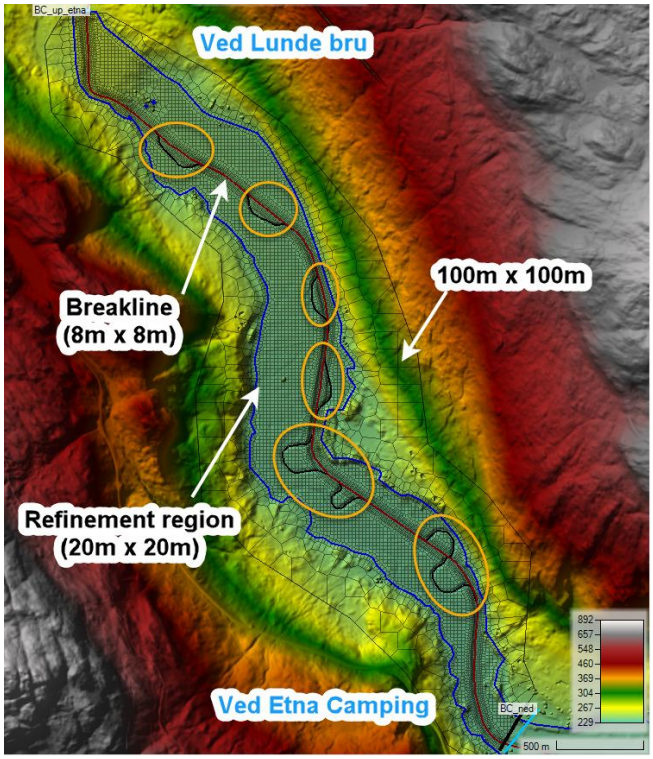
3.1 Modelloppsett

Det er etablert to 2D hydrodynamiske vannlinjemodeller for 1) for øvre del (fra ved Lunde til Etna camping) og 2) den nedre strekningen (fra Etna etter samløp med Leppa til mot Randsfjorden). Beregningsdomenet er lagt tilstrekkelig langt nedstrøms for hver analysestrekning slik at valget av nedre grensebetingelse ikke kunstig påvirker vannstandene innenfor det aktuelle analyseområdet.

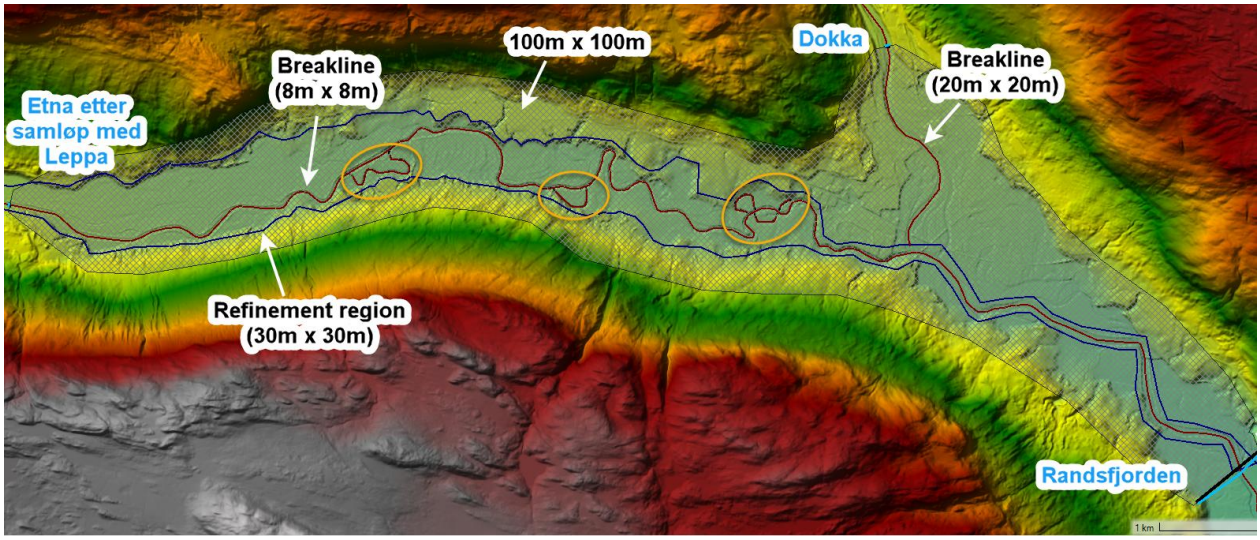
3.1.1 Datagrunnlag og geometri

Modellgrunnlaget består av en bunnkartlegging fra NVE for Etna og Dokka, oversendt fra Nordre Land Kommune. Datagrunnlaget består av 5 punkt pr m^2 med koordinatsystem Euref89 UTM32 og vertikalt datum «NN2000».

Modellen er kjørt med tidsskritt basert på Courant-tall på under 1 for å oppnå modellstabilitet. Ligningssettet SWE-ELM er benyttet for å beregne lokal akselerasjon. Det er benyttet en grunnleggende cellestørrelse på 100 × 100 m i modellen, med finere oppløsning langs elveløpene Etna og Dokka ved bruk av breaklines. Cellestørrelsene varierer innenfor modellen. Plassering av «refinement regions» og «breaklines» som orienterer cellene parallelt med linjen for bedre beregningsresultat, er vist i Figur 65 og Figur 66.



Figur 65: Geometrien som ble brukt i den øvre del av modellen. Cellestørrelser brukt i ulike deler av modellen samt plassering av grensebetingelser og breaklinjer. De gule sirkler viser tiltaksområder.



Figur 66: Geometrien som ble brukt i den nedre del av modellen. Cellestørrelser brukt i ulike deler av modellen samt plassering av grensebetingelser og breaklinjer. De gule sirkler viser tiltaksområder.

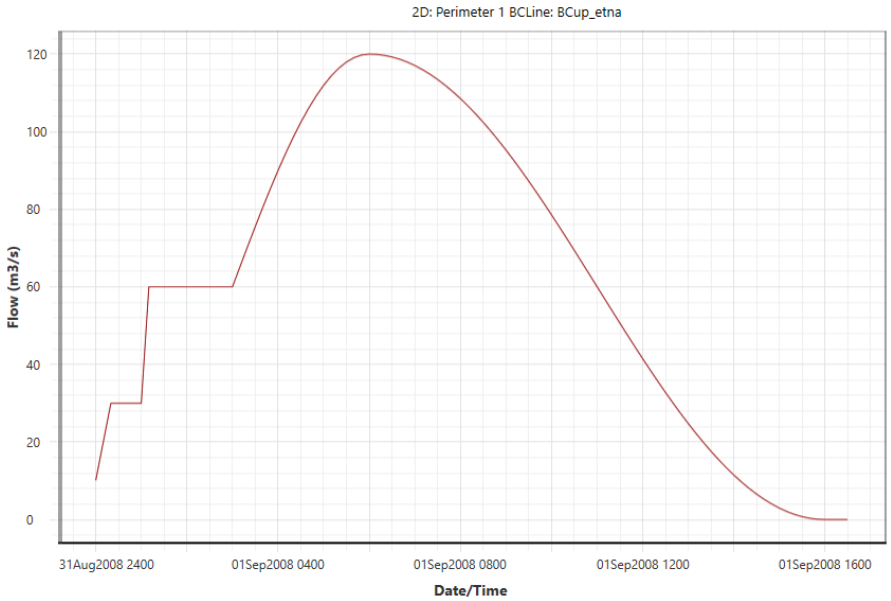
3.1.2 Grensebetingelser

Vannlinjemodellen for nedre del er definert med to oppstrøms grensebetingelser og én nedstrøms grensebetingelse. For Etna benyttes et flomhydrogram med varierende toppvannføring, mens Dokka tilføres

som konstant normalvannføring på 22 m³/s. Nedstrøms, i Randsfjorden, brukes et 'stage hydrograph' med fast vannstand 134,8 m, slik oppgitt i NVE-rapport (NVE, 2024).

Vannlinjemodellen i øvre del er definert med én oppstrøms og én nedstrøms grensebetingelse. Oppstrøms grensebetingelse er et flomhydrogram for Etna, der det kjøres scenarier med ulike toppvannføringer. Nedstrøms grensebetingelse er satt som normaldybde med friksjonshelning S= 0,02.

Figur 67 viser et representativt flomhydrogram for oppstrøms grensebetingelse i Etna, med toppvannføring 120 m³/s og oppvarming periode.



Figur 67: Oppstrøms grensebetingelse med vannføring 120 m³/s.

3.1.3 Manningstall

Manningstallene i *Tabell 11* er benyttet som arealbaserte ruhetsverdier i 2D-modellen. Verdiene er valgt for å representere forskjeller i strømningsmotstand mellom elveløp (ferskvann), jordbruksarealer, samferdsel, bebygde områder, skog og våtmark/myr. Ruhetsverdiene påvirker beregnet vannstand, hastighet og strømningsfordeling, og er derfor en viktig usikkerhetskilde i hydrauliske analyser. Det er ikke gjennomført egen kalibrering mot målt flomhendelse. Ruhetsvalg er derfor basert på faglig skjønn og typiske verdier for tilsvarende arealtyper.

Tabell 11: Mannings ruhet verdi som ble brukt i modellen.

Arealtype	Ruhet-verdi
Innmarksbeite	0.045
Overflatedyrka jord	0.05
Fulldyrka jord	0.05
Samferdsel	0.014
Bebygd	0.015
Skog	0.1
Myr	0.1
Ferskvann/elv	0.03

3.1.4 Kalibrering

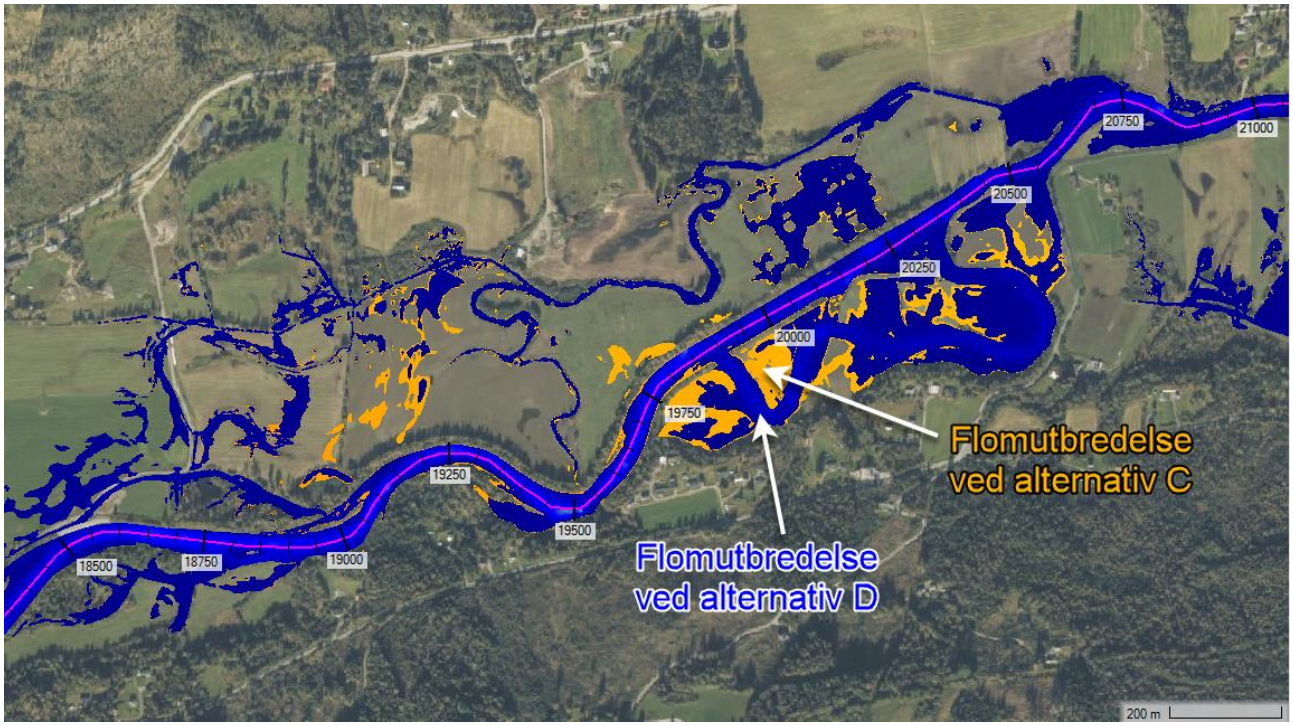
Modellen er ikke kalibrert mot observerte flomhendelser. For å sikre stabile og konsistente beregninger er modellen kjørt med konservative numeriske innstillinger (Courant-tall < 1).

3.2 Sammenligning og valg av tiltaksalternativ

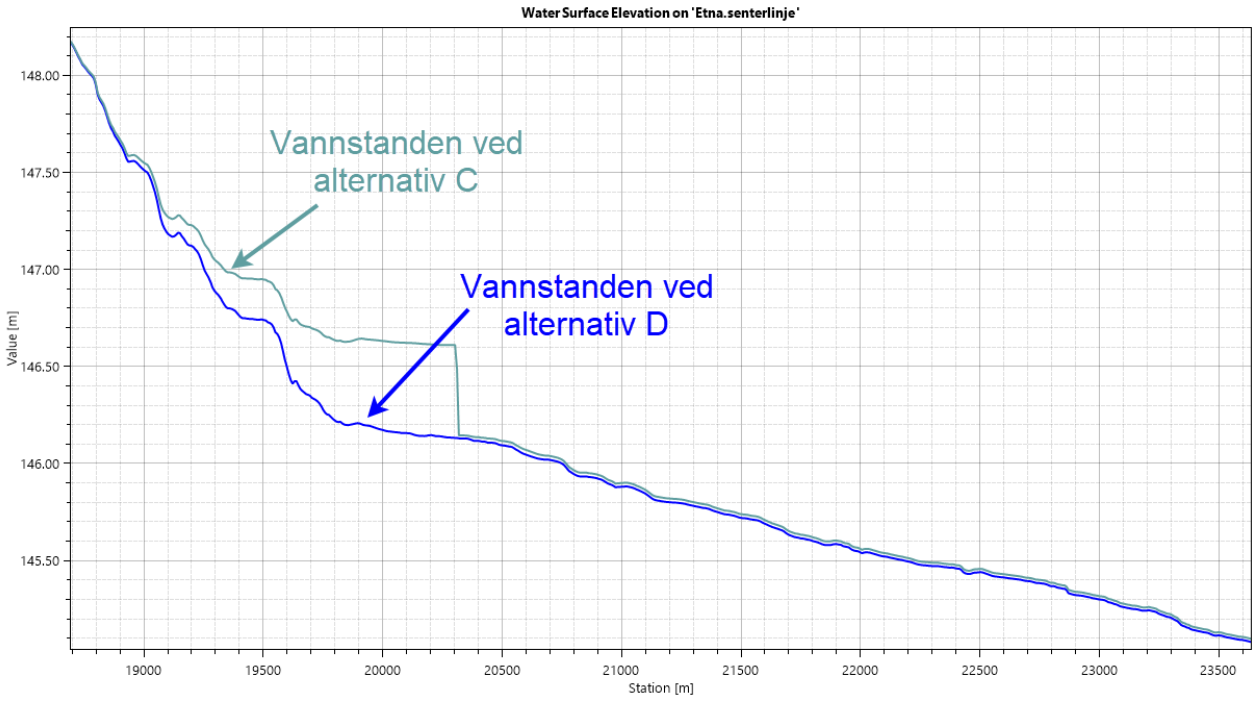
Det ble gjennomført en innledende hydraulisk sammenligning av alternativ D i Figur 61 og alternativ C i Figur 62. I alternativ D kobles kroksjøene til Etna som naturlige sideløp, mens dagens hovedløp og hydrauliske kapasitet beholdes I alternativ C føres hoved vannføringen gjennom de historiske meanderne. Dagens hovedløp heves med en terskel og fungerer som flomløp når terskelen overtoppes.

Beregningene viser at alternativ C har lavere hydraulisk kapasitet enn alternativ D. Dette gir større flomutbredelse, som vist i Figur 68 og høyere vannstand både oppstrøms og nedstrøms tiltaksområdet, jf. Figur 69. Resultatene indikerer at terskelen i dagens hovedløp reduserer den samlede hydrauliske kapasiteten ved alternativ C. Selv om dagens løp fungerer som flomløp når terskelen overtoppes, kompenserer dette ikke fullt ut for den reduserte hydrauliske kapasiteten. Alternativ C medfører derfor større flomutbredelse og høyere vannstand enn alternativ D.

På bakgrunn av sammenligningen vurderes alternativ D i Figur 61 som det alternativet som best ivaretar flomsikkerheten. I dette alternativet beholder dagens hovedløp sin hydrauliske kapasitet, samtidig som kroksjøene kobles til som naturlige sideløp. Alternativ D legges derfor til grunn for de detaljerte beregningsresultatene som presenteres i kapittel 3.3.



Figur 68: Sammenligning av beregnet flomutbredelse for alternativ C i Figur 62 og alternativ D i Figur 61 ved en vannføring på 70 m³/s.



Figur 69: Beregnet vannstand langs Etnas senterlinje for alternativ D i Figur 61 og alternativ C i Figur 62.

3.3 Resultater for valgt tiltaksalternativ

I dette kapittelet presenteres detaljerte resultater for alternativ D i Figur 61 for alle tiltakene, valgt på grunnlag av sammenligningen i kapittel 3.2.

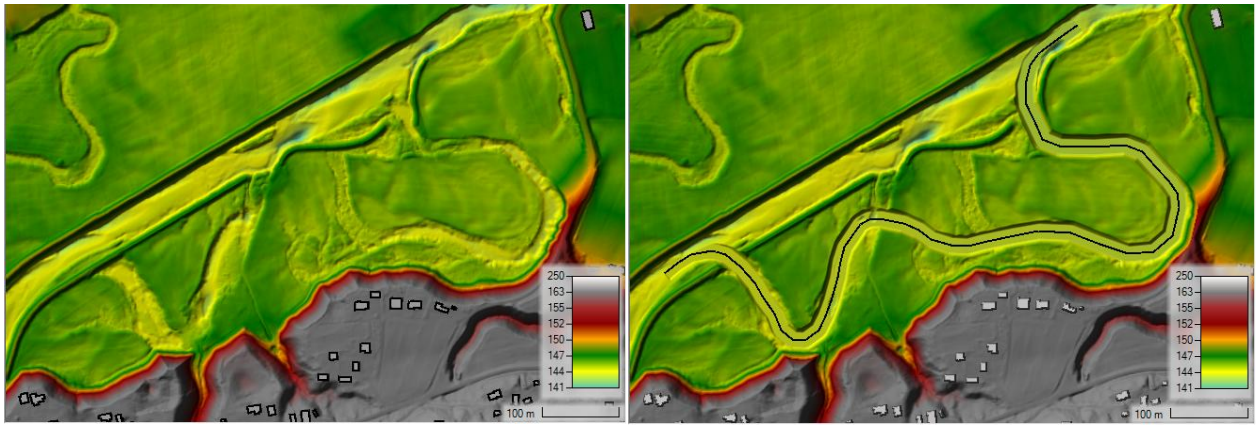
3.3.1 Nedre del av modellen

Resultater for nedre del av modellen er presentert som sammenligning mellom dagens situasjon og tiltaksalternativer i den nedre delen av Etna, rett oppstrøms samløpet med Dokka.

