



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Naturbasert sikring av kantsoner langs elver med rotstokkmetoden

Metodebeskrivelse og erfaringer fra et pilotanlegg i Norge

NIBIO RAPPORT | VOL. 12 | NR. 116 | 2026



Rapport

TITTEL:	Naturbasert sikring av kantsoner langs elver med rotstokkmetoden – Metodebeskrivelse og erfaringer fra et pilotanlegg i Norge	
DATO:	10.09.2026	REVIDERT DATO: -
ANTALL SIDER:	32	ANTALL VEDLEGG: -

FORFATTER(E):	
NAVN:	DIVISJON/ STASJON/ANNET:
Anja Celine Winger	Divisjon for miljø og naturressurser, NIBIO
Dominika Krzeminska	Divisjon for miljø og naturressurser, NIBIO
Robert Barneveld	Divisjon for miljø og naturressurser, NIBIO
Marie-Cécile Gruselle	Divisjon for miljø og naturressurser, NIBIO
KONTAKTPERSON NIBIO: Anja Cecilie Winger, anja.winger@nibio.no	

RAPPORTNUMMER: 12/116/2026	PROSJEKTNUMMER: 52880	ARKIVNUMMER: 26/02432
TILGJENGELIGHET: Åpen	ISBN: 978-82-17-04057-6	ISSN: 2464-1162

OPPDRAUGSGIVER: Nordisk ministerråd, Akershus Fylkeskommune
--

PROSJEKTLEDER: Anja Celine Winger	KVALITETSSIKRET/GODKJENT: Thomas Hartnik
---	--

STIKKORD: Naturbasert erosjonssikring, erosjon, rotstokkmetoden Nature based erosion control, large wood, root wades	FAGOMRÅDE: Hydrologi og Vannmiljø, Naturbaserte løsninger Hydrology and water environment, Nature based solutions (NBS)
--	---

SAMMENDRAG: Rapporten beskriver utprøving av rotstokkmetoden som en naturbasert løsning for sikring av erosjonsutsatte elvekanter. Metoden ble etablert våren 2023 langs en om lag 80 meter lang strekning nederst i Gjødningelva i Hurdal kommune. Sikringen består av rotstokker stabilisert med stein, stedlige masser og et lag grus fra elvebunnen. Oppfølging med dronebaserte høydemodeller, visuelle observasjoner og vegetasjonskartlegging viser at sikringen og den tilstøtende kantsonen i hovedsak er stabile. Det er ikke observert fortsatt erosjon eller vesentlig masseforflytning. Vegetasjonen er i ferd med å reetableres naturlig, mens plantede stiklinger og små trær har hatt lav overlevelse. De foreløpige resultatene tyder på at metoden kan redusere erosjon og undergraving og samtidig gi et mer variert fysisk habitat enn tradisjonell erosjonssikring. Det er likevel behov for videre overvåking og utprøving på flere lokaliteter før det kan trekkes generelle konklusjoner om levetid og anvendelighet.

Rapportens referanse: Anja Celine Winger, Dominika Krzeminska, Robert Barneveld, Marie-Cécile Gruselle (2026). *Naturbasert sikring av kantsoner langs elver med rotstokkmetoden – Metodebeskrivelse og erfaringer fra et pilotanlegg i Norge* (NIBIO RAPPORT, 12/116) Norsk institutt for bioøkonomi.

Forord

FNs naturpanel slår fast at det er fem direkte årsaker til at naturmangfoldet i verden er truet, og samtlige skyldes menneskelig aktivitet. Årsakene er arealendringer ifølge naturpanelet, rovdrift, klimaendringer, forurensing og spredning av invaderende arter til nye økosystemer.

Mange elver, bekker og innsjøer har de siste 100 -150 årene gjennomgått store morfologiske endringer, arealendringer. Endringene innebærer alt fra utrettinger for å slippe tømmer frem i tømmerfløtingens tid, til utretting og rørlegging av meanderende elver i forbindelse med kanaliseringen av jordbruket på 50 tallet, veibygging og kloakkrør, til steinsetting av erosjonsutsatte elver som følge av dette, eller utbygging av vannkraft og dammer til andre formål.

Disse endringene, alene eller i samspill med klimaendringer, har ført med seg utfordringer, inkl. erosjon. I en del tilfeller er det behov for å sikre bekkekanter mot erosjon, og dette har i stor grad vært gjort med steinsetting av bekkekanter, enten som en plastring av kanten, sikring med steinkister, eller betong. Jo sterkere krefter, jo sterkere armering. Formålet har vært å beskytte bekkekanten og det som står på denne mot utrasing.

Problemet med denne tilnærmingen er at disse metodene ofte ikke er til gunst for økologien i elvene og i verste fall vil det også endre hydrologien på et slikt vis at problemet flytter seg, enten til andre siden av elva, oppstrøms eller nedstrøms avhengig av elvas utforming, fall, omkringliggende areal og bruk av dette.

Det ble i denne forbindelse, sommeren 2021 ytret et ønske fra forvaltningen, her ved Estrella Fernandez i Akershus fylkeskommune (AFK), om NIBIO kunne være med å prøve ut andre mer naturbaserte erosjonssikringsmetoder. NIBIO har lang erfaring med forskning på kantsoner, og mangel på disse, med tilhørende påvirkning på vannmiljø.

Det ble opprettet en prosjektgruppe med AFK ved Estrella Fernandez, Hurdalsvassdraget/Vorma (HUVU), ved Helge B. Pedersen, Dominika Krzeminska og Anja C. Winger fra NIBIO, hvor vi vurderte muligheten for mer naturbaserte sikringsmetoder. Prosjektgruppen så på metoder benyttet i Spania med «trekister» og vi så på rotstokk metoden ('large wood' eller 'Root wade' på engelsk). Vi besluttet så å søke midler fra nordisk ministerråd sin satsing på naturbaserte løsninger høsten 2021, og denne ble innvilget over tre år fra mars 2022. Mars 2023 bygget vi den første piloten ved bruk av rotstokkmetoden. Etter innvilgelsen ble også Vannområdene Leira-Nitelva ved Line Gustavsén og Øyeren ved Kristian Moseby med i prosjektgruppa.

Nordisk ministerråd krevde at prosjektet hadde en styringsgruppe, og vi etablerte en gruppe med Akershus fylkeskommune som prosjekteier ved Helene Gabestad og NVE som aktivt gruppemedlem ved Grete Hedemann Aalstad. Statsforvalteren var også med som observatør, representert ved Pernille Andrine Eriksdatter Giske.

Fra NIBIO har flere vært involvert i prosjektet. Dominika Krzeminska har ledet prosjektet sammen med Anja Celine Winger, Robert Barneveld har gjennomført analysen med DEM, Marie-Cécile Gruselle har gjennomført vegetasjonskartleggingen i 2025. Oda Fosse, Thor Endre Nytrø, Ruben Pettersen og Susanna Burgess har vært med på feltarbeidet og faglig støtte. Også Anne Grete Buset Blankenberg og Eva Skarbøvik har bidratt med faglig støtte i

prosjektgruppa. Vi har også hatt med to praktikanter fra ENSEGID i Frankrike, Louise Marsan og Lisa MacDonald, som bl.a. var med på å kartlegge overlevelse på stiklinger etter 1 år.