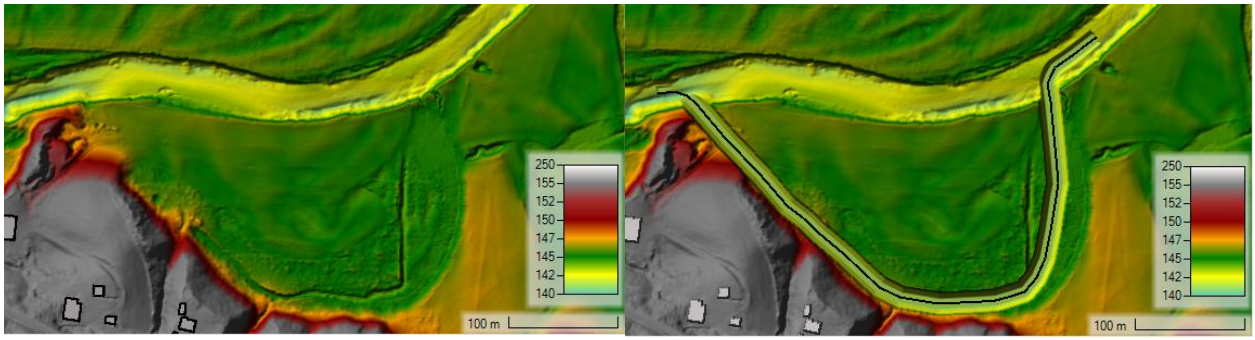
Figur 70 til Figur 72 viser terrengmodellen for dagens situasjon og etter gjennomføring av tiltakene. I fremtidig situasjon er kroksjøene åpnet, mens hovedløpet er beholdt som i dagens situasjon.

For små til moderate flommer viser beregningene en tendens til lavere toppvannføring og en svak tidsforskyvning (senere kulminasjon) når tiltakene er inkludert. Dette er i tråd med at økt flomflate og/eller økt lagringsvolum i tilknyttede sideløp/kroksjøer kan gi en dempende effekt på flomforløpet ved hyppige hendelser. Figur 73 og Figur 74 viser disse resultatene for små flommer (Q< 50 m^3/s) i Etna.

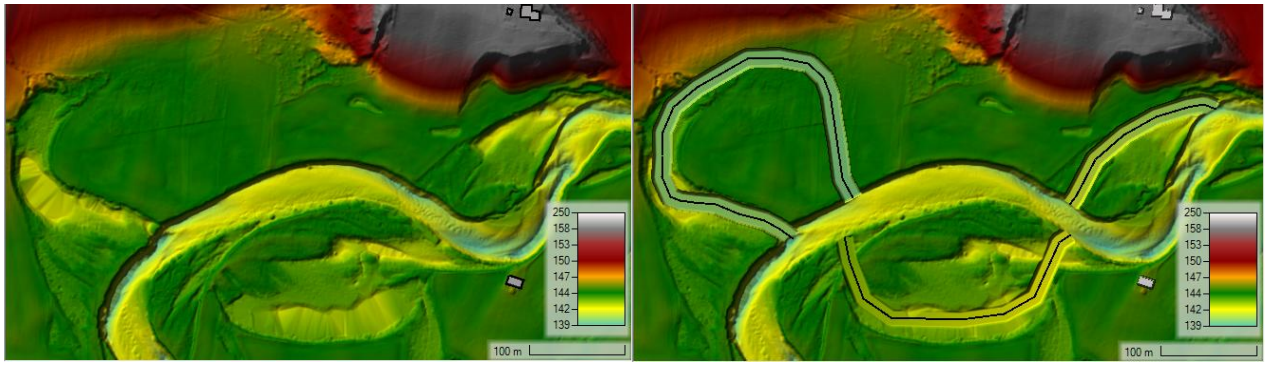
For større flommer er effekten av tiltakene liten, og det er marginal forskjell i toppvannføring mellom dagens situasjon og tiltaksalternativene. Figur 75 og Figur 76 viser beregnede flomhydrogrammer for større vannføringer, henholdsvis Q = 70 m^3/s og Q = 120 m^3/s, og viser at tiltakene har liten effekt på toppvannføring og flomforløp ved disse vannføringene.



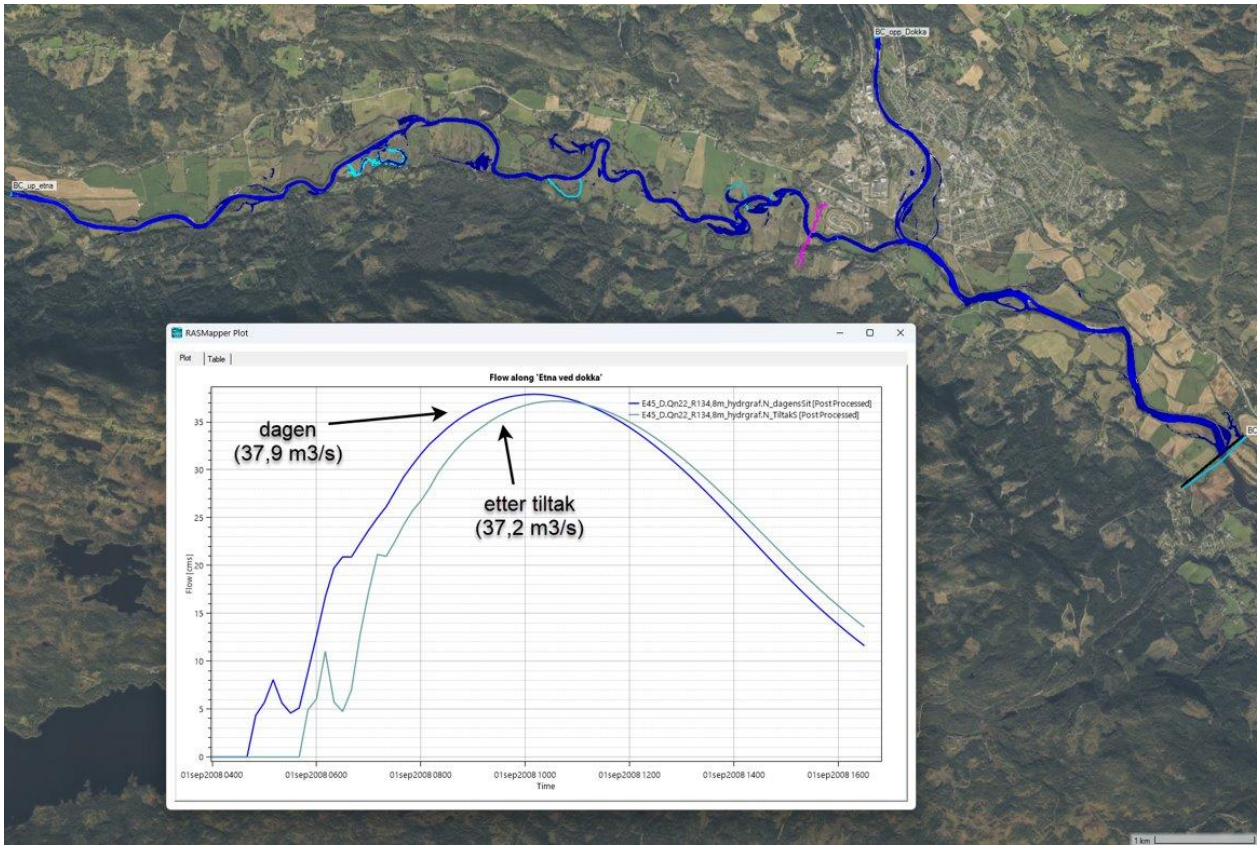
Figur 70: Terrengmodell med dagens situasjon og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 1. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



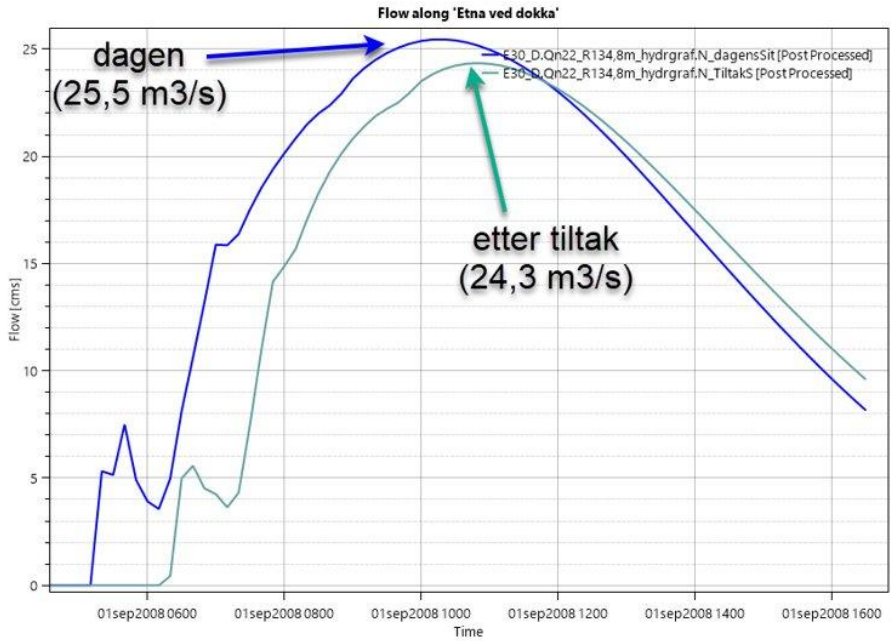
Figur 71: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 2. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



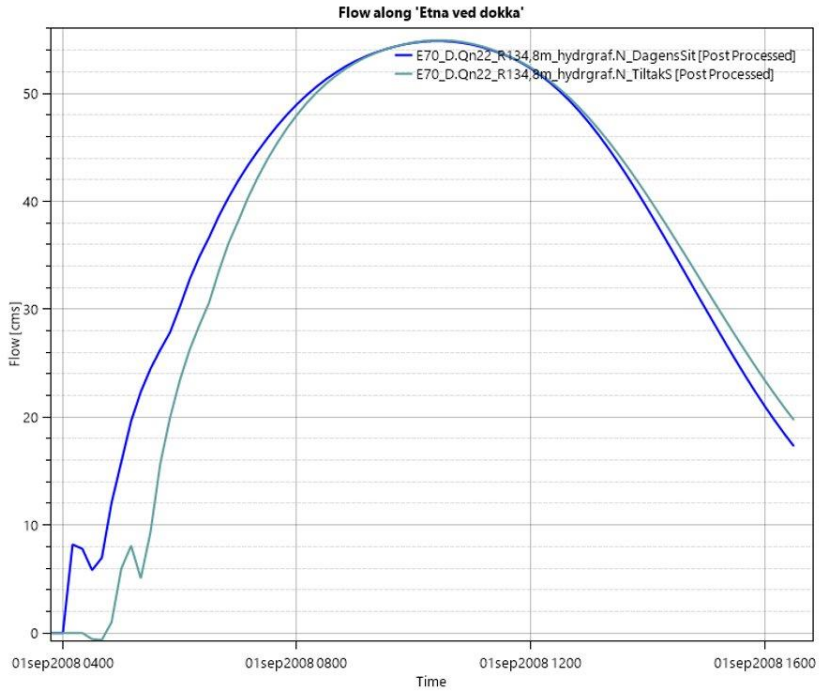
Figur 72: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Nedre del: tiltaksområdet 3. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



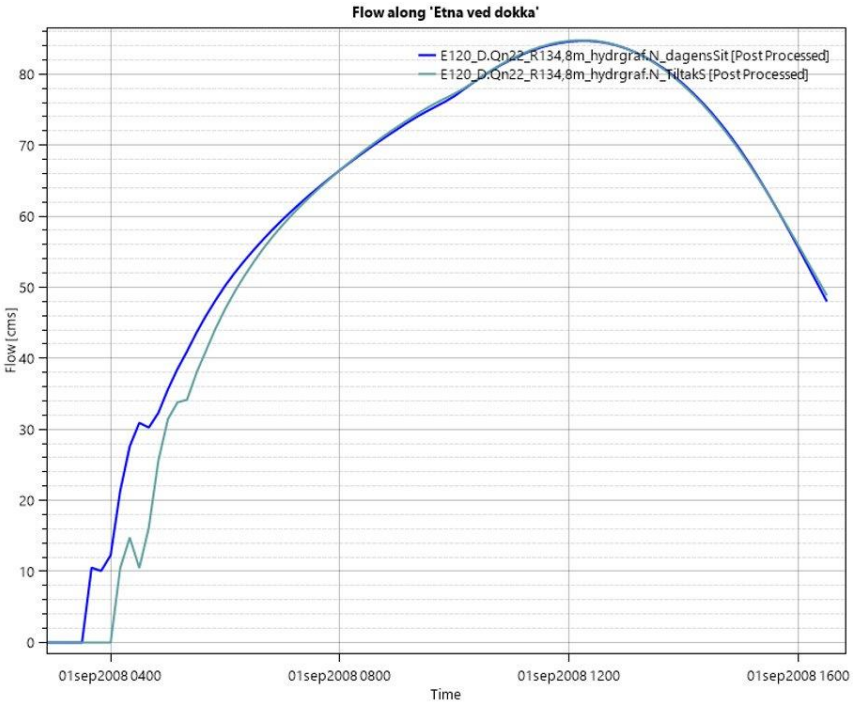
Figur 73: Sammenligning av beregnet flomforløp for dagens situasjon og fremtidig situasjon med tiltak i nedre del av modellen, ved Q = 45 m³/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen i Etna oppstrøms samløp med Dokka.



Figur 74: Sammenligning av beregnet flomforløp for dagens situasjon og fremtidig situasjon med tiltak i nedre del av modellen, ved Q = 30 m³/s. Flomhydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73.



Figur 75: Flomforløp for dagens og fremtidig situasjon ved Q = 70 m³/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73.



Figur 76: Flomforløp for dagens og fremtidig situasjon ved Q = 120 m³/s. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen vist i Figur 73.

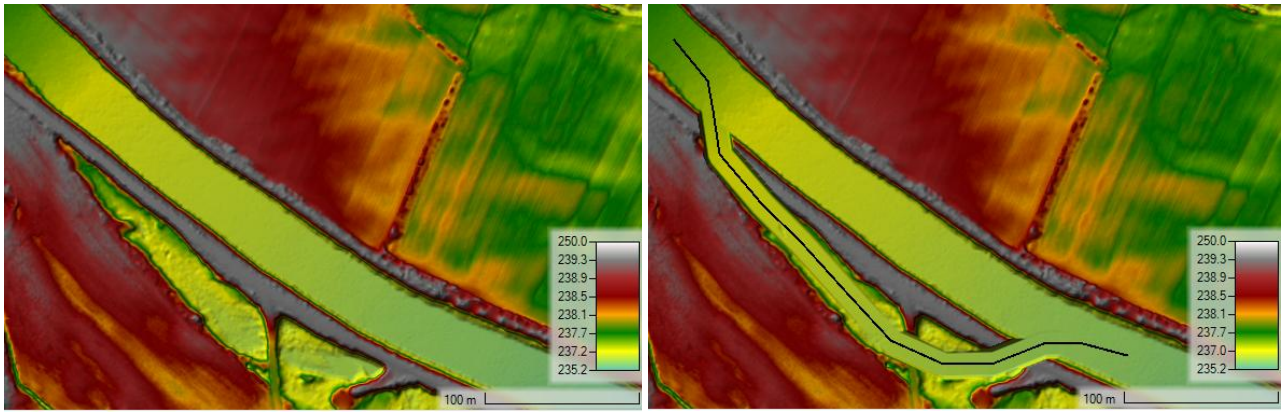
3.3.2 Øvre del av modellen

Effekten av tiltakene i øvre del av modellen er tidligere vurdert av NORCE/NINA (NORCE, 2026). I rapporten er de foreslåtte tiltakene modellert i HEC-RAS ved å sammenligne dagens terreng med moderate tiltak og store tiltak/remeandrering. Resultatene viser at tiltakene samlet sett har en beskjeden hydrologisk flomdempingseffekt, men at de kan gi positive lokale hydrauliske effekter, blant annet lavere vannstand og lavere vannhastighet i enkelte områder. Rapporten konkluderer også med at tiltakene ikke gir holdepunkter for forverring av flomsituasjonen, og at oversvømmelsesbildet i hovedsak vil være tilnærmet likt dagens situasjon.

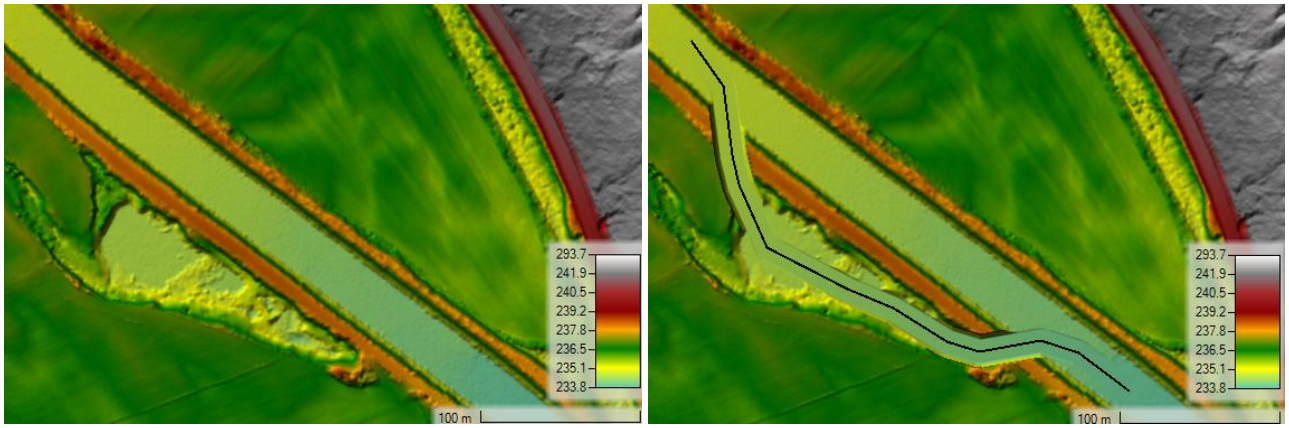
3.3.3 Alle tiltak til sammen (Øvre og Nedre del)

I denne delen vises resultatene når tiltak i både øvre del (nedstrøms Lunde bru) og nedre del (oppstrøms samløp med Dokka) inngår i samme beregningsoppsett. Sammenligningen indikerer at samlet tiltaksporteføljе gir størst utslag ved mindre flommer, der endringer i strømningsfordeling og magasinering kan påvirke flomforløpet. For større flommer er den samlede endringen liten, og tiltakene endrer i hovedsak ikke det overordnede flombildet.

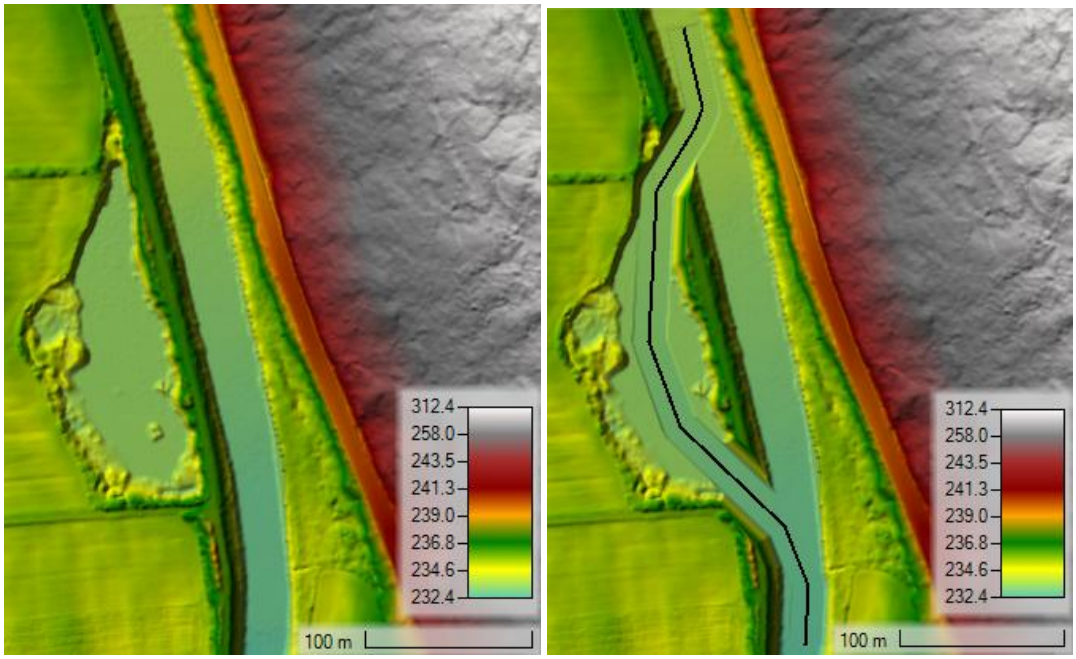
Figur 77 til Figur 83 viser terrengmodellen i dagens og fremtidig situasjon for tiltaksområdene i den øvre delen av modellen.



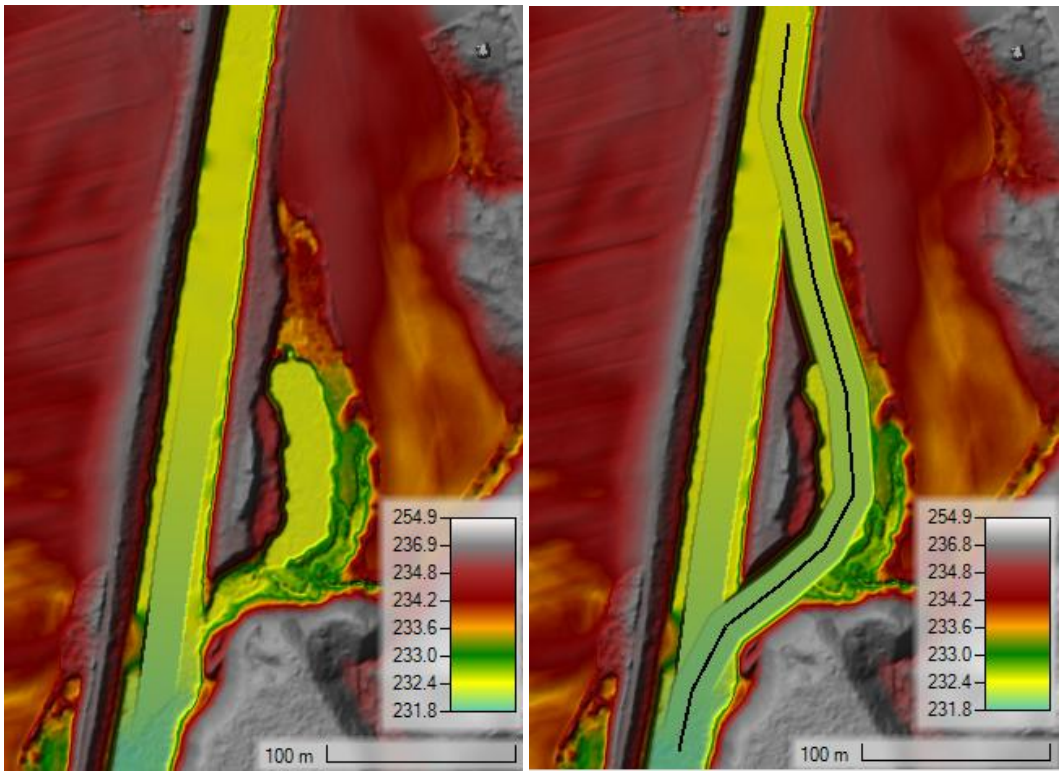
Figur 77: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 1. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



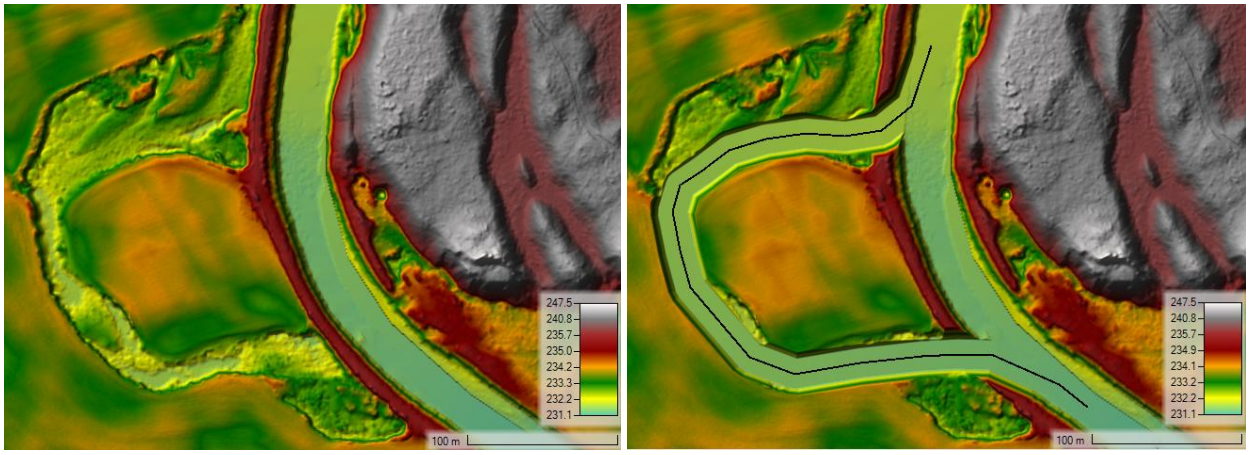
Figur 78: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 2. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



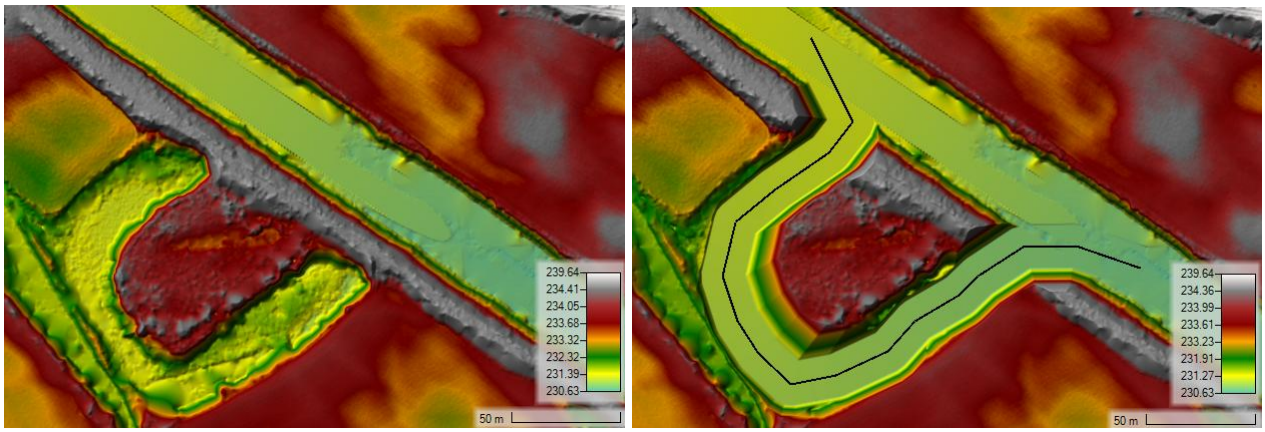
Figur 79: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 3. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



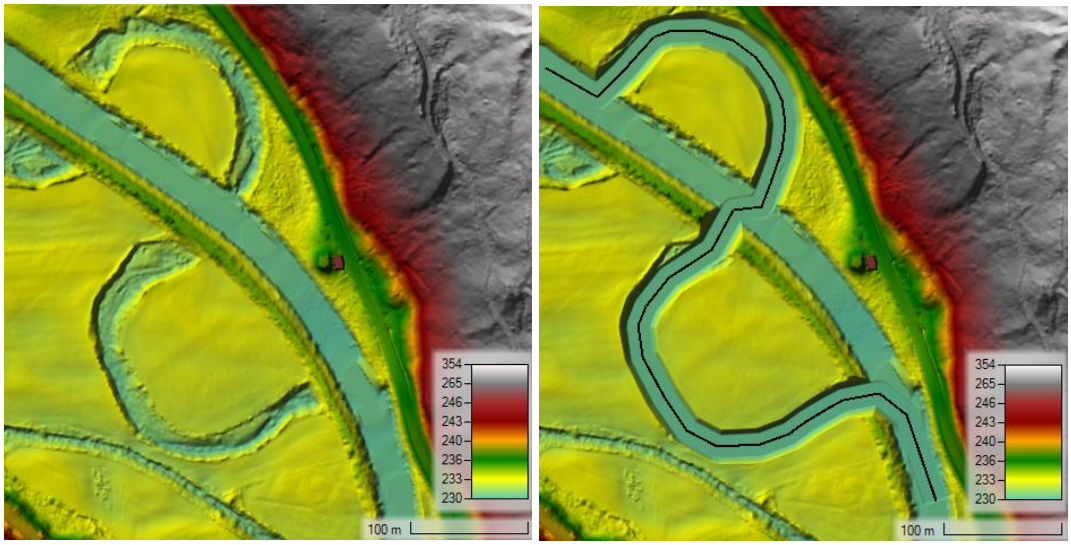
Figur 80: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 4. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



Figur 81: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 5. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



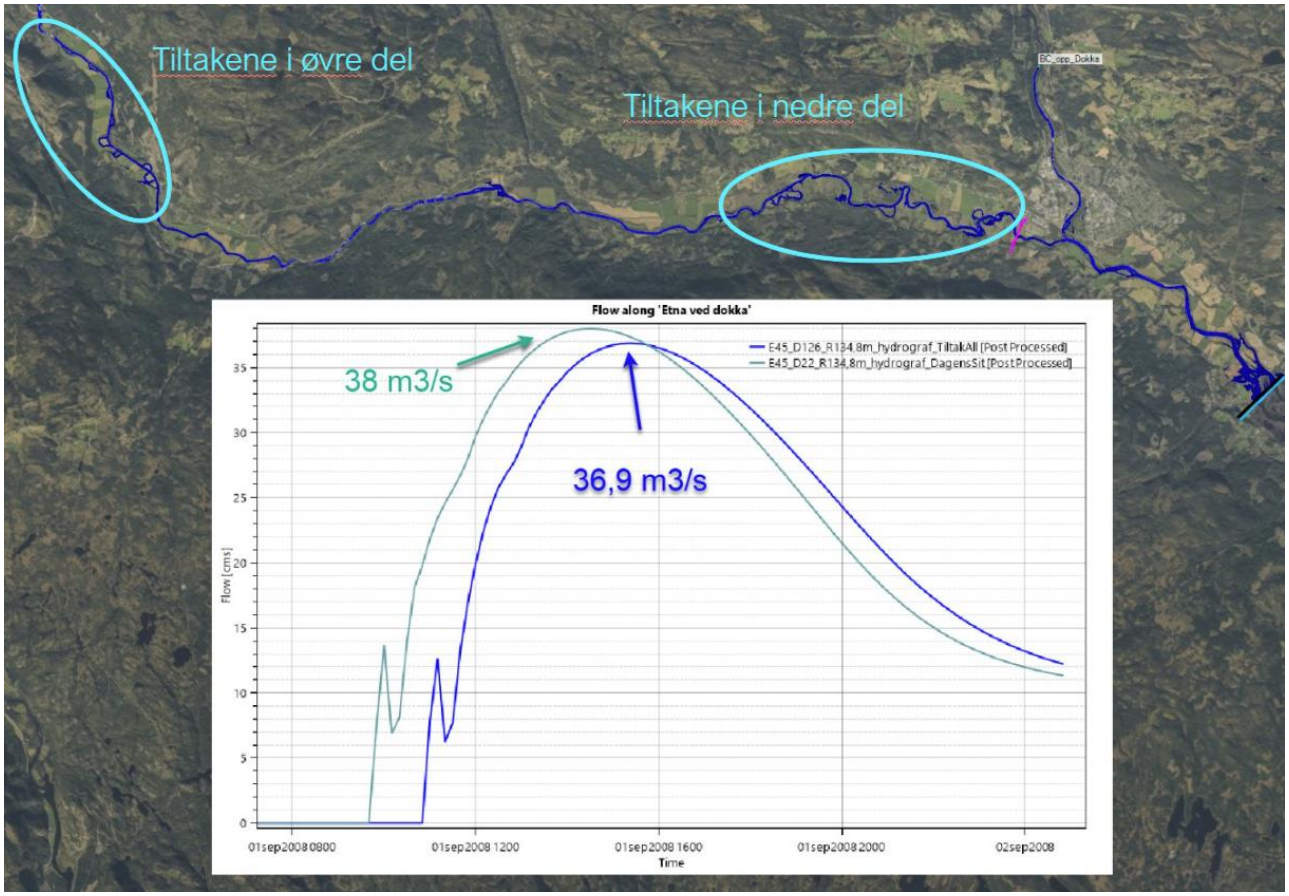
Figur 82: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 6. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.



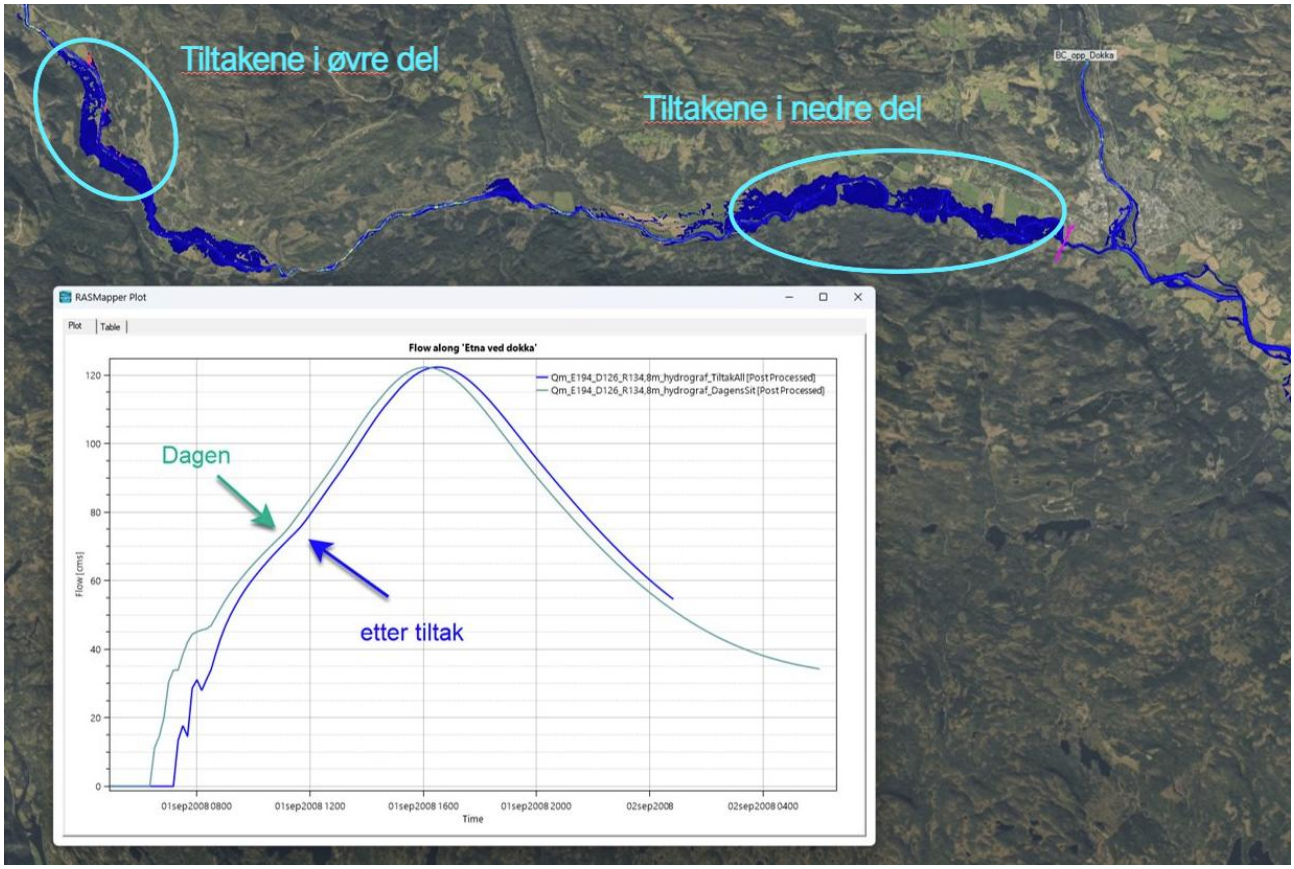
Figur 83: Terrengmodell med dagens og fremtidig situasjon i Øvre Del- tiltaksområdet 7. I fremtidig situasjon er kroksjøen åpnet, mens hovedløpet i Etna er uendret.