I tillegg har vi fått hjelp av Hamish Moir fra CBEC eco- engineering og Sam Hesling fra MccGowan Ltd. i prosessen med nedleggelse av rotstokkene.

Grunneier Tor Åge Bundli og Entreprenør Kristoffer Grønvold gjennomførte arbeidet en hektisk periode i månedsskifte mars/april 2023.

Arbeidet ble finansiert av Nordisk ministerråd, (Viken) Akershus fylkeskommune, Hurdal Kommune (SMIL-midler), vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma og noe via NIBIOS grunnfinansiering fra landbruks- og matdepartementet.

Denne rapporten beskriver gjennomføringen av rotstokkmetoden i Gjødingelva i Hurdal kommune.

Ås, 10.09.26

Anja Celine Winger

Innhold

1	Innledning	6
1.1	Rotstokkmetoden, bakgrunn	6
1.2	Stabilitet og tilvekst i tiltaksområdet	9
2	Metode	11
2.1	Lokalitet for utprøving av metode – Gjødingelva	11
2.2	Beskrivelse av Rotstokkmetoden generelt og spesielt i Gjødingelva	12
2.2.1	Generell beskrivelse av rotstokkmetoden	13
2.2.2	Stedsspesifikk tilpasning til nederste del av Gjødingelva	14
2.2.3	Stabilitet – Analyse av topografi ved bruk av digital høydemodell (DEM)	19
2.2.4	Reetablering av vegetasjon	20
3	Resultater fra stabilitetsvurdering og vegetasjonskartlegging	22
3.1	Stabilitetsvurdering	22
3.2	Reetablering av vegetasjon	26
4	Konklusjon	29
	Litteraturreferanser	31

1 Innledning

Å sikre bekkekanter mot erosjon, kan i noen områder være helt nødvendig. Erosjon i bekkekanter kan i verstefall føre til jordskred, og selv uten betydelig skredfare vil bekkekantererosjon alltid føre til tap av jord til vassdraget, og i landbruksdominerte områder betyr dette tap av verdifull matjord og viktige næringsstoffer, som igjen forurenser vassdragene med partikler og for store mengder næringsstoffer, plantevernmidler etc. Det er derfor et poeng å forhindre dette. Den beste løsningen vil kanskje være å gi elva litt mer plass og lage naturlige kantsoner, men dette er ikke alltid mulig og da må en må finne andre metoder. Erosjonssikring i vassdrag bør både stabilisere jordmassene, hindre graving i elveløpet og bidra til å opprettholde kantsonens økologiske funksjoner. Tradisjonell steinsikring kan gi god erosjonsbeskyttelse, men vegetasjonsbaserte og andre naturbaserte løsninger kan i større grad ivareta biologisk mangfold og naturlige prosesser, og har samtidig potensial til å øke hydraulisk ruhet i elveløpet og dermed bidra til å dempe strømningsenergi og erosjonspress (eg. Anzani et al. (2025); Schmitt et al. (2018) m.fl.)

Hensikten med denne rapporten er å vise frem en metode som har blitt prøvd ut i Gjødingelva i Hurdal kommune. En metode vi tror oppfyller alle funksjonene over, vi har valgt å kalle den rotstokkmetoden. Rotstokkmetoden kalles på engelsk 'root wade' eller 'large wood', og er godt utprøvd i en del andre land. Metoden krever inngrep i kantsonen med tyngre maskiner, altså et inngrep i bekkekanter som vil bidra til oppvirvling av sedimenter og justering av kantsonens, og i noen tilfeller elvebunnens struktur i anleggsfasen, men som er antatt å ville hindre erosjon og stabilisere kanten vel så godt, om ikke bedre, enn steinsetting. Metoden er også antatt å være særlig mye bedre for å hindre tap av jord og næringsstoffer, for å øke biologisk mangfold i og langs bekkekanter, og i tillegg vil røttene som står ut i vannmassene bremse vannet langs kanten og slik forhindre undergraving av bekkekanter.

I denne rapporten beskrives rotstokkmetoden og hvordan denne ble tilpasset i nedre del av Gjødingelva, som er sterkt påvirket av varierende vannstand gjennom reguleringen i Hurdalssjøen. I tillegg vises det hvordan stabiliteten er vurdert og det følger med en beskrivelse av revegeteringen på land etter anleggsfasen.

I tillegg er det i dette og tilstøtende prosjekt tatt biologiske prøver i elva, målinger av stabiliteten i jorda med vingebor (*vane shear test*) (Bjerrum, 1972) og hydrauliske målinger. Analysene av disse målingene er ikke ferdigstilt p.t. og vil inngå i det tilstøtende prosjektet hvor resultatene også vil sammenlignes med tilsvarende prøver i andre områder med ulike typer erosjonssikring. Dette tilstøtende prosjektet er finansiert over Landbruksdirektoratet Klima og Miljø Program –med prosjekttittel Helt naturlig, og det skal ferdigstilles våren 2027.

1.1 Rotstokkmetoden, bakgrunn

Så langt vi kjenner til, er kantsikring med rotstokker gjennomført i Norge i Gjødingelva og i Rastadelta i Revetal, Tønsberg kommune. Utførelsen skiller seg noe mellom stedene, men på begge steder har det blitt benyttet rotstokker for å sikre mot kantererosjon. Flere områder er også under utredning, så i løpet av 2026 og 2027 vil en kanskje se en del flere slike løsninger prøvd ut i Norge.

Det er ikke helt lett å finne opprinnelsen til denne metoden, men gjennom litteratursøk er det funnet at metoden er beskrevet og prøvd ut både i USA, England og Skottland. Tabell 1

viser en liste over nettstedene og dokumenter som beskriver ulike varianter. Alle disse viser til erosjonssikring etter samme prinsipp med rotstokker, men ikke alle er gjort helt likt. Det kan være lokale varianter, eller det kan være erfaringsbasert utvikling av metoden. F.eks. ser det i USA ut til at det som har vært vanlig er at stokkene ligger med en langsgående stokk som base i vassdragsretningen og at rotstokkene ligger 90 grader på disse, se eksemplene 1-4 i Tabell 1. Metodevarianten med en langsgående stokk er, så langt vi har sett, ikke beskrevet fra i Europa. Om dette skyldes at det er funnet indikasjoner på at stokken må ha bedre forankring er usikkert. Dette var i alle fall tilfelle i en undersøkelse i Alaska, særlig i de områdene hvor det var høy vannføring og sterk strøm (Karle et al., 2005)

I Gjødingelva er metoden utført omtrent slik det er beskrevet av CBEC (se Tabell 1 nr 5) og der er det ingen langsgående tverrstokk, men en annen form for sikring av overgangen mellom bekkekant og bekkebunn (ofte kalt foten). Detaljert beskrivelse av metode og spesiell tilpasning til Gjødingelva ligger i avsnitt 2.2.