Ved middelflom (Q_M) og opp mot større flommer (Q_{20}/Q_{200}) viser beregningene at forskjellene i vannstand/utbredelse mellom dagens situasjon og tiltaksalternativer er begrensede på systemnivå. Dette støtter en tolkning der tiltakene kan gi en viss flomdemping for hyppigere hendelser, men uten vesentlig effekt på de største flommene.

Figur 84 og Figur 85 viser beregnede flomhydrogrammer ved profillinjen i Etna oppstrøms samløpet med Dokka etter at alle foreslåtte tiltak i både øvre og nedre del av vassdraget er inkludert i modellen. Resultatene viser at tiltakene gir en begrenset reduksjon i flomtoppen og en mindre forsinkelse av flombølgen ved en mindre flom, (Q = 45 m³/s), mens effekten er marginal ved en stor flom (Q = 194 m³/s).



Figur 84: Flomhydrogram ved Q = 45 m³/s for dagens situasjon og fremtidig situasjon med alle tiltak i øvre og nedre del av Etna. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen i Etna oppstrøms samløpet med Dokka.

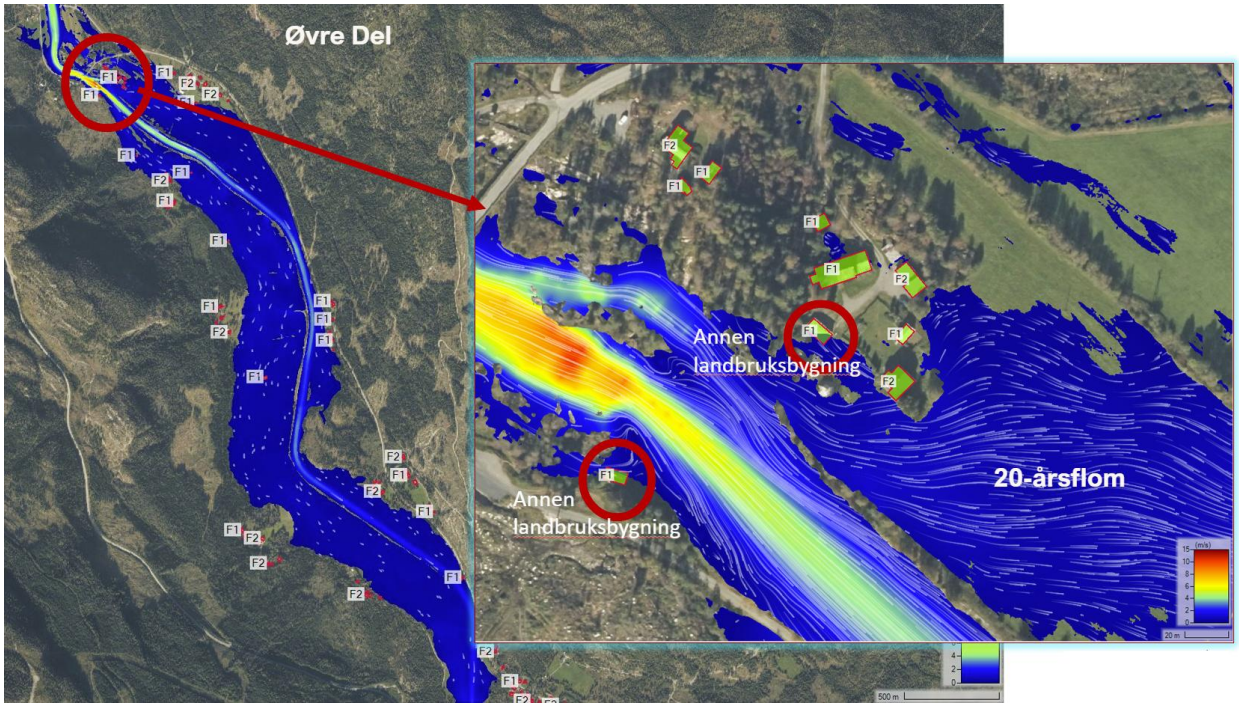


Figur 85: Flomhydrogram ved Q_M = 194 m^3/s m^3/s for dagens og fremtidig situasjon med alle tiltak i øvre og nedre del av Etna. Hydrogrammene er hentet ut ved den rosa profillinjen.

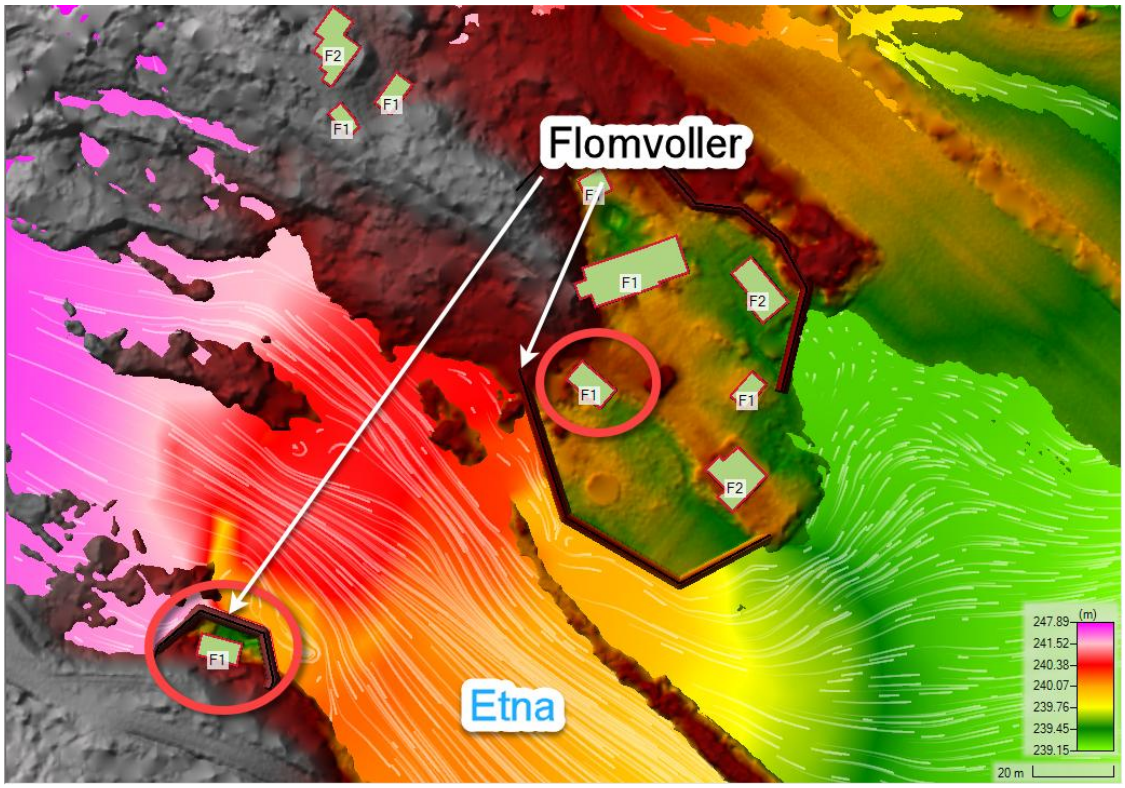
3.3.4 Flomutsatte bygninger

Som del av vurderingen er det gjennomført kartlegging av flomutbredelse for utsatte bygg ved dimensjonerende flommer for henholdsvis F1 og F2 klasse bygninger (20- og 200-årsflom) iht. TEK 17 (DiBK, 2023). Beregningene er vist separat for øvre del (mellom Lunde bru og Etna camping) og nedre del (oppstrøms samløp med Dokka), for å synliggjøre hvor flomvann når bebyggelse og hvilke områder som er mest sårbare under de ulike returperiodene.
Resultatene gir et grunnlag for å identifisere bygninger/områder der flomsikringstiltak kan være relevante for å redusere flomkonsekvenser ved dimensjonerende flommer, og for å avklare om tiltakene endrer flomutbredelsen ved større hendelser.

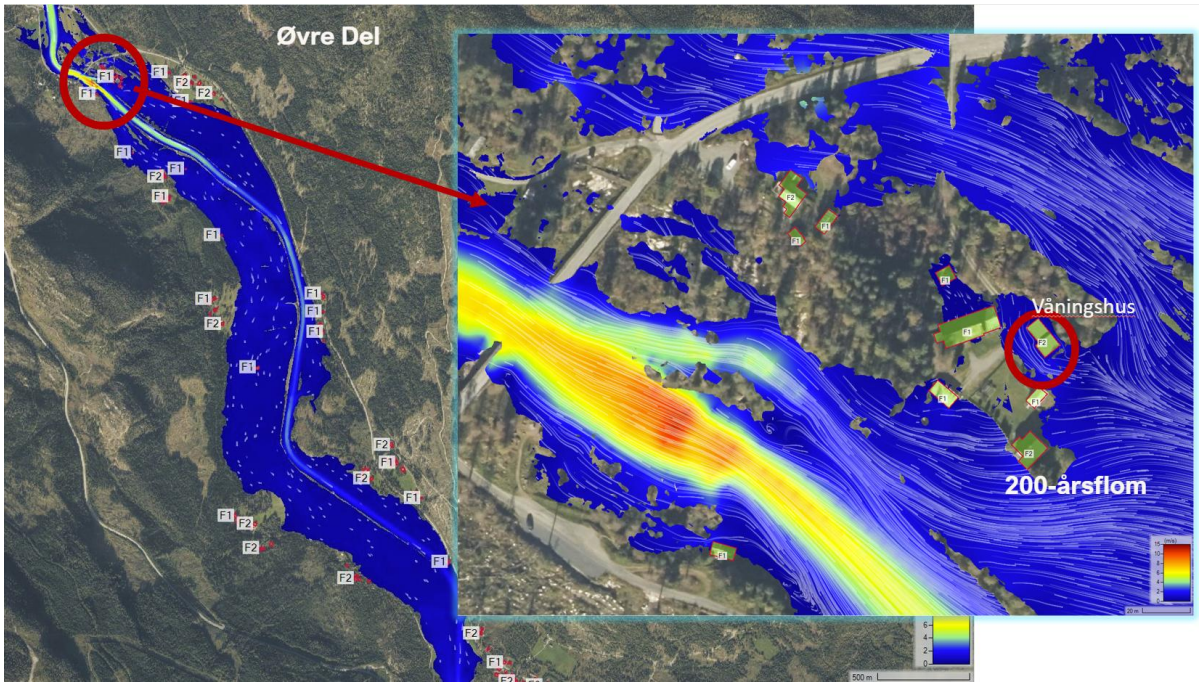
Figur 86 og Figur 88 viser flomutsatte bygninger i øvre del som ligger innenfor sikkerhetsklasse F1 og F2 etter TEK17 (DiBK, 2023) ved henholdsvis Q_{20} og Q_{200}. Figur 85 og Figur 87 viser foreslåtte lokale flomsikringstiltak for å sikre bygninger i sikkerhetsklasse F1 og F2 i øvre del ved henholdsvis Q_{20} og Q_{200}.



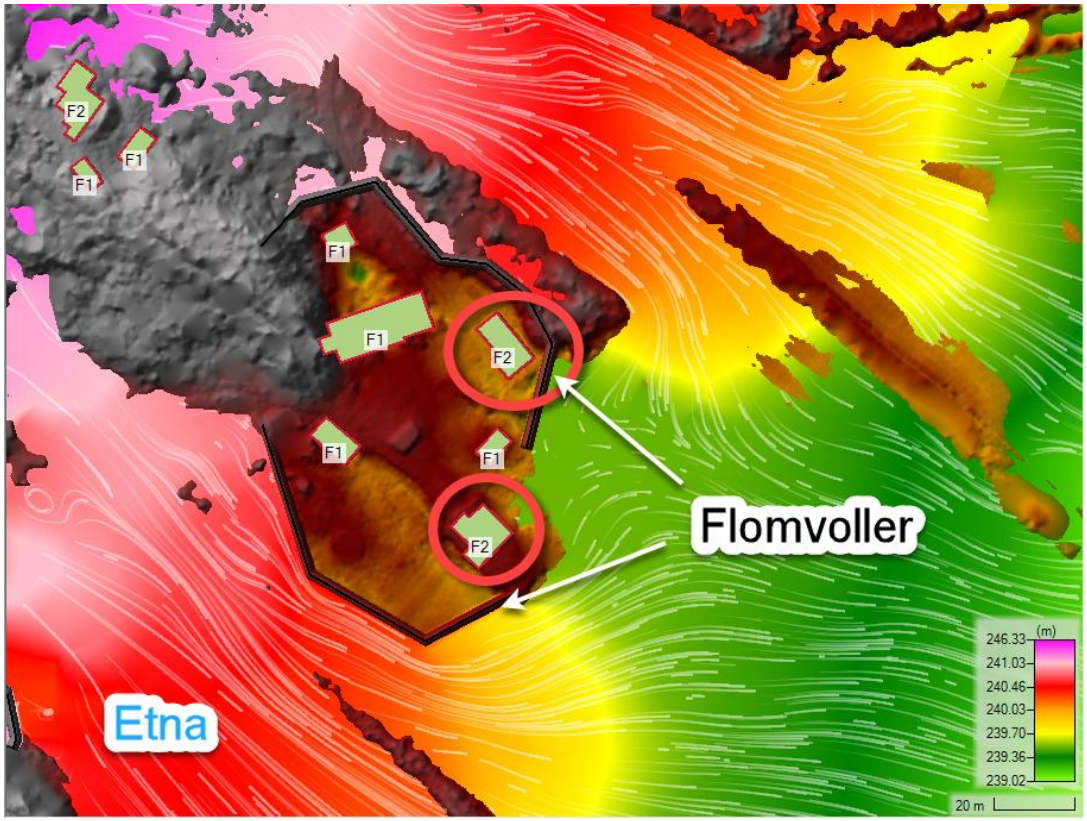
Figur 86: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F1 (TEK17) i øvre del ved Q_{20} = 339 m^3/s.



Figur 87: Flomsikringstiltak for å sikre F1 (røde sirkler) bygninger ved Q_{20} nedstrøms Lundebru (i Øvre del).



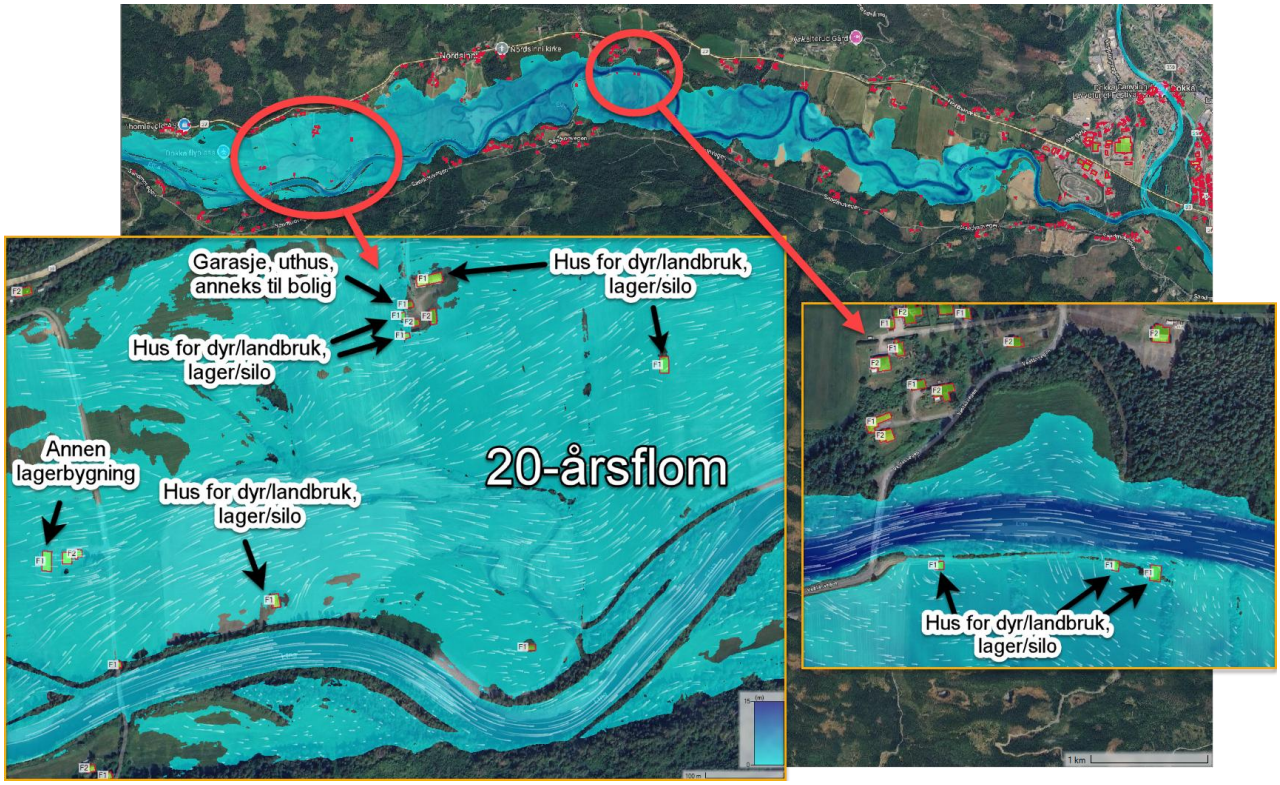
Figur 88: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F2 (TEK17) i øvre del ved Q_{200} = 488 m^3/s.



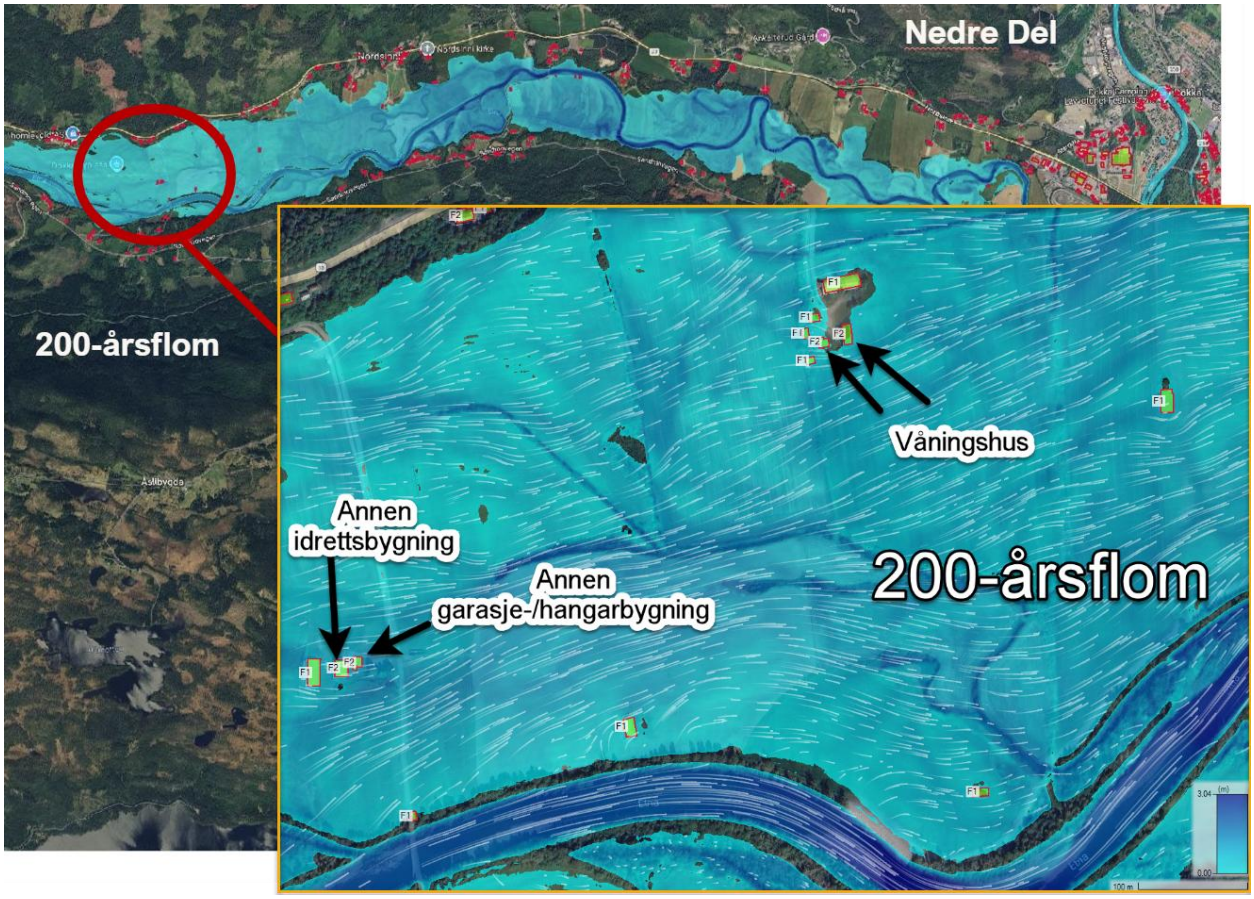
Figur 89: Flomsikringstiltak for å sikre F2 (røde sirkler) bygninger ved Q_{200} nedstrøms Lundebru (i Øvre del).

Figur 90 og Figur 91 flomutsatte bygninger i nedre del som ligger innenfor sikkerhetsklasse F1 og F2 etter TEK17 (DiBK, 2023) ved henholdsvis Q_{20} og Q_{200}.

Flomutbredelsen her er så omfattende at aktuelle sikringstiltak i hovedsak vil være lokale flomvoller eller terrengheving rundt enkeltbygninger. Selv om slike tiltak kan redusere oversvømmelse av bygningene, vil de omkringliggende arealene fortsatt være flomutsatt, slik at bygningene i praksis kan bli liggende som isolerte «øyer» under flom.



Figur 90: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F1 (TEK17) i nedre del ved Q_{20} = 339 m^3/s.



Figur 91: Flomutsatte bygninger i sikkerhetsklasse F2 (TEK17) i nedre del ved Q_{200} = 488 m^3/s.

3.3.5 Masseuttak vurdering

Prosjektgruppen har bedt om en vurdering av masseuttak og senking av elvebunnen som flomreduserende tiltak i Etna. Bakgrunnen er en oppfatning om at avsetning av sedimenter over tid kan heve elvebunnen og dermed bidra til økte vannstander under flom. Det er derfor foreslått å senke bunnen på enkelte strekninger for å øke elvas hydrauliske kapasitet.

Etna har imidlertid lavt fall over lange strekninger, særlig i nedre del. En lokal senking av elvebunnen vil derfor normalt få begrenset effekt på vannstanden og kan samtidig skape uønskede lokale gradientendringer. For å oppnå en merkbar og sammenhengende reduksjon i flomvannstanden vil det trolig være nødvendig å senke bunnen over svært lange strekninger. Dette vil innebære omfattende terrenginngrep, store anleggskostnader og betydelige negative konsekvenser for vassdragsmiljøet.

Fra et flomsikringsperspektiv vurderes masseuttak som et lite robust og i hovedsak **midlertidig** tiltak. Under flom transporterer elva sedimenter, og utgravde områder kan gradvis fylles opp igjen. Tiltaket kan derfor utvikle seg til et gjentakende vedlikeholdsbehov, uten at det gir en varig reduksjon i flomrisikoen. Effekten vil dessuten være usikker og avhenge av blant annet uttakets lengde og dybde, lokale bunnforhold, sedimenttilførsel og elvas respons på inngrepet.

Masseuttak i og langs vassdrag er et inngrep som kan kreve konsesjonspliktvurdering og tillatelser fra sentrale og regionale myndigheter som NVE og Statsforvalteren. Slike tiltak må vurderes restriktivt, blant annet av følgende grunner:

- Begrenset og usikker varighet: Sedimenter kan avsettes på nytt under senere flommer, slik at tiltaket må gjentas for å opprettholde effekten.
- Risiko for bakovergripende erosjon: Senking av elvebunnen kan forplante seg oppstrøms og føre til erosjon, ustabile elvebredder og undergraving av eksisterende flom- og erosjonssikring.
- Endrede hydrauliske forhold: Tiltaket kan endre vannstand, strømningshastighet og erosjons- og avsetningsforhold både oppstrøms, lokalt og nedstrøms uttaksområdet.
- Flytting av problemer: Redusert sedimenttilførsel nedstrøms kan føre til erosjon og senking av elvebunnen andre steder, slik at risikoen forskyves fremfor å reduseres.
- Påvirkning på infrastruktur: Endringer i bunnivå og erosjonsforhold kan påvirke fundamenter, bruer, terskler, erosjonssikringer og andre konstruksjoner i eller nær elva.
- Store negative miljøkonsekvenser: Uttaket kan skade gyteområder, skjulområder, bunnsubstrat og andre naturverdier, samt redusere den naturlige variasjonen i elveløpet.
- Omfattende oppfølging: Et eventuelt tiltak vil kreve grundig prosjektering, vurdering av sedimenttransport og erosjon samt langsiktig overvåking og vedlikehold.

Fra et miljøperspektiv frarådes masseuttak i Etna som et generelt flomsikringstiltak. Uttaket kan ikke betraktes som et miljøtiltak, ettersom det innebærer fjerning av naturlig elvebunn som danner leve-, gyte- og skjulområder for fisk og andre akvatiske organismer. Inngrepet kan også redusere elvas naturlige morfologiske variasjon og forstyrre balansen mellom erosjon, transport og avsetning av sedimenter.

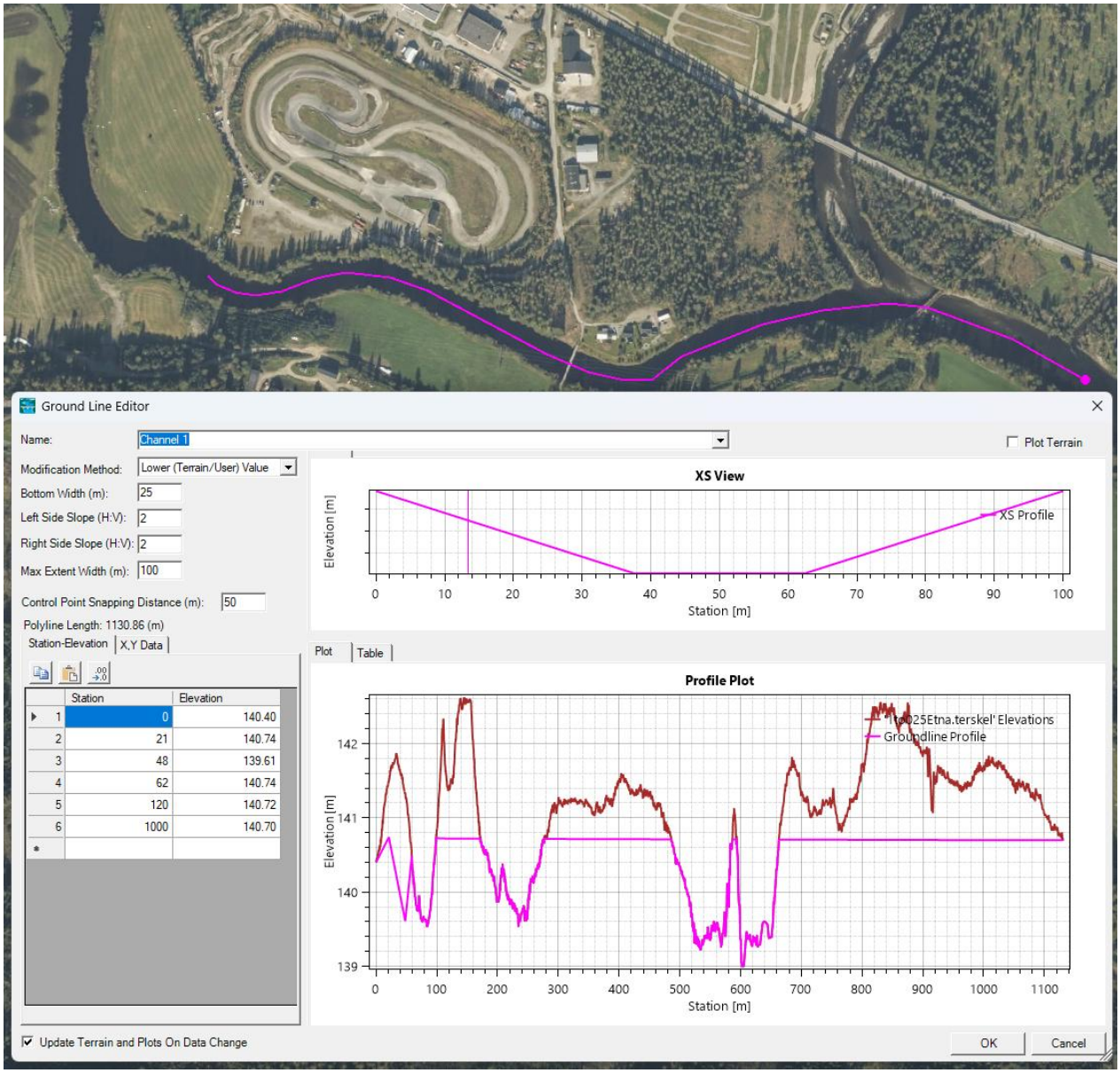
Masseuttak kan i enkelte vassdrag inngå som en nødvendig del av et avgrenset tiltak, for eksempel der dokumentert avsetning medfører en konkret og alvorlig risiko for bebyggelse eller kritisk infrastruktur. I slike tilfeller må behovet dokumenteres gjennom hydrauliske og hydromorfologiske analyser, og uttaket bør begrenses til det som er strengt nødvendig. Det foreligger ikke grunnlag for å anbefale et omfattende eller regelmessig masseuttak i Etna som en langsiktig strategi for flomrisikoreduksjon.

Samlet vurderes masseuttak og generell senking av elvebunnen som et kostbart, miljømessig belastende og lite varig flomsikringstiltak. Tiltaket anbefales derfor ikke som en hovedstrategi for flomsikring i Etna. Eventuelle lokale uttak bør bare vurderes dersom det kan dokumenteres et særskilt behov, en tydelig flomreduserende effekt og akseptable konsekvenser for erosjon, sedimenttransport og vassdragsmiljø.

I det neste kapittelet vurderes den hydrauliske effekten av fjerning av masse ved Barsåk. Her er oppfatningen blant lokalkjente at det er en «terskel» i området som fører til økt vannstand oppstrøms.

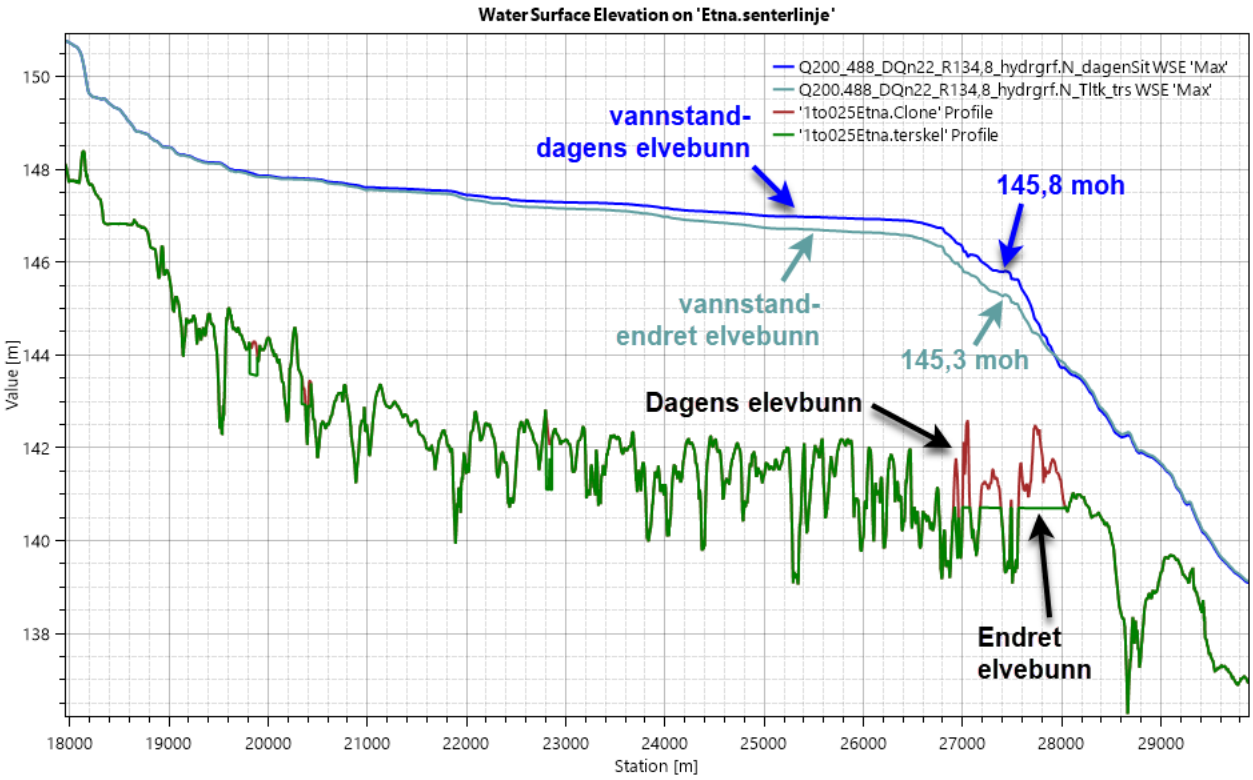
3.3.6 Fjerning av masse/terskel ved Barsåk

I tilknytning til tiltaksarbeidet er det vurdert fjerning av en «terskel» ved Barsåk. Ut ifra bunnkartleggingen er finnes det ikke en tydelig «terskel» i dette området, men i stedet flere forhøyninger over en lengre strekning på ca. 1 km, se Figur 93. «Terskelen» vurderes fjernet ved et masseuttak på om lag 5 000–6 000 m³. Formålet med analysen er å belyse hvordan fjerning av terskelen påvirker vannstander lokalt og opp-/nedstrøms, sammenlignet med dagens situasjon.

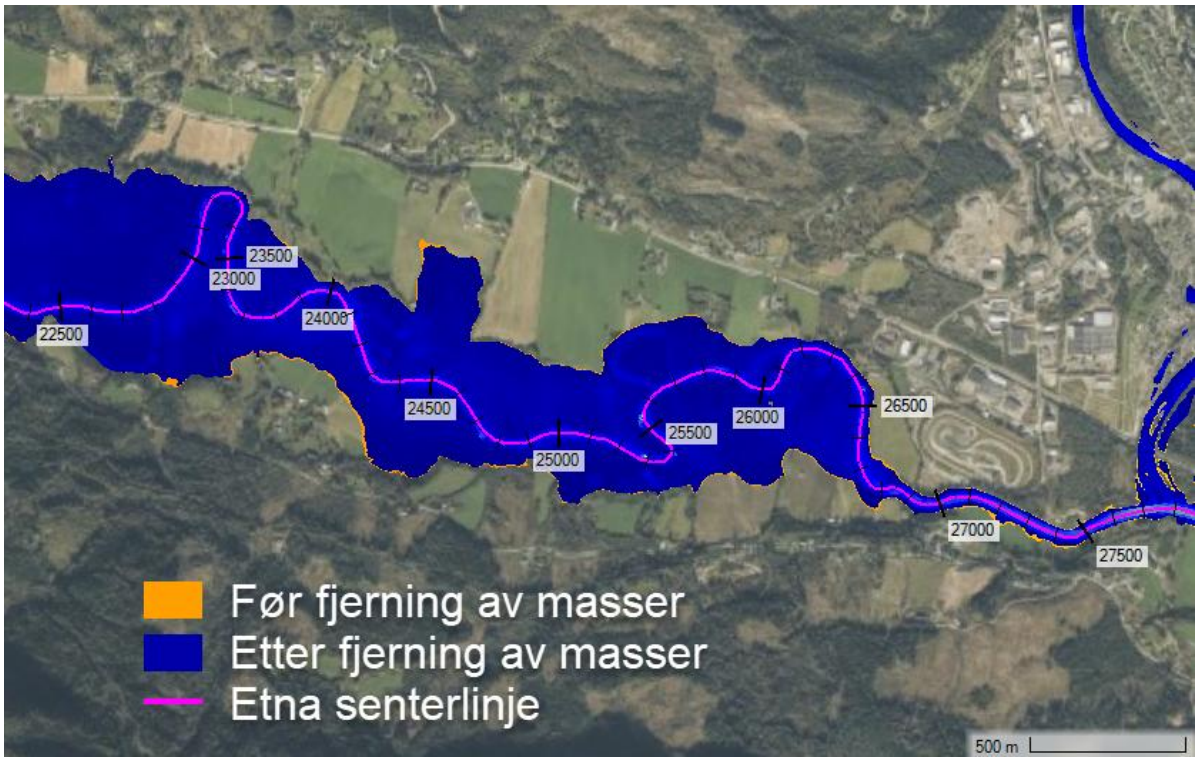


Figur 92: Elvestrekning hvor elvebunnen ble endret samt dagens og fremtidig elvebunn.