Tabell 1 oversikt over veiledere og nettsider hvor rotstokkmetoden er beskrevet, listen er ikke uttømmende

Nr	Tittel	Illustrasjon	Lenke
1	Root Wads- Step-by-Step		rootwad.pdf
2	Root wad Composites for Streambank Erosion Control and Fish Habitat Enhancement		sr21.PDF
3	Root wads - handbook		Root Wads - streamhandbook.org
4	Erosion Control Techniques		4. Erosion Control Techniques
5	CBEC		cbec - Restoration Specialists for the Water Environment
6	Green approaches in river engineering		Green approaches in river engineering.pdf

7	Sustainable Bank Protection: brash bundles & root wads		Sustainable Bank Protection: brash bundles & root wads - Farming and Water Scotland
---	---	---	---

1.2 Stabilitet og tilvekst i tiltaksområdet

Effekten av rotstokkmetoden vil være påvirket av lokale forhold. I Gjødingelva er særlig reguleringen av innsjøen (Hurdalssjøen) viktig for både stabilitet og vegetasjonsutvikling. Det var derfor ønskelig å følge utviklingen i sikringen og de tilstøtende arealene etter at tiltaket var gjennomført.

For å gjøre det enklere å forklare de ulike arealene innenfor tiltaksområdet, er de ulike delene av sikringen vist i Figur 1. Figuren viser lengst til venstre jorden der det dyrkes gras, markert med grønn linje. Mellom grønn og gul linje, ligger området som ble påvirket av anleggsarbeid, men kun på overflaten. Dette området omtales fra her som tilstøtende kantsone. Området mellom gul linje og vannet kalles her sikringen. Det vil i rapporten gjennomgående bli vist til tilstøtende kantsone og sikringen når disse to områdene omtales. På bildet i Figur 1 vises også røttene på rotstokken godt (se også Figur 20 for bilde av rotstokkene før nedleggelse).



Figur 1 viser sikringen med rotstokker og tilstøtende kantsone. Gul linje markerer de to områdene og grønn linje viser uberørt gras areal. Personen på bildet er Helge B. Pedersen. Foto Anja C. Winger

Høyeste regulerte kote ligger omtrent på den gule linjen. Dette innebærer at fra juni til februar er vannstanden omtrent på dette nivået. Sikringen er vanligvis dekket av vann fra juni til januar/februar, mens den tilstøtende kantsonen hovedsakelig er tørr, eller semitørr.

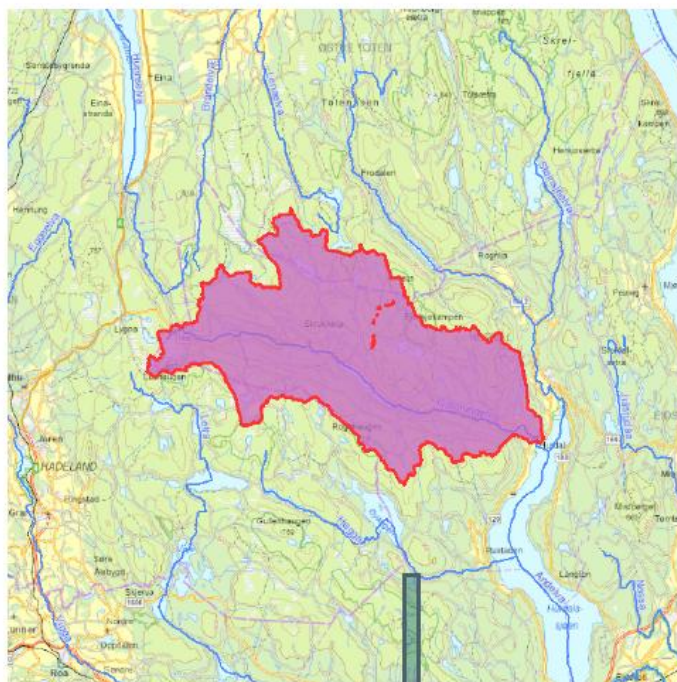
Det er flere faktorer som påvirker stabiliteten av en bekkekant. Landmassenes bevegelse, fuktighet i jord og jordstruktur, mekaniske krefter fra røtter og mekaniske krefter fra vannmassene når de er i bevegelse, men også vannmetning i bekkekanten og grunnvannsnivået (Abramson et al., 2001). I nederste del av Gjødinglelva er kantsonen vannmettet på omtrent den koten innsjøen reguleres. Da arealene ovenfor den utsatte kanten er skrånende, vil det med mye

regn, være en konstant tilførsel av vann til kantsonen fra arealene over og ved tørke vil innsjøens vannspeil konstant tilføre kantsonen vann. (se f.eks. Abernethy and Rutherford (2000); Genet et al. (2005); Vergani et al. (2012); (Wu & Watson, 1998)). En konstant vannmettet sone i kombinasjon med høy hastighet på vannet i elva ved lav vannstand, har med stor sannsynlighet ført til erosjonen på strekningen som nå er erosjonssikret (se før-bilde i Figur 3).

Sikringen med rotstokker vil fortsatt være utsatt for disse kreftene, og det var derfor et ønske om å forsøke å kartlegge hvor stabilt massene ligger. For å måle dette er det benyttet topografiovervåkning med (DEM: digital elevation model). (se f.eks. Wilson and Gallant (2000)).

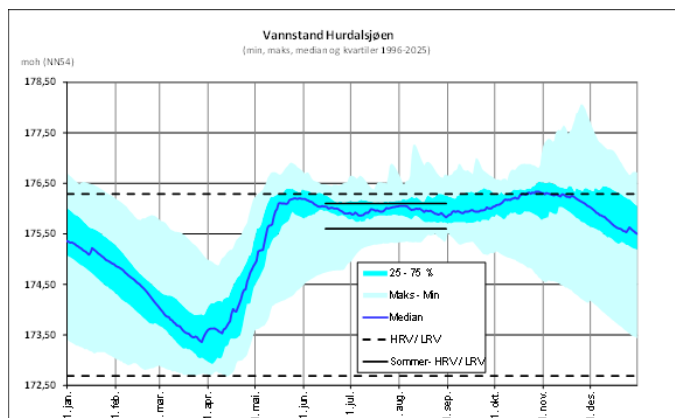
Men da stabilitet av jordmasser henger sammen med plantedekke (se f.eks. Skarbøvik (2026) har vi også kartlagt plantedekke på den tilstøtende kantsonen etter at tiltaket ble gjennomført.

2 Metode



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn.punkt: 282672 E
6703359 N



Figur 2 Gjødingelva nedbørfelt (oppe) og eksempel på typisk variasjon i vannstanden i elven (nede).

I dette kapittelet beskriver vi området vi har forsøkt metoden i, rotstokkmetoden generelt og metoden tilpasset Gjødingelva, hvordan vi har vurdert stabilitet i sikringen og kartlegging av plantet og naturlig tilvekst i tilstøtende kantsone 2 år etter bygging.

2.1 Lokalitet for utprøving av metode – Gjødingelva

Gjødingelva renner inn i Hurdalsjøen fra Vest-Nordvestlig retning. Nedbørfeltet er beregnet til å være 142 km². Det består av 90,2 % skog, 3,7 % myr og 3,5 % innsjø (resten er uklassifisert – kilde: NEVINA). Nedbørfeltet faller fra 824 moh – 176 moh ved utløpet til Hurdalssjøen. Elvestrekningen er på 23,9 km (se Figur 2).

Helt nederst, ved utløpet til Hurdalsjøen, ligger erosjonssikringen som beskrives i denne rapporten. Dette området av elven er påvirket av reguleringen av Hurdalssjøen. Dette betyr at området har store vannstandsendringer, men som følger et relativt fast sesongmønster. Fra juni til november er vannstanden på omkring 176 moh, mens i perioden november til juni synker vannstanden til 173 moh, med laveste periode rundt begynnelsen av april (se Figur 2). Når vannstanden er lavere enn ca. 175 moh er området en elv med rennende vann i retning Hurdalssjøen. Går vannstanden over dette, blir området en del av innsjøen med stillestående vann.