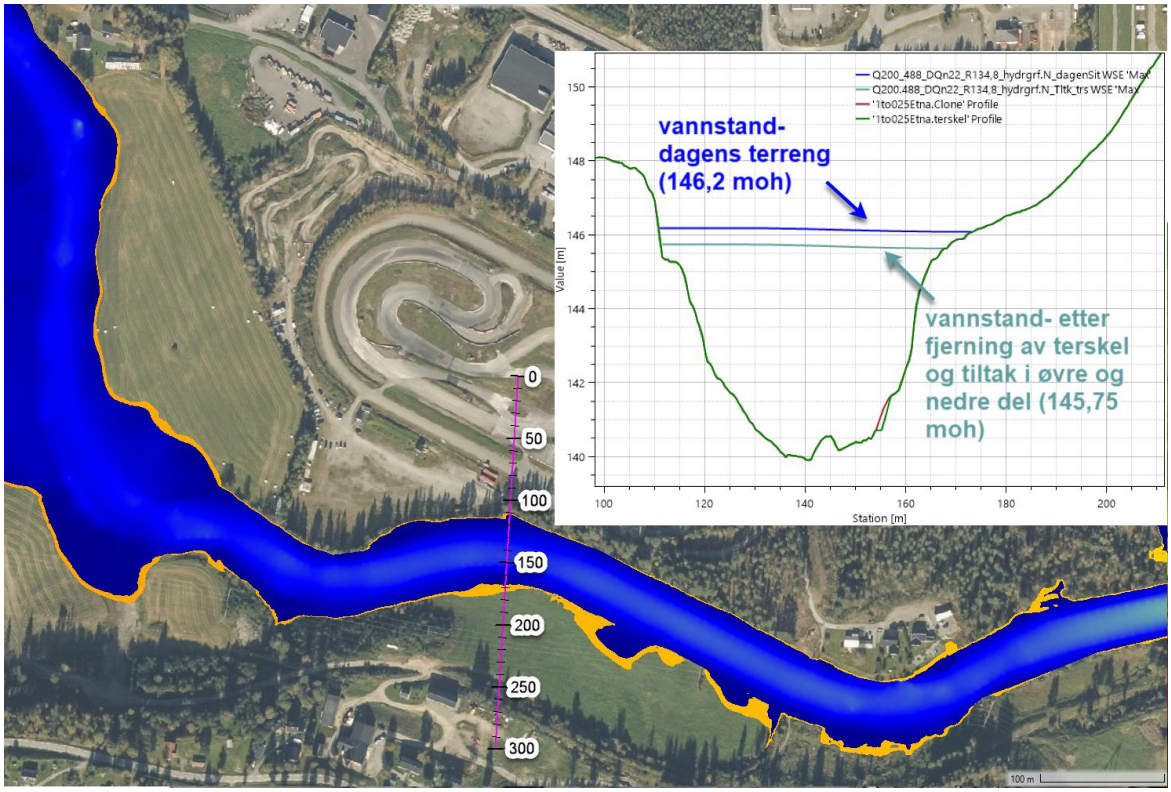
Endring i vannstand ved terskelfjerning er presentert i Figur 93 til Figur 95. Resultatene viser at effekten i er opptil ca. 5 km oppstrøms fra endret bunn og blir mindre og mindre jo man går mer oppstrøms og ingen effekt i nedstrøms som kan være på grunn av en stryk. Vannstanden ved tiltaket er omtrent 50 cm lavere. Figur 94 viser at endring i flomutbredelse, før og etter fjerning av masser, er marginal.



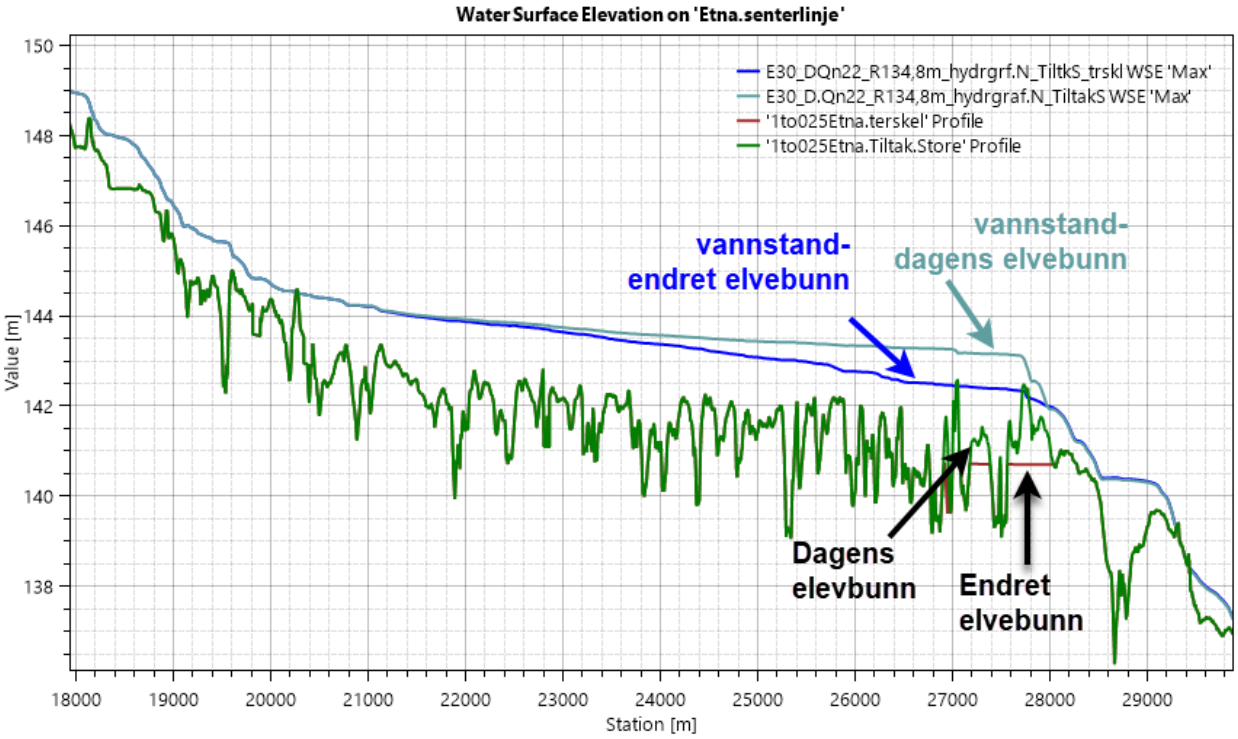
Figur 93: Endring i vannstand ved Q_{200} ved fjerning av masser ved Etnas senterlinje.



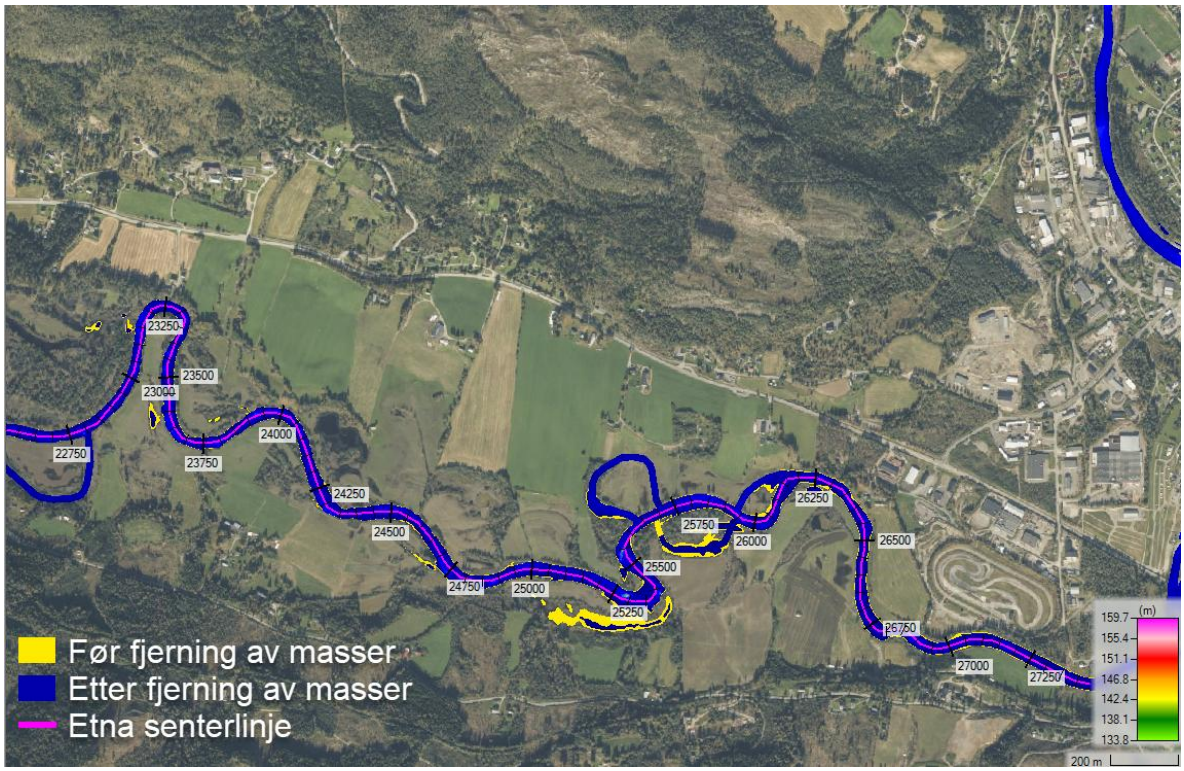
Figur 94: Flomutbredelse ved Q_{200}, før og etter fjerning av masser.



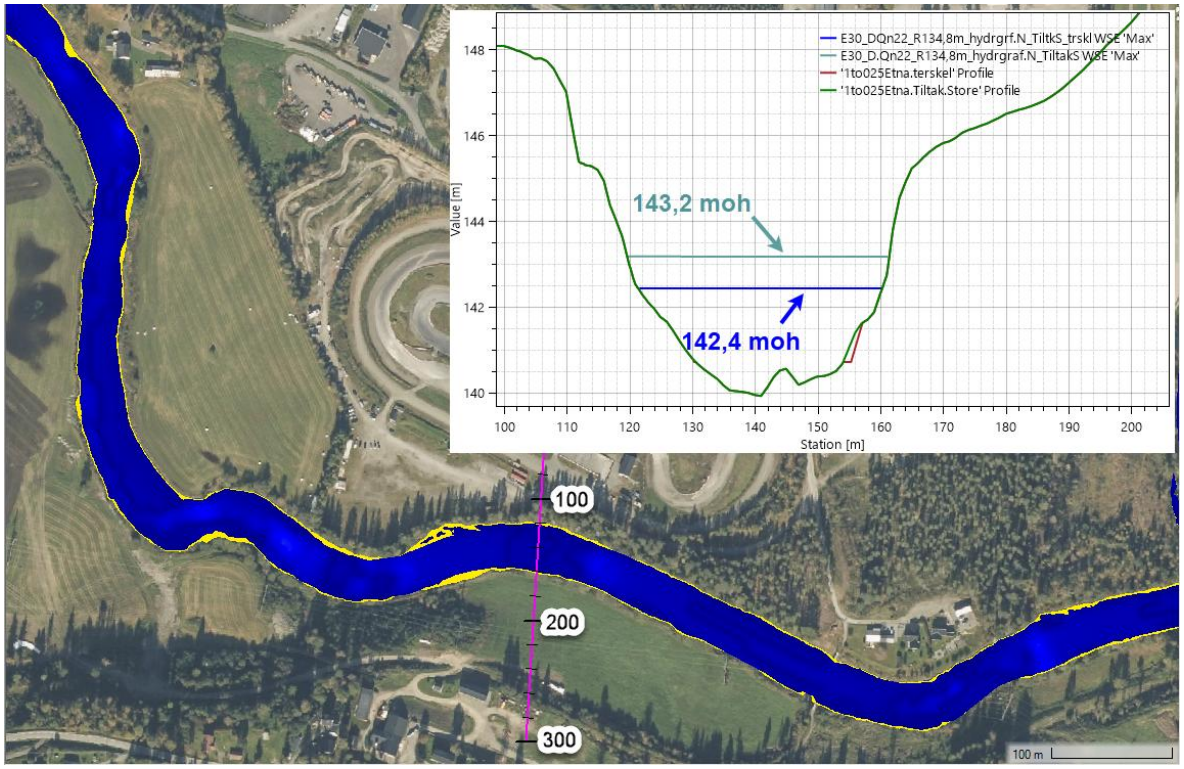
Figur 95: Endring i vannstand ved fjerning av masser i elva ved den rosa profillinja.



Figur 96: Endring i vannstand ved 30 m^3/s vannføring, ved fjerning av masser ved Etnas senterlinje.



Figur 97: Flomutbredelse ved 30 m³/s vannføring, før og etter fjerning av masser.



Figur 98: Endring i vannstand ved fjerning av masser i elva ved den rosa profillinja, ved 30 m³/s vannføring.

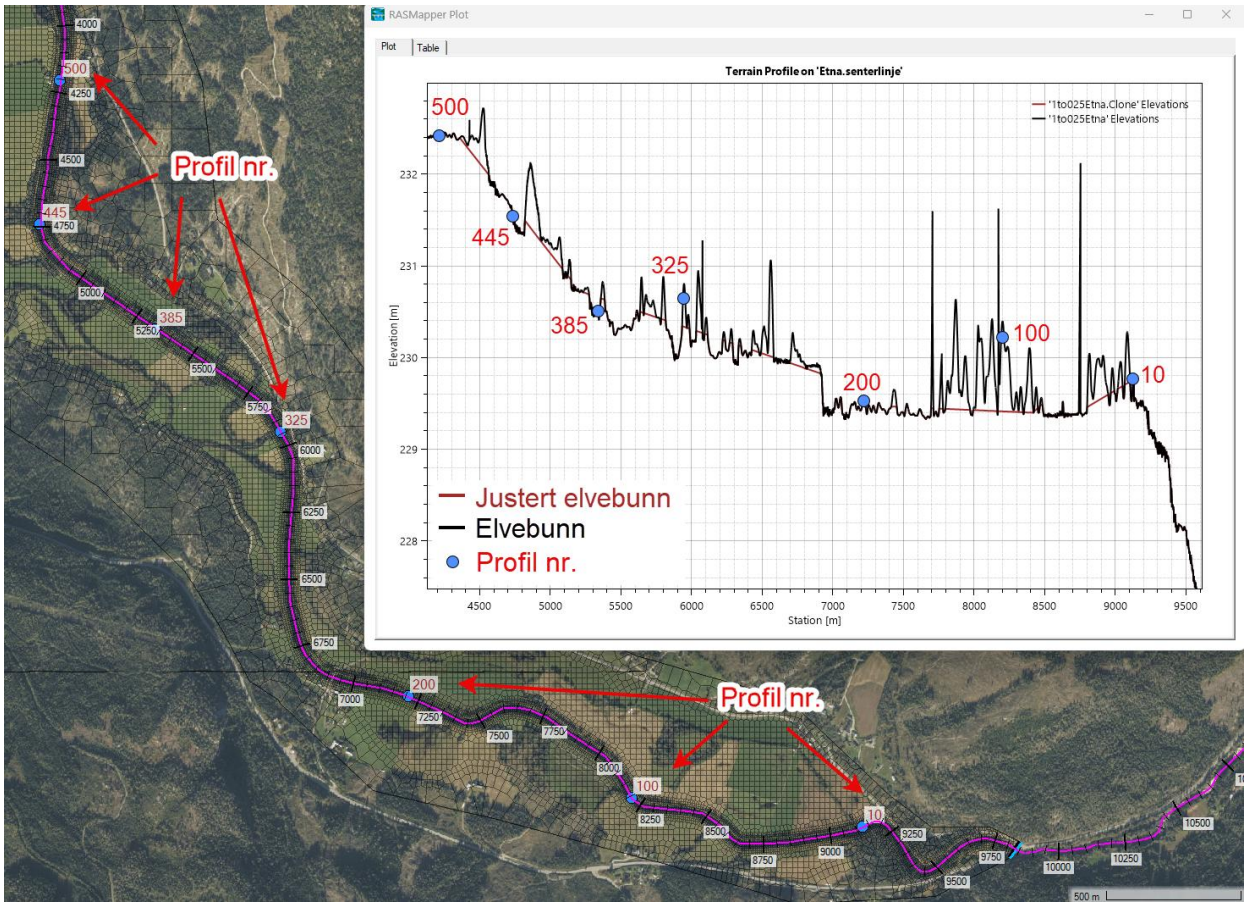
3.3.7 Sammenligning av vannstander fra 1953 og dagens vannstander

I forbindelse med prosjektet er det gjort en sammenligning mellom historiske vannstander fra senkningsarbeidene i Etna og dagens beregnede vannstander fra HEC-RAS-modellen. Formålet med sammenligningen er å få et mer konkret grunnlag for å vurdere om den kanaliserte strekningen av Etna kan ha endret seg over tid, herunder om elveløpet kan ha bygget seg opp som følge av masseavsetning.

Etnedal kommune har oversendt historisk materiale fra NVEs arkiver, et brev datert 27. april 1953, som oppgir vannstander ved flere profiler i Etna før og etter senkning. Dokumentet viser vannstander for både høy flom på 180 m³/s og alminnelig sommervannstand, og tilhørende profilpunkter er stedfestet og sammenholdt med dagens modellgrunnlag. Profilpunktene som inngår i sammenligningen, er vist i Figur 99.

Sammenligningen er basert på:

- historiske vannstander fra 1953 ved profilpunktene 10, 100, 200, 325, 385, 445 og 500
- dagens beregnede vannstander i HEC-RAS ved de samme profilpunktene
- simuleringer for vannføring 180 m³/s
- en enkel følsomhetsanalyse der følgende modellparametere er variert:
    - Mannings ruhetsverdi i elva: n=0,03 og n=0,04
    - friksjonshelning på nedstrøms grensebetingelse: S=0,10 og S=0,05



Figur 99: Profilpunktene som inngår i sammenligningen

De historiske vannstandene er mest sannsynligvis oppgitt i NN1954, mens HEC-RAS-modellen er etablert i NN2000. For å kunne sammenligne nivåene direkte er dagens beregnede vannstander derfor omregnet til NN1954. I denne sammenligningen er det lagt til grunn at NN2000 ligger 0,14 m høyere enn NN1954.

For denne delstrekningen av Etna, hvor sammenligningen mot de historiske profilene er utført, er terrengmodellen representert med 1 × 1 m oppløsning. For denne delen av modellen medfører 1 × 1 m-oppløsningen at elvebunnen flere steder fremstår med små, lite naturlige topper og groper. Slike ujevnheter vurderes å skyldes terrengmodellen snarere enn reelle former i elvebunnen. For å redusere dette er deler av elvebunnen derfor glattet ut ved bruk av «terrain modification» verktøy i HEC-RAS. Figur 99 viser plassering av profilpunktene og sammenligning mellom opprinnelig og justert elvebunn langs modellens senterlinje.

3.3.7.1 Historiske vannstander og dagens beregnede vannstander

Tabell 7 viser historiske vannstander etter senkning i 1953 og dagens beregnede vannstander ved de samme profilpunktene for ulike modelloppsett. Hovedscenarioet er beregning med flomhydrogram på 180 m³/s, Mannings n=0,03 og friksjonshelning S=0,10.

Tabell 12: Sammenligning mellom 1953 og dagens beregnede vannstander (moh) for 180 m³/s.

Pl. Nr.	1953 WSE etter senkning (180 m³/s, NN1954)	Dagens WSE (NN2000)	Dagens terreng (NN1954)	Avvik (m)
10	232,00	231,4	231,26	-0,7
100	232,30	232,7	232,55	0,3
200	232,60	233,2	233,01	0,4
325	233,00	233,7	233,58	0,6
385	233,60	234,1	233,91	0,4
445	234,10	234,5	234,38	0,3
500	235,00	235,6	235,44	0,4

Sammenligningen viser at dagens beregnede vannstander for en flom på 180 m³/s generelt ligger noe høyere enn de historiske vannstandene etter senking i 1953 ved de fleste profilpunktene. Avvikene er hovedsakelig i størrelsesorden ca. 0,3–0,6 m, mens ett profilpunkt viser lavere vannstand i dag enn i 1953. Dette kan indikere at vannspeilet på deler av strekningen ligger noe høyere i dag enn det gjorde etter senkningsarbeidene, og at det dermed kan være skjedd en viss oppbygging eller endring i elveløpet over tid.

Det er imidlertid viktig å understreke at en slik sammenligning ikke alene er tilstrekkelig til å dokumentere at elvebunnen generelt har hevet seg som følge av masseavsetning. Vannstand i elva påvirkes ikke bare av bunnhøyde, men også av blant annet ruhet, lokale tverrprofiler, nedstrøms kontrollforhold og hvordan terrenget er representert i modellen. I denne analysen er dagens vannstander hentet fra HEC-RAS-simuleringer, og resultatene er derfor følsomme for modellforutsetningene.

Det er i den forbindelse gjennomført en enkel følsomhetsanalyse ved å variere Mannings ruhetsverdi i elva mellom 0,03 og 0,04, samt friksjonshelningen på nedstrøms grensebetingelse mellom 0,10 og 0,05. resultater fra følsomhetsanalyse er vist i Tabell 13.

Følsomhetsanalysen viser at disse parameterne gir utslag i beregnet vannstand, men at hovedbildet i sammenligningen med 1953-dataene i stor grad opprettholdes. Dette styrker tolkningen av at forskjellene ikke bare skyldes valg av én enkelt modellparameter, selv om usikkerheten fortsatt er betydelig.

Tabell 13: Sammenligning mellom vannstander fra 1953 og dagens beregnede vannstander (moh i NN1954) ved 180 m³/s.

Pl. Nr.	1953 WSE etter senkning (180 m³/s, NN1954)	Dagens WSE n=0,03, S=0,10 hydrogram	Avvik (m)	Dagens WSE n=0,03, S=0,10 konstant 180 m³/s	Avvik (m)	Dagens WSE n=0,04, S=0,10 hydrogram	Avvik (m)	Dagens WSE n=0,03, S=0,05 hydrogram	Avvik (m)
10	232,00	231,26	-0,7	231,70	-0,3	231,34	-0,7	231,25	-0,8
100	232,30	232,55	0,3	232,96	0,7	232,66	0,4	232,55	0,3
200	232,60	233,01	0,4	233,40	0,8	233,13	0,5	233,01	0,4
325	233,00	233,58	0,6	233,96	1,0	233,74	0,7	233,58	0,6
385	233,60	233,91	0,4	234,25	0,7	234,13	0,6	233,91	0,4
445	234,10	234,38	0,3	234,62	0,5	234,65	0,5	234,38	0,3
500	235,00	235,44	0,4	235,25	0,3	235,41	0,4	235,14	0,1

3.3.7.2 Vurdering

Sammenligningen mellom vannstander fra 1953 og dagens HEC-RAS-beregninger viser at vannspeilet ved en flom på 180 m³/s i mange tilfeller ligger noe høyere i dag enn nivåene som er oppgitt etter senking i 1953. Dette kan indikere at den kanaliserte strekningen av Etna har utviklet seg slik at vannføringen i dag går på et noe høyere hydraulisk nivå enn tidligere.

En mulig forklaring er at det over tid har skjedd en viss oppbygging av elvebunnen som følge av sedimentasjon og masseavsetning. Resultatene er dermed forenlige med den lokale oppfatningen om at elva stedvis har bygget seg opp igjen. Samtidig er det viktig å understreke at denne analysen ikke alene er tilstrekkelig til å dokumentere generell heving av elvebunnen langs hele strekningen.

Det skyldes først og fremst at det er flere kilder til usikkerhet i sammenligningen. Resultatene påvirkes av valg av høydesystem, av hvordan elvebunnen er representert i terrengmodellen, og av modellforutsetninger som ruhet og grensebetingelser. For denne delen av elva er terrengmodellen i HEC-RAS basert på 1 × 1 m oppløsning, og dette er ikke optimalt for å beskrive elvebunnen hydraulisk. De mange små ujevnhetene i terrengmodellen gjør at det har vært nødvendig å glatte deler av bunnen ved bruk av terrain modification for å få en mer fysisk realistisk profil.

Følsomhetsanalysen viser at de beregnede vannstandene varierer når sentrale parametere endres, men uten at hovedtendensen forsvinner. Dette betyr at resultatene ikke bare er et utslag av ett enkelt modellvalg. Samtidig viser analysen også at nivåforskjellene ikke kan tolkes helt direkte som endring i bunnnivå alene.

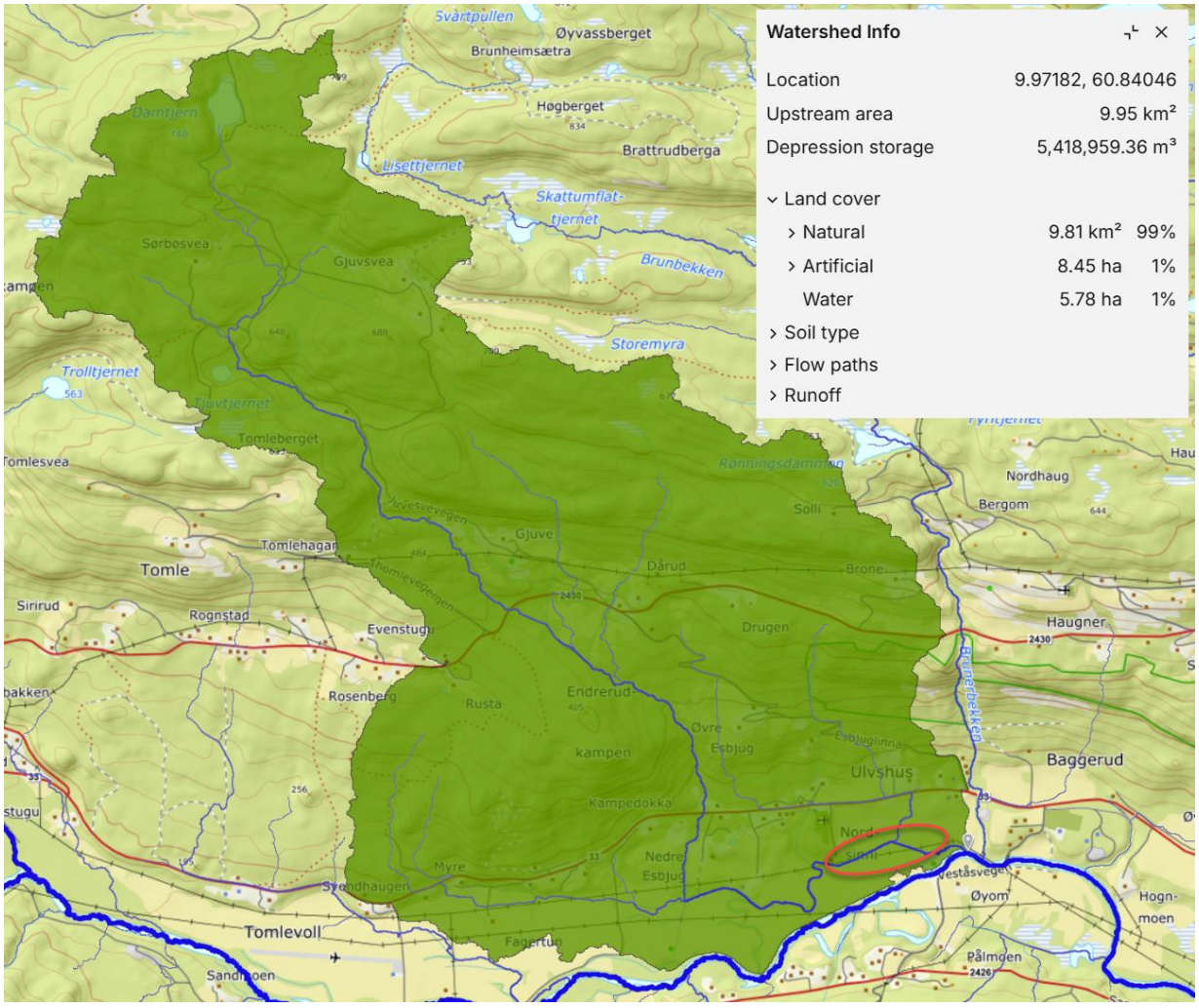
Samlet vurderes sammenligningen mellom 1953-materialet og dagens modellresultater som et nyttig grunnlag for videre diskusjon om utviklingen i elva. Analysen peker i retning av at vannspeilet ved samme vannføring ofte ligger noe høyere i dag enn etter senkingen i 1953, og at dette kan være forenlig med masseavsetning og gradvis oppbygging av bunnen enkelte steder. Resultatene bør likevel betraktes som en indikasjon og ikke som et endelig bevis på generell heving av hele den kanaliserte strekningen.

For å få en sikrere vurdering av om elveløpet faktisk har bygget seg opp over tid, bør dette underbygges med en mer detaljert analyse av historiske profiler og dagens terrenggrunnlag, eventuelt supplert med nye oppmålinger i utvalgte snitt.

3.3.8 Økt hydraulisk kapasitet gjennom kanalen ved Esbjug

For å vurdere effekten av økt hydraulisk kapasitet gjennom kanalen ved Esbjug (Esbjugbekken) er det gjennomført flomberegninger for Esbjugbekken ved bruk av NVEs nasjonale formelverk for små nedbørfelt (NIFS). Formelverket er utviklet for små, uregulerte nedbørfelt og benytter feltareal, normalavrenning (Q_N) og effektiv sjøprosent som forklaringsvariabler for å estimere middelflom og flommer med ulike gjentaksintervall. Metoden er anbefalt for nedbørfelt mindre enn om lag 60 km² og kan benyttes for beregning av flomstørrelser opp til og med 200-års gjentaksintervall (NVE, 2025).

Figur 100 viser nedbørfeltet til Esbjugbekken oppstrøms samløpet med Etna. Nedbørfeltet er beregnet til 9,95 km² i SCALGO, som benytter en høyoppløselig terrengmodell for beregning av feltgrenser og feltareal. Nedbørfeltet domineres av skog (ca. 72 %), mens vann- og innsjøareal utgjør ca. 1 % av feltet.



Figur 100: Esbjugbekken sitt nedbørfelt. Kanalen ved Esbjug er markert med den røde sirkelen.

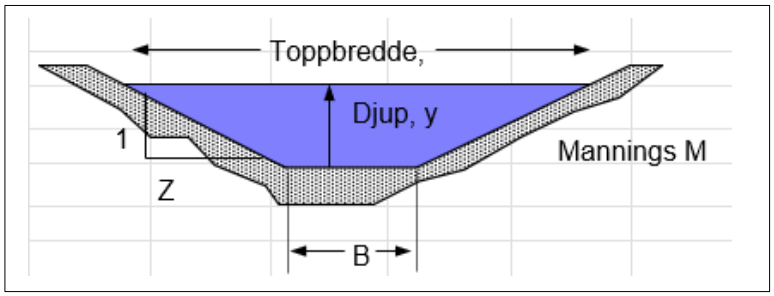
Figur 101 viser resultatene fra flomberegningen utført med NIFS-formelverket. Q_N-verdien (normalavrenningen) er hentet fra NVEs webverktøy NEVINA for meteorologisk normalperiode 1991-2020. Basert på feltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent er middelflommen beregnet til 2,7 m³/s, mens 200-årsflommen er beregnet til 10,2 m³/s for Esbjugbekken.

Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt			
Felt:	Esbjugbekken		
Parametere (fyll ut)			
Middelvannføring	Q_N	14.3	l/s*km^2
Feltareal	A	9.95	km^2
Effektiv sjøprosent	A_{SE}	1	%
Vannføring + flom			
Middelvannføring	Q_N	0.142	m^3/s
Middelflom	Q_M	2.74	m^3/s
Kulminasjonsverdier			
Konstant	k	-0.20044871	
Gj.intervall (T)	Q_T/Q_M	Q_T (m^3/s)	q_T (l/s km^2)
5	1.27	3.47	348.9
10	1.52	4.15	417.3
20	1.78	4.89	491.0
50	2.19	5.99	601.8
100	2.54	6.95	698.8
200	2.94	8.06	809.6
500	*3.34*	*9.14*	*918.2*
1000	*3.59*	*9.82*	*987.3*

Figur 101: Flomberegning for Esbjugbekken ved bruk av NIFS formel for små nedbørfelt.

For dimensjonering av kanalen ved nedre Esbjug er det benyttet kanalberegning med Mannings formel. Beregningene er utført for trapesformet tverrsnitt, siden dette gir en mer realistisk kanalgeometri for en åpen kanal med slake sidekanter enn et rektangulært tverrsnitt. Det foreslåtte tverrsnittet som er brukt som eksempel i beregningene, er vist i Figur 102.

Beregningene er utført med bunnbredde 3,0 m, sidehelling 1:3, bunnkote 144,3 moh. og kanalhelling S0 = 0,0008 m/m. Disse parameterne er hentet fra eksisterende kanalgeometri, som er hentet fra tilgjengelig terrengmodell og er brukt som grunnlag for å beregne vannstand ved ulike vannføringer. Bunnkoten er brukt som referanse for beregnet vannstand som koteverdi, mens kanalhellingen beskriver den svake lengdehelningen på den flate kanalstrekningen ved nedre Esbjug.



Figur 102: Trapesforma tverrsnitt eksempel.

Det er beregnet vanndybde, vannstand, toppbredde, tverrsnittsareal, hydraulisk radius og vannhastighet for vannføringer fra middelflom (3,5 m³/s) til 200-årsflom (10,2 m³/s). Resultatene er vist for to ruhetsverdier, M =

30 og M = 40, for å vise hvordan ruhet påvirker beregnet vannstand og kapasitet. M = 30 representerer en ruere kanal og gir derfor noe høyere beregnet vanndybde enn M = 40. Resultatene for M = 30 er vist i Tabell 14, mens tilsvarende beregninger for M = 40 er vist i Tabell 15.

Resultatene viser at vannstand og toppbredde øker med økende vannføring. De viser også at beregnet vannstand er følsom for valgt ruhet: en lavere Manningverdi gir høyere vannstand for samme vannføring. Beregningene gir dermed et grunnlag for å vurdere om den eksisterende kanalgeometrien har tilstrekkelig hydraulisk kapasitet for flommene som er vurdert, og hvor stor vannstand som kan forventes i kanalen ved ulike flomnivåer.