Oppstrøms tiltaksområdet er det i 2025 gjort restaureringsarbeid i elva¹. Elva var i gammel tid endret for tømmerfløting, men nå er deler satt tilbake til en mer naturlig tilstand. Denne elva er i svært dårlig økologisk tilstand med hensyn på fisk. Se vann-nett².

2.2 Beskrivelse av Rotstokkmetoden generelt og spesielt i Gjødingelva

Gjødingelva ble valgt ut sammen med vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma etter forslag fra grunneier. Grunneier hadde tidligere søkt om å få flytte en grusør som hadde samlet seg langs motgående bredd (se Figur 3). Grunneier hadde en teori om at grusøren var årsaken til at det hadde begynt å grave mer på hans side (til høyere på Figur 3), da han antok at det var grusøren som presset vannet over til motsatt side. Dette kan ikke verifiseres, men at vannet hadde størst hastighet og at djupålen lå langs vestlig bredd ble observert.



Figur 3 Bilde av Gjødingelva før tiltak. Bilde til venstre viser grusøren på østsiden som hadde bygd seg opp og bilde til høyre viser den eroderte kanten på vestsiden. Vannstand er på ca. 174 moh på dette tidspunktet (foto Estrella Fernandez)

Legg også merke til at det på østsiden er steinsatt med store stein. Dette er gjort lang tid tilbake, og er gjort for å forbedre tømmerets vei nedover vassdraget (se f.eks. sluttrapport fra restaureringsprosjekt i Gjødingelva³).

Basert på befaringen ble området vurdert som tilstrekkelig egnet for utprøving av tiltaket. Det er liten risiko for skade på infrastruktur eller personer dersom tiltaket ikke fungerer etter hensikten. Samtidig vurderes tiltaket å ha et stort potensial for å redusere den pågående erosjonen i bekkekanten dersom det fungerer som planlagt (Figur 3).

¹ Sjekk HUVO - <https://huvo.no/aktuelt/restaurering-av-gjodingelva-er-satt-i-gang/>

² <https://vann-nett-dev.miljodirektoratet.no/waterbodies/002-317-R/map>

³ [Gjødingelva-Restaurering-2025-Sluttrapport.pdf](#)

2.2.1 Generell beskrivelse av rotstokkmetoden

Her gis en generell beskrivelse av metoden, slik den vanligvis gjennomføres av CBEC (se Tabell 1). Til dette benyttes relativt store trær med rota på. Trærne bør være kvistet og stokkene bør ha en diameter på minst 20 cm og være et sted mellom tre og seks meter lange. Rota bør ha en diameter på 2,5-3 meter. Så vidt vi kjenner til er det ikke gjort studier av hvilke treslag som er best egnet. Dette antas å ha liten betydning, gitt at trærne ligger nærmest oksygenfritt i jordmassene, og at rota hovedsakelig er dekket av vann. Noen treslag vil også kunne gi rotskudd, dette har vi ingen erfaring med, men vi mener at dette vil være positivt for tiltaket. Ferske stokker forenkler gjennomføringen. Dersom stokkene har tørket over tid, kan økt oppdrift gjøre det krevende å få dem stabilt plassert og tildekket med masser. Se generell skisse for visualisering av tiltaket (Figur 4).

Den første raden som legges ned langsmed bekkebunnen danner «fundamentet» i strukturen og må gjøres nøyaktig for at sikringen ikke skal undergraves. Det må graves en langsgående «grøft» i/langsmed bekkeløpet hvor røttene skal legges ned i, og det første laget med stokker bør legges noe under eksisterende bekkebunn slik at ca. halve stokken ligger nedgravd i plan med elvebunnen når elvebunnen er «tilbake på plass». Den langsgående grøften bør lages på en strekning på ca. 6-9 meter av gangen, slik at en kan legge ned to eller tre trær om gangen. Dette gjør at grøften ikke raser for mye sammen før en er ferdig. Det vil være umulig å holde området helt tørt, så denne delen bør en bruke noe tid på å få gjort grundig. Når to-tre stokker er på plass legges det på stein og jordmasser før en går videre. Trærne skal legges slik at de står lett vinklet oppstrøms. Dette gjør at de «fanger» vannet på vei nedover. Se Tabell 1 CBEC.

Når første rad er på plass, legges lag 2 litt tilbaketrukket, ca. 1 meter, fra de første og mellom disse slik at røttene danner et tilnærmet sammenhengende nett. Dette laget stabiliseres også med stein og jordmasser.

Det må vurderes fra sted til sted hvor mange lag som skal legges, men røttene bør ikke stikke opp over normalvannstanden. Når siste lag er lagt, vil det i en elv med naturlige vannstandsendringer dekkes til med, enten det vegetasjonslaget som ble løftet vekk under tilretteleggingsfasen, duk med frø, levende faskiner (se oversikt i f.eks. Winger and Krzeminska (2024) eller annet materiale som gjør at det etableres naturlig vegetasjon over rotstokkene. Dette vil da både etablere røtter som holder den nye bekkekanten stabil, og som bremser vannet inn mot kanten, slik at disse over tid vil erstatte den delen av de nedgravde røttene som stikker ut i vannmassene. En må regne med at den delen av rota som stikker ut, med tiden vil slites en del ned. Se skisse i Figur 4 for illustrasjon.

2.2.2 Stedsspesifikk tilpasning til nederste del av Gjødingelva

I Gjødingelva måtte vi gjøre dette på en litt annen måte siden Hurdalssjøen er regulert og området skifter mellom å være en elv og del av en innsjø (Hurdalssjøen). Reguleringshøyden er på 3,5 meter.



Figur 4. Denne generelle skissen illustrerer hvordan rotstokkene armerer «foten» på bekkekanten, altså overgangen mellom bunn og kant, og hvordan naturlig vegetasjon armerer på oversiden av sikringen. Legg merke til hvordan røttene er gravd ned under bekkebunnen, pilen av tre viser retningen på rotstokkene og pilen av vann viser strømretningen. I denne skissen er det lagt et jordlag øverst, dette jordlaget er igjen grunnlaget for vegetasjonen i kantsonen (illustrert av Oda Mamen).

Området, på ca. 80 m og ca. 190 m² ble først ryddet for is, deretter ble det laget en vei ned i bekken. Grusøren i elva ble lagt som en «molo» rundt tiltaksområdet (Figur 5 og 6).



Figur 5. 21. mars 2023 var arbeidet i gang. Det måtte fjernes en god del is. Vannstanden var på dette tidspunktet ca. 172,7 moh. og graveren er i gang med å etablere en molo (Foto Dominika Krzeminska)

Den tilstøtende kantsonen ble rettet ut slik at den utgjorde en tilnærmet rett vegg ned mot bekkebunnen (se Figur 6 a og b). På dette tidspunktet var vannstanden i elva på mellom 10 og 30 cm (ca. 172,7 moh (= kote 172)).

I noen deler av tiltaksområdet måtte det fjernes vegetasjon, denne ble tatt opp så hel som mulig for siden å kunne legges tilbake. Massene under vegetasjonen ble lagt i en haug. Grunneier hadde også tilgang på noen store stein fra et utbyggingsprosjekt i nærheten. Disse ble benyttet som stabiliserende steiner.

Stokkene kom fra grunneiers egen tomt og disse ble tatt ned uken før.

Etter at området var klarlagt, ble det benyttet to gravemaskiner, en maskin sto i elva på den oppbygde moloen, og en på land. Stokkene ble lagt ned en og en med ca. 2-3 meters mellomrom (se Figur 6). Det ble lagt ned to lag med rotstokker, røttene stikker da ut og er synlig frem til kote 175. Når vannet har nådd denne høyden er all energien i vannet, forårsaket av elva, borte og området har blitt en del av Hurdalsjøen. Og fra ca. midten av mai, til starten av februar vil det ikke være mulig å se hverken den nye kanten og/eller røttene som stikker ut (se Figur 7 e, d og f).

På grunn av den høye vannstanden fra midten av mai til januar/februar (Figur 2), var det lite hensiktsmessig å la det ligge et udekket jordlag i den nyetablerte sikringen over rotstokkene da dette antagelig ville blitt vasket vekk. Det ble derfor besluttet å legge en «ny bekkebunn» på oversiden av rotstokkene. Det ble lagt ned et ca. 30 cm tykt lag med grus fra bekken som øverste lag av sikringen, og slik ble det etablert en ny bekkebunn med en jevn stigning mot tilstøtende kantsone, kun avbrutt av rotstokker i foten av elva (Figur 7 a og Figur 8).

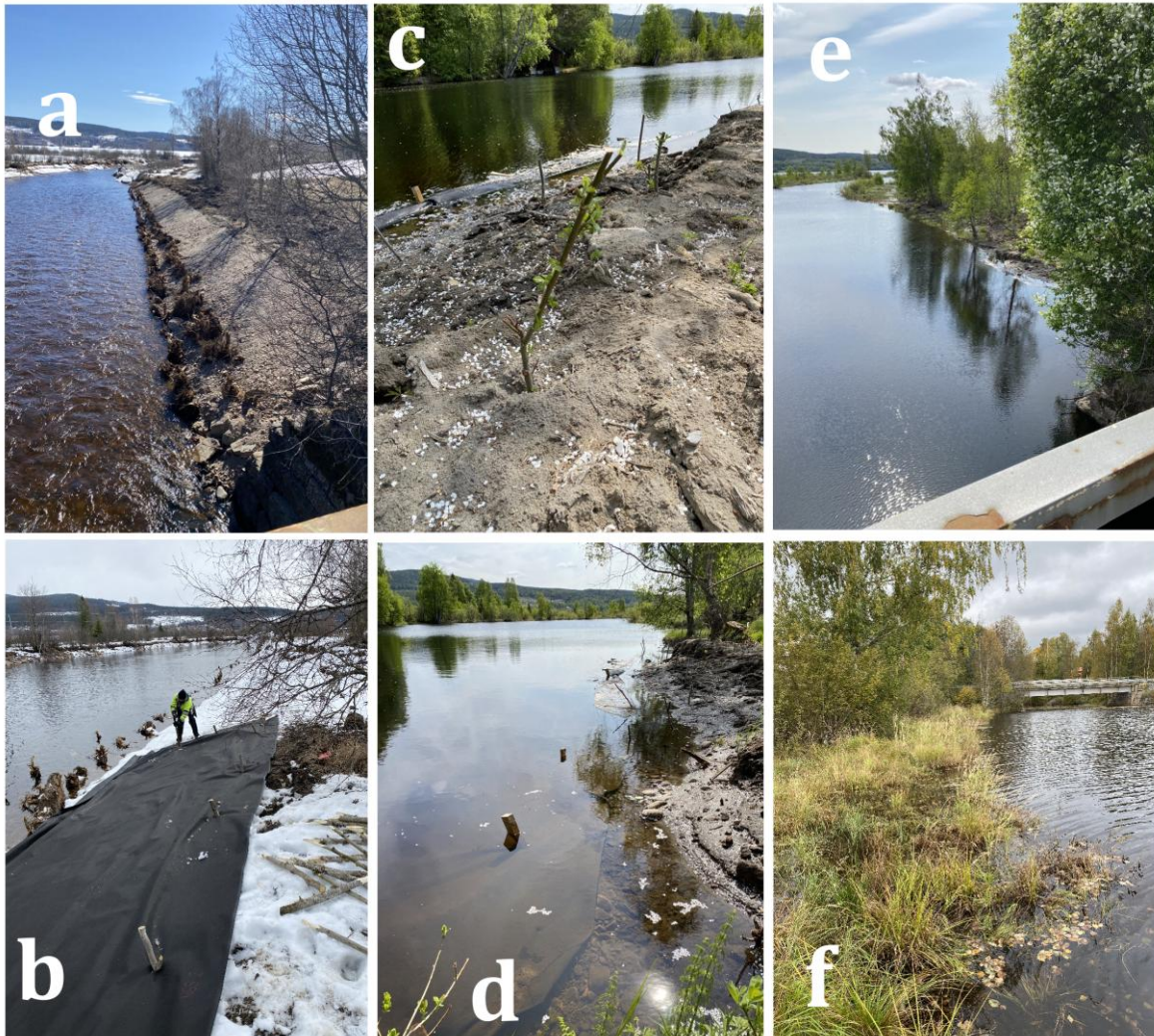
På tross av at vannstanden stort sett ligger over gruslaget, ble det forsøkt å plante både stedegne stiklinger og stedegne trær i dette området, men få av disse har overlevd (se avsnitt 2.2.4).

Figur 8 viser skissen slik den var tegnet for Gjødingelva, med en reguleringshøyde på 3,5 meter og de to lagene med rotstokker, hvor det øverste laget går omtrent opp til der vannet mister sin fallenergi og elva blir en del av innsjøen, på ca. kote 174,5.

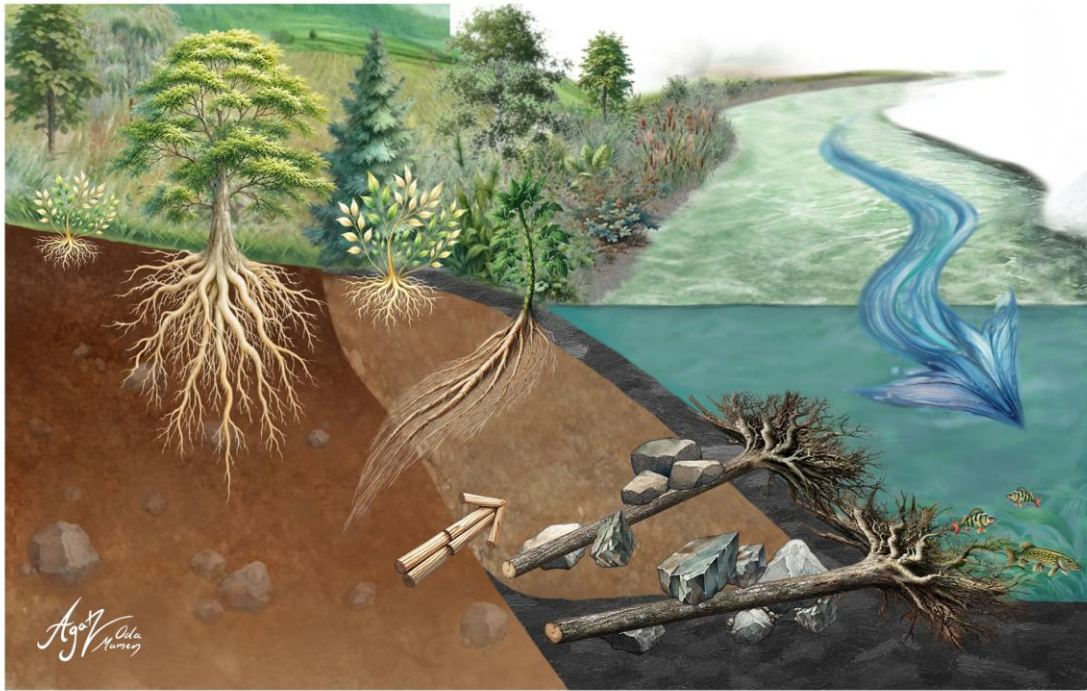
Det ble i 2025/26 observert at det har lagt seg et godt lag med sedimenter over grusen (se Figur 9), dette anses som positivt og viser samtidig at det er lite bevegelse i vannet i dette området og på denne vannstand.