Tabell 14: Dimensjon på kanalen for ulike flom. Manningsverdi, M = 30 (n=0,033)

Gjentaksintervall	Q [m^3/s]	Y [m]	Vannstand (moh)	Toppbredde [m]	Areal [m^2]	V [m/s]
Q_M	2,74	0,85	145,15	8,11	4,73	0,58
Q_5	3,47	0,96	145,26	8,74	5,62	0,62
Q_{10}	4,15	1,04	145,34	9,27	6,41	0,65
Q_{20}	4,89	1,13	145,43	9,78	7,22	0,68
Q_{50}	5,99	1,25	145,55	10,47	8,39	0,71
Q_{100}	6,95	1,34	145,64	11,02	9,37	0,74
Q_{200}	8,06	1,43	145,73	11,59	10,45	0,77

Tabell 15: Dimensjon på kanalen for ulike flom. Manningsverdi, M = 40 (n=0,025)

Gjentaksintervall	Q [m^3/s]	y [m]	Vannstand (moh)	Toppbredde [m]	Areal [m^2]	V [m/s]
Q_M	2,74	0,74	145,04	7,42	3,84	0,71
Q_5	3,47	0,83	145,13	7,98	4,56	0,76
Q_{10}	4,15	0,91	145,21	8,44	5,19	0,80
Q_{20}	4,89	0,98	145,28	8,90	5,85	0,84
Q_{50}	5,99	1,09	145,39	9,51	6,79	0,88
Q_{100}	6,95	1,17	145,47	10,00	7,58	0,92
Q_{200}	8,06	1,25	145,55	10,50	8,45	0,95

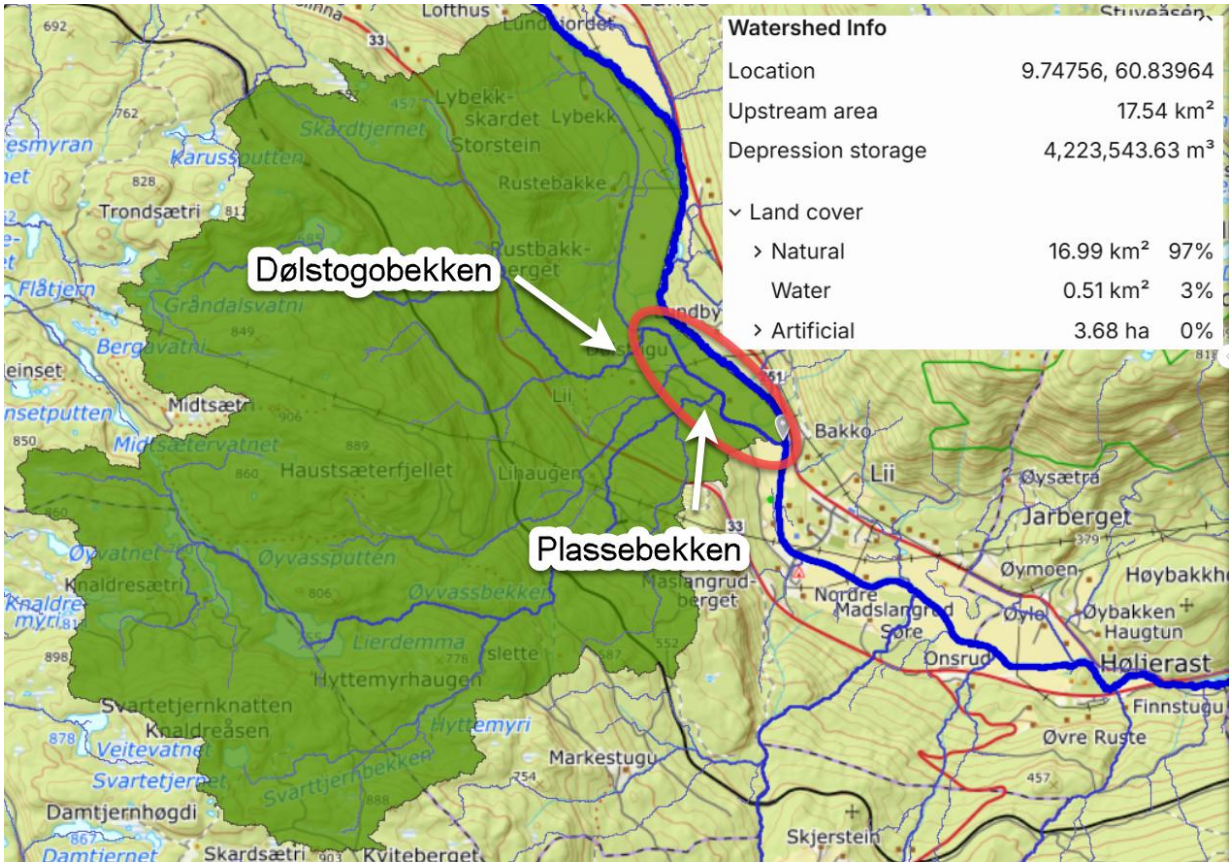
Basert på beregningene anbefales det at videre utforming av kanalen tar utgangspunkt i et trapesformet tverrsnitt med slake sidekanter. Eksisterende kanalgeometri (fra terrengmodell, ikke innmålinger) har bunnbredde 3,0 m og sidehelling 1:3. For å øke den hydrauliske kapasiteten bør det i neste fase vurderes å øke bunnbredden til om lag 4–5 m, samtidig som sidehelling 1:3 og eksisterende lengdehelning beholdes som utgangspunkt. Eventuell lokal senking av bunnkoten bør vurderes først etter kontroll mot terreng, inn- og utløpsnivåer og erosjonsforhold.

3.3.9 Sidebekker i områder Dølstugu og Plassen

I området ved Dølstugu og Plassen er det gjennomført en egen vurdering av flomsituasjonen for sidebekker og mindre vannveier som drenerer mot Etna. Ved store flommer vil vannføringen i Etna være dimensjonerende for flomutbredelsen i området. Denne analysen er derfor avgrenset til mindre flomhendelser, der lokal avrenning fra sidebekker og mindre kanaler kan ha betydning for vannstanden og oversvømmelsen på arealene sørvest for Etna.

Området omfatter Dølstogbekken, Plassebekken og flere mindre sidebekker og kanaler som samles i lavbrekket sørvest for Etna, og som videre drenerer mot det søndre utløpet til Etna.For å analysere flomsituasjonen er det gjort en samlet flomberegning for nedbørfeltet som drenerer til Etna i dette området. Nedbørfeltet er avgrenset i Scalgo og beregnet til 17,5 km², se Figur 103.

Flomverdier for det samlede feltet er beregnet ved bruk av NVEs NIFS-formel for små nedbørfelt, se Figur 104. Beregningene er brukt som grunnlag for å vurdere flomutbredelse i området ved Dølstugu og Plassen.



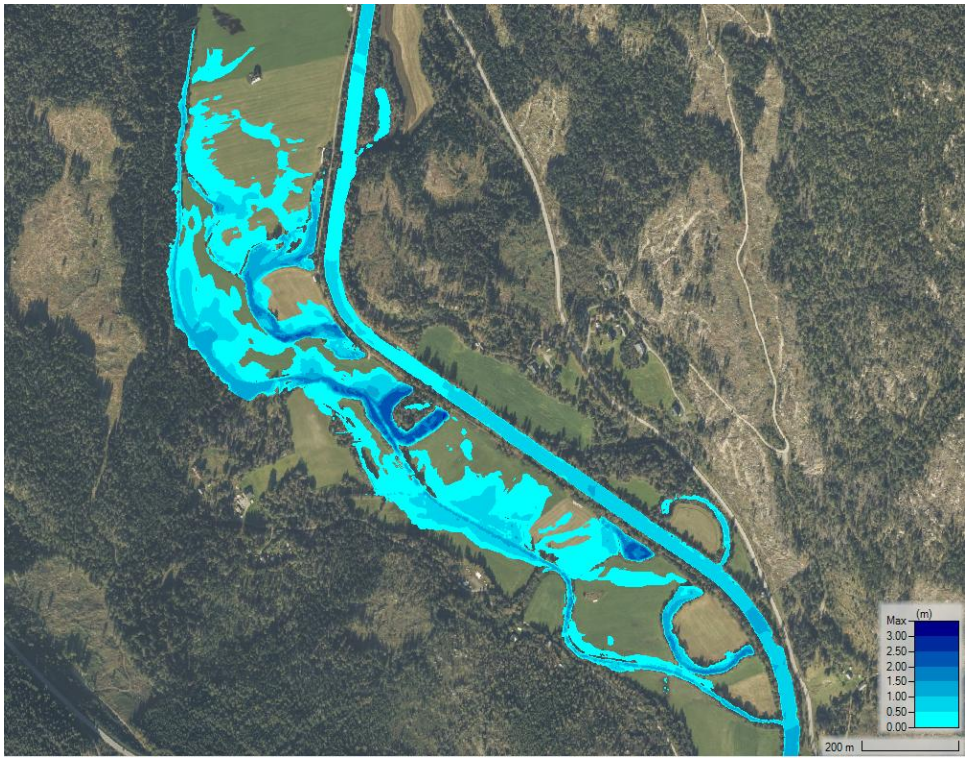
Figur 103: Samlet nedbørfelt av Dølstogobekken, Plassebekken og andre bekker som renner i Etna. Sidebekken er markert med den røde sirkelen.

Figur 105 viser beregnet flomutbredelse for dagens situasjon ved 5-årsflom i sidebekkene, tilsvarende 4,9 m³/s, kombinert med normalvannføring i Etna, tilsvarende 15,1 m³/s. Beregningen viser at store deler av arealet sørvest for Etna blir oversvømt i dagens situasjon. Oversvømmelsen opptrer særlig i området rundt de mindre bekkene og kanalene før vannet drenerer videre mot Etna.

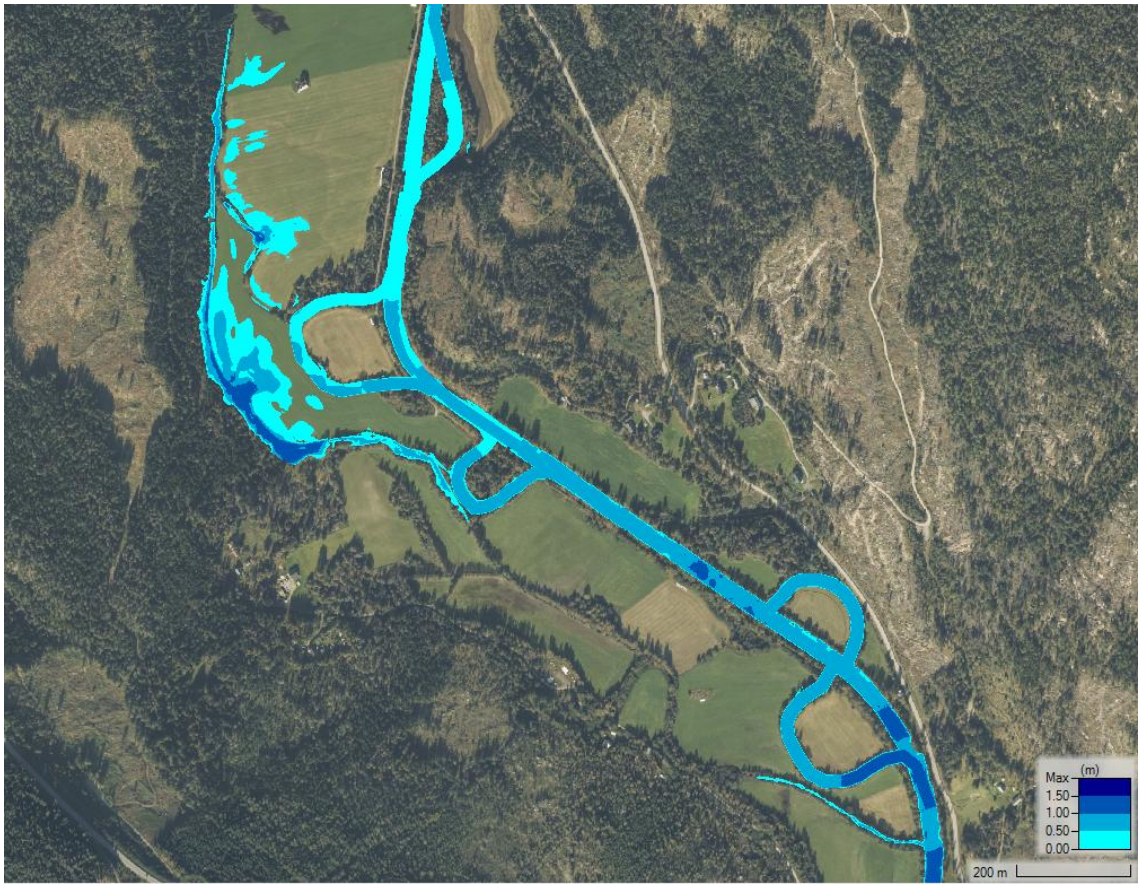
Figur 106 viser tilsvarende beregning for situasjonen med tiltak, der gamle kroksjøer er gjenåpnet. I denne situasjonen ledes en større del av vannføringen fra sidebekkene direkte inn i de gjenåpnede kroksjøene og videre mot Etna. Resultatet viser en tydelig reduksjon i flomutbredelse på arealene sørvest for Etna sammenlignet med dagens situasjon. Tiltaket gir dermed bedre hydraulisk forbindelse mellom sidebekkene, kroksjøene og hovedelva, og kan bidra til bedre avledning av flomvann fra området ved Dølstugu og Plassen.

Nasjonalt formelverk for små nedbørfelt			
Felt:	Dølstugu		
Parametere (fyll ut)			
Middelvannføring	Q_N	15	$l/s*km^2$
Feltareal	A	17.5	km^2
Effektiv sjøprosent	A_{SE}	3	%
Vannføring + flom			
Middelvannføring	Q_N	0.263	m^3/s
Middelflom	Q_M	3.87	m^3/s
Kulminasjonsverdier			
Konstant	k	-0.21518329	
Gj.intervall (T)	**Q_T/Q_M**	**Q_T (m^3/s)**	**q_T ($l/s\ km^2$)**
5	1.26	4.90	279.2
10	1.52	5.88	335.3
20	1.79	6.95	396.3
50	2.21	8.58	489.3
100	2.59	10.03	571.7
200	3.02	11.69	666.7
500	*3.42*	*13.26*	*756.2*
1000	*3.68*	*14.26*	*813.1*

Figur 104: Flomberegning ved bruk av NIFS formel for små nedbørfelt.



Figur 105: Flomutbredelse ved normalvannføring i Etna og 5-årsflom i sidebekken- uten tiltak i Etna.



Figur 106: Flomutbredelse ved normalvannføring i Etna og 5-årsflom i sidebekken- med tiltak i Etna.

3.4 Konklusjon

For større flommer er flomverdiene for Etna og Dokka hentet fra NVEs flomberegning for Dokkavassdraget, mens normalavrenning og mindre, hyppigere vannføringer er vurdert med utgangspunkt i NEVINA og varighetsanalyse av døgnverdier fra målestasjonen Etna 12.70.0. Hydrauliske beregninger er gjennomført for normalvannføring, mindre og moderate flommer, middelflom og større flommer som Q_{20} og Q_{200}. Dette gir grunnlag for å vurdere hvordan tiltakene påvirker vannstand, flomutbredelse og flomforløp ved ulike vannføringer.

Beregningene viser at tiltakene har noe effekt ved mindre og moderate vannføringer. I nedre del av modellen gir tiltakene noe lavere toppvannføring og en svak forsinkelse av flomkulminasjonen. Effekten er tydeligst for vannføringer under ca. 50 m³/s, der økt flomareal og tilknytning til sideløp og kroksjøer kan gi lokal magasinering. Ved større vannføringer, for eksempel 70 m³/s og større, er forskjellen mellom dagens situasjon og tiltaksalternativene bare marginal. Tilsvarende viser tidligere vurderinger fra NORCE/NINA for øvre del at tiltakene har begrenset flomdempingseffekt, men kan gi lokale hydrauliske endringer, blant annet lavere vannstand og lavere vannhastighet i enkelte områder.

I dette prosjektet er tiltakene i øvre og nedre del også vurdert samlet. Denne samlede beregningen viser samme hovedtendens: Ved Q = 45 m³/s gir tiltakene en liten reduksjon i flomtoppen og en svak forsinkelse av flombølgen, mens effekten ved middelflom på 194 m³/s er marginal. Ved store flommer vil vannføringen i Etna være dimensjonerende for flomsituasjonen. Tiltakene gir derfor liten effekt på det overordnede flombildet ved store flommer.

Kartleggingen av flomutsatte bygninger viser at enkelte bygg ligger innenfor beregnet flomutbredelse for sikkerhetsklasse F1 og F2 etter TEK17. I øvre del er det vist mulige lokale flomsikringstiltak for utsatte bygninger ved Q_{20} og Q_{200}. I nedre del er flomutbredelsen mer omfattende. Her vil aktuelle sikringstiltak i hovedsak være lokale flomvoller eller terrengheving rundt enkeltbygninger. Slike tiltak kan redusere oversvømmelse av bygningene, men omkringliggende arealer vil fortsatt være flomutsatt.

Fjerning av terskel/masser ved Barsåk er vurdert som et lokalt tiltak. Beregningene viser at fjerning av om lag 5 000–6 000 m³ masser gir størst effekt ved selve tiltaket, der vannstanden reduseres med om lag 0,5 m. Effekten avtar tilnærmet lineært oppstrøms og går mot null om lag 5 km oppstrøms tiltaket. Nedstrøms er det ikke noe tydelig effekt, trolig fordi stryken nedstrøms fungerer som hydraulisk kontroll. Tiltaket reduserer vannstanden lokalt, men gir ikke grunnlag for å konkludere med vesentlig endring i flomutbredelsen på større deler av strekningen.

Sammenligningen mellom vannstander fra 1953 og dagens HEC-RAS-beregninger viser at vannspeilet ved 180 m³/s flere steder ligger noe høyere i dag enn nivåene oppgitt etter senking i 1953. Dette kan skyldes lokal oppbygging av elvebunnen over tid, for eksempel som følge av sedimentasjon og masseavsetning. Samtidig er det usikkerhet knyttet til sammenligningen, blant annet høydesystem, terrengmodell, ruhet og grensebetingelser. Følsomhetsanalysen viser at beregnet vannstand påvirkes av modellforutsetningene, men dagens beregninger ligger fortsatt flere steder høyere enn nivåene fra 1953. Resultatene bør derfor tolkes som en indikasjon på mulig lokal bunnoppbygging, ikke som dokumentasjon på generell heving av hele den kanaliserte strekningen.

Ved Esbjug er det gjort egne flom- og kanalberegninger for Esbjugbekken. Nedbørfeltet er beregnet i Scalgo til 9,95 km², og NIFS-beregningen gir en 200-årsflom på 10,2 m³/s. Kanalberegningene er utført for et trapesformet tverrsnitt basert på eksisterende kanalgeometri fra terrengmodellen. Resultatene viser nødvendig vanndybde, vannstand, toppbredde, areal og vannhastighet for flommer fra middelflom til 200-årsflom. Hvis det ønskes å øke kapasiteten for å håndtere større flommer anbefales det at videre utforming tar utgangspunkt i et trapesformet tverrsnitt med slake sidekanter, og at bunnbredden vurderes økt fra 3,0 m til om lag 4–5 m dersom terreng, inn- og utløpsnivåer og erosjonsforhold tillater det.

For området ved Dølstugu og Plassen viser beregningene at gjenåpning av gamle kroksjøer kan redusere lokal flomutbredelse ved mindre flomhendelser fra sidebekkene. I dagens situasjon brer vannet fra Dølstogbekken, Plassebekken og øvrige mindre sidebekker seg i stor grad utover de lavtliggende arealene sørvest for Etna før det drenerer videre mot hovedelva. Med tiltak ledes en større del av vannet via de gjenåpnede kroksjøene og videre mot Etna. Dette gir bedre lokal avledning og mindre oversvømt areal i området sørvest for Etna. Ved større flommer vil flomsituasjonen i området fortsatt i hovedsak være styrt av vannføringen i Etna.

Samlet viser beregningene at tiltakene hovedsakelig har lokal hydraulisk virkning. De kan gi noe flomdemping og forsinkelse ved mindre og moderate flommer, bedre lokal avledning fra sidebekker og bedre hydraulisk forbindelse mellom Etna, sideløp og kroksjøer. Ved store flommer styres flomsituasjonen fortsatt i hovedsak av vannføringen i Etna.

4 Referanser

DiBK. (2023, August 25). *§ 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo*. Hentet fra Byggteknisk forskrift (TEK17): https://www.dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/7/7-2/

NORCE. (2026). *Kartlegging av habitatforhold og forslag til biotopforbedrende tiltak med vurdering av flomdempende effekt i Etna mellom Etnsenn og Høljerast 2025.*

NVE. (2024). *Flaumutrekning for Dokka og Etna (12.EZ), nr. 9/2024.*

NVE. (2025). *Veileder for flomberegninger.*