Figur 6 viser bilder fra første dag med nedlegging av rotstokker. Bilde a viser de to gravemaskinene, b viser nedleggelse av stein på de tre første trærne, c, d, e viser nedleggelse av de tre første trærne. F viser plassering av stor stein og g viser et oversiktsbilde hvor det er mulig å også se passasjen som ble laget for tilgang til elva, mannen på bilde er Sam Hesling fra McGowan Ltd (Foto Anja C. Winger)



Figur 7 Bilde a viser rotstokksikringen i april når vannet hadde begynt å stige, vi ser tydelig de to radene med røtter som stikker opp. Bilde b viser nedleggelse av duk på halve sikringen (personen på bilde er Oda Fosse). Dette ble gjort for å se om dette ville være med å holde grusen på plass, men viste seg å være uten nytte da grusen lå stabilt. Bilde c viser en stikling som har satt rot og bilde d viser vannstanden på dette tidspunktet og duken som ligger under vann. Bilde a og b er fra henholdsvis 19. og 28. april 2023, c, d og e er fra 1. juni samme år, bilde f viser kanten i september 2025. Bilde a, b, e og d viser sikringen fra nord mot sør, mens bilde f viser sikringen fra sør mot nord (Foto Anja C. Winger).



Figur 8 viser skisse av sikringen med rotstokk slik den ble lagt i Gjødingelva. Her ble det lagt grus fra elvebunnen over jordlaget i sikringen, som også er der vannstanden endres med reguleringen. Rotstokken går kun opp til koten der elven mister energi. Det øverste gruslaget fungerer dermed som elvebunn når vannstanden er høy og rotstokkene beskytter foten når vannstanden er lav (illustrert av Oda Mamen).

Figur 9 (høyre side) viser også overgangen mellom sikringen og tilstøtende kantsone. På sikringen kan en tydelig se det gruslaget som ble lagt over jordmassene og rotstokkene i sikringen. Overgangen mellom disse er også der normalvannstanden står i perioden fra juni til januar.



Figur 9 viser gruslaget som beskytter jordmasser og rotstokker i sikringen samt overgangen mellom sikringen og tilstøtende kantsone. Til høyre ser vi et nærbilde av det fine laget med jordpartikler som har lagt seg på grusen, bildet er fra 2025 (Foto Anja C. Winger)

2.2.3 Stabilitet – Analyse av topografi ved bruk av digital høydemodell (DEM)

Multitemporal topografiovervåkning har vist seg å være en svært effektiv metode for å analysere omfattende endringer over tid. Prinsippet for topografiovervåkingen er en sammenligning av to høydemodeller (DEM, *Digital Elevation Model*). Forskjellen mellom observert bakkenivå i 2023 og i 2025 gir en indikasjon på prosesser som medfører endringer i terrengform. Datagrunnlaget for sammenligningen er to serier med luftbildeopptak (dronebilder). Det første ble tatt i våren 2023 (28. april) kort etter etablering av kantsikringen. Den andre ble tatt to år senere, i 2025 (den 20. mai). Bildene i både 2023 og 2025 ble tatt med en DJI Mavic Pro.

Dronebildene ble etterprosessert med hjelp av Agisoft Metashape (www.agisoft.com); en programvarepakke som kan sy sammen luftbilder, lage et sammenhengende bilde (orthobilde), og lage en lokal høydemodell i høy bakkeoppløsning (~ 1 cm).

Uten bruk av spesielt nøyaktige GNSS (globale navigasjonssystemer) eller DGPS (differensiell GPS) er dronebilder ikke georeferert i en absolutt ramme. Det betyr at de vil ha et 'tilfeldig' tredimensjonalt referansesystem. I praksis vil dronebilder vise avvik mellom objektenes koordinater i det interne koordinatsystemet, og i posisjonering 'i virkeligheten'. Det horisontale avviket pleier å være i størrelsesorden av noen meter, selv om også 10 eller 20 m ikke er uvanlige avvik. Vertikal nøyaktighet er mye mindre pålitelig uten bruk av avansert geoposisjonering. Sammenligning mellom bildeseriene i 2023 og 2025 har derfor hatt behov for horisontal og vertikal justering (transformasjon) av koordinatsystemet. Dette arbeidet ble gjort i QGIS. Først ble den horisontale transformasjonen beregnet og brukt for å justere 2023 bildene slikt at de er i samme system som bildene fra 2025. Deretter ble den vertikale justeringen utført. Bildene for 2023 hadde også avvik for senit (normalvektoren for flate overflater). Høydemodellen for 2023 ble også justert for dette.

Bortsett fra avvik i koordinatsystemet, var det to andre faktorer som gjorde sammenligningen av bakkenivå utfordrende i ulike deler av det fotograferte arealet. Bildet i 2023 viser snødekke, og bildet fra 2025 viser vegetasjonsdekke (trær, busker og lave planter). Dette skyldes at bildene er tatt på noe ulik tid av året (april og mai). Likevel er den mest relevante delen av tiltaksområdet fritt for trær, busker og is og snø.

2.2.4 Reetablering av vegetasjon

Kantvegetasjonen i tilstøtende kantsone og i sikringen er en blanding av naturlig spredning av arter i området og planting av stiklinger fra området i perioden 2023 til registreringen i september 2025. Det ble satt ut stiklinger i 2023 og i 2024. I 2023 ble det satt ned stiklinger fra ulike Salix-arter, noen av disse ble forsøkt plassert ut i sikringen med varierende hell. Året etter ble det hentet inn Svartor i størrelsesorden 50 -100 cm fra nærliggende områder, i tillegg til ulike stiklinger. Disse ble hovedsakelig plantet i den tilstøtende kantsonen. Totalt omkring 100 trær og stiklinger er satt ned, 30 i sikringen og resten i tilstøtende kantsone.



Figur 10. Bilde viser overgangen mellom vann og land hvor det er forsøkt plantet stiklinger. Disse slo rot i 2024, men få har overlevd. (Foto: Anja Celine Winger)

Sommeren 2024 talte vi overlevende stiklinger og plantede trær og den 29. september 2025 ble det registrert overlevelse på både plantede busker og trær og den naturlige nyetableringen. Det er kartleggingen 29. september 2025 som beskrives nedenfor.

2.2.4.1 Kartleggingsmetode den 29. september 2025

Kartleggingen av vegetasjonen ble gjennomført på et transekt langs tilstøtende kantsone, med 15 meter lengde og 4 meter bredde (Figur 11). Referanseflaten er 60 kvm og anses som

representativ for den tilstøtende kantsonen etter inngrepet. Transekt del 1 ligger langs vannet og del 2 mot åkeren.

Vegetasjonen var beskrevet ift. vegetasjonsstruktur og dekning per sjikt. Her er vegetasjonsstruktur definert som den vertikale fordelingen av plantene i tre-, busk-, felt- og bunnsjikt⁴. Dekning per sjikt vises i prosent og er et gjennomsnitt av 3 estimer. En kvalitativ beskrivelse av planteartene per sjikt var gjort i felt og dokumentert med bilder. Kontroll av artsbestemmelse (bilder) ble gjennomført med artsorakel app⁵. Befaringen ble gjennomført sent i vekstsesongen, noe som til tider gjorde artsbestemmelsen utfordrende.



Figur 11 viser transektet slik vi målte det opp september 2025. De hvite linjene er grafiske fremstillinger av transektet. Like utenfor transektet står to av de trærne som ble bevart under anleggsperioden, disse er ikke med i transektet da grunnen var for våt til en god kartlegging der disse sto (Foto: Marie-Cécile Gruselle).

⁴ <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/v/vegetasjonssjikt-.html>

⁵ <https://orakel.artsdatabanken.no/>

3 Resultater fra stabilitetsvurdering og vegetasjonskartlegging

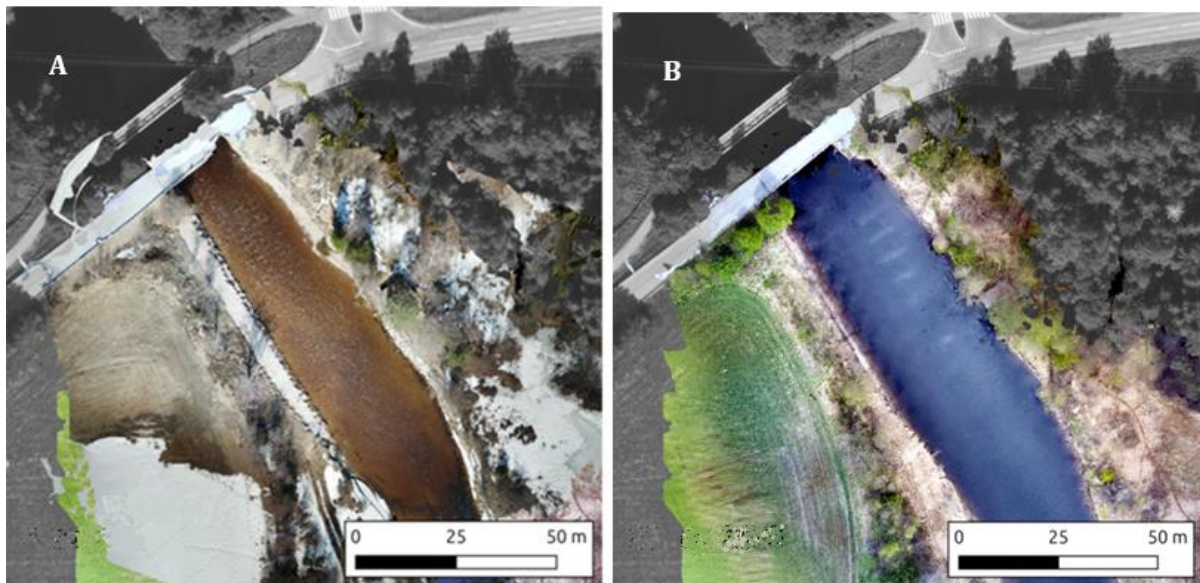
Våren 2026 ser sikringen stadig stabil ut. Figur 12 viser iskappen som legger seg over sikringen mot våren ettersom vannstanden synker i februar og mars. Denne iskappen, i kombinasjon med høy vannstand fra juni til januar, vil antagelig gjøre det tilnærmet umulig for større vegetasjon å etableres på sikringen. Det er også observert at de plantene som faktisk har satt rot på sikringen (se Figur 7 c) ikke har optimal vekst gjennom sommeren. Det kan derfor se ut til at det var en god beslutning å anse denne delen av kantsikringen som en våtsone og en del av innsjøen, ved å legge grus fra bekkebunnen over sikringen.



Figur 12 viser kanten 23. mars 2026. På bilde ser en tydelig det tykke islaget som legger seg over fyllingen etter som vannstanden synker gjennom vinteren (Foto: Anja C. Winger)

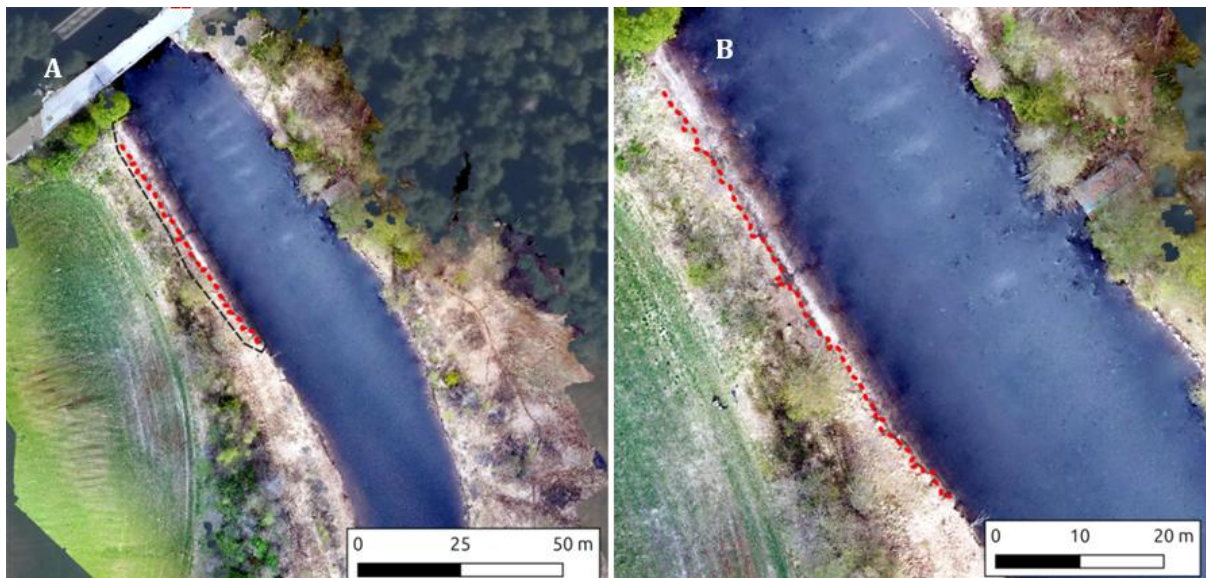
3.1 Stabilitetsvurdering

På dronebilde i 2025 er vannstanden høyere enn i 2023, dette skyldes at vi har tatt bilde en måned senere og at det er noe forskjell i vannstand fra år til år (se Figur 2). Det er allikevel slik at i begge bildeseriene så er sikringen synlig. I Figur 13 A og B vises de sammensatte bildene for 2023 og 2025.



Figur 13 dronebilde fra A) 28. april 2023 og B) 20. mai 2025

Figur 14 A og B, viser avgrensingen for området hvor de to høydemodellene faktisk kunne sammenlignes for å estimere endringer i bakkehøyde mellom 2023 og 2025.



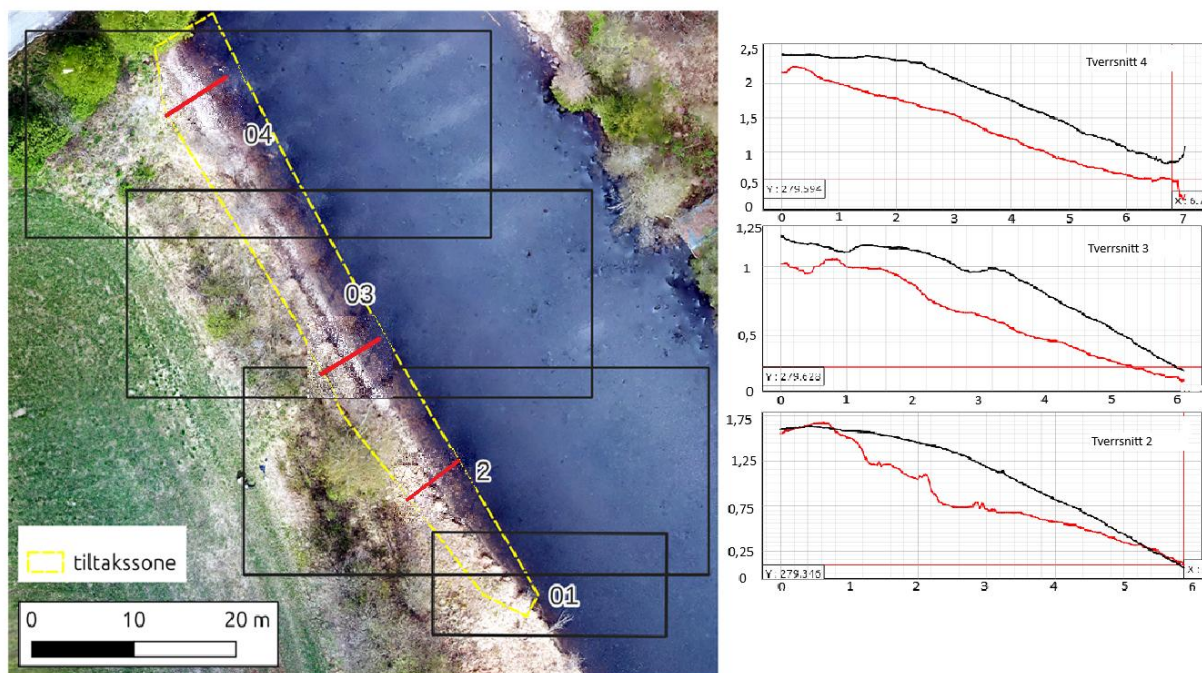
Figur 14. A) Interesseområde for vurdering av endringer i bakkehøyde. Svart linje i A) viser yttergrensen for analysen og B) detalj av A) hvor den røde linjen viser den tilstøtende kantsonen.

Figur 15 viser endringen i bakkehøyde i meter for interesseområdet. Hvor rød farge indikerer mest negativ vertikal forandring (= tap av høydemeter) og blå farge positivt vertikal forandring (= tilskudd av høydemeter), gul stripet linje viser analyseområdet og hvit stiplet linje indikerer områder der tilstøtende kantsone møter sikringen.



Figur 15. Endring i terreng høyde mellom 2023 og 2025. Hvit stiple linje viser ytre grensen til tilstøtende kantsone og fargeskalaen indikerer endring i topografi. Analysen viser at tilstøtende kantsone er relativt stabil, men om området markert A har terrenget sunket noe sammen.

Hovedsakelig viser analysen at den tilstøtende kantsonen er stabil (lite til ingen endring i topografi), med unntak av område A, hvor vi ser at terrenget har sunket noe sammen eller erodert. Dette området sammenfaller med der det ble laget en passasje ned til moloen (se også avsnitt 2.2.2 og Figur 6 g) under anleggsarbeidet. Dette området ble bygget opp igjen med løse masser, og dette kan forklare hvorfor dette området er noe nedsunket. Vi antar at dette skyldes at jordmassene, etter rekonstruksjon, har sunket noe sammen heller enn at massene er erodert. Vi har ikke observert tegn til erosjon. Analysen viser videre at sikringen også har sunket noe sammen (pakket seg), særlig i den nordvestlige delen og den sørøstlige overgangen mellom kantsonen og sikringen. Pakkingen ligger i størrelsesorden 20- 50 cm og i Figur 16 vises utvalgte tverrsnitt. Bilde i Figur 16 viser også tydelig overgangen mellom tilstøtende kantsone og sikringen. Det var forventet at sikringen ville pakke seg noe, og da endringen i topografi er relativt lik gjennom hele sikringen, er det lite som tyder på at massene har flyttet på seg. Dette indikerer at sikringen er stabil, men noe sammensunket. Bildene støtter også dette resultatet.



Figur 16. Fotografiet øverst viser overgangen mellom tilstøtende kantsone og sikringen, samt en indikasjon på hvordan tverrsnittet er lagt og hva som tilsvarer den strippede gule linjen i det sammensatte dronebilde under. Det underste bilde viser hvor tverrsnittene er tatt i sikringen (røde streker) samt de analyserte tverrsnittene, hvor svart linje er 2023 og rød linje er 2025, merk at skalaene er noe ulike på de ulike tverrsnittene.

3.2 Reetablering av vegetasjon



Figur 17. Bilde A viser tilstøtende kantsone og deler av sikringen den 19. april 2023, like etter at anleggsarbeidene var ferdig, og bilde B viser området fra motsatt side den 29. september 2025. Bildene illustrer forskjellen i vannstand og hvor høy vannstand det var på dagen tilveksten ble kartlagt (B). Tilveksten består hovedsakelig av grasarter (se Tabell 2) (Foto: Dominika Krzeminska og Anja C. Winger)

Vannstanden ved befarringsdato (29.09.2025) var høy, slik at overflaten i tilstøtende kantsone var delvis under vann, og sikringen var helt under vann (se Figur 11 og Figur 17). Tabell 2 viser vegetasjonsstruktur og dekning per sjikt registret på befaringen. Få stiklinger



Figur 18 Viser et nærbilde av en slik tue eller jordklump. Nederst i bilde vises en ung bjørk.

har overlevd etter planting. Gressarter og urter dominerer kantvegetasjonen. Arter som gråor, trollhegg, hegg, ask, hengestarr, vassrørkvein, kvassbunke, brunrot, brennesle indikerer en fuktig og/eller næringsrik jordtypetype, og disse gjenfinnes i en viss grad. Jordoverflaten var uregelmessig med store klumper av jord. Figur 18 viser en av disse store jordklumpene, hvor det kommer frem noe annen vegetasjon enn på den resterende jordoverflaten.

Flere mosearter finnes på klumpene, men også ung bjørk som vises i Figur 18 (naturlig foryngelse, mindre enn 10 cm høy på feltarbeidsdato). De store klumpene ble lagt ned ved konstruksjon av sikringen. Intensjonen var å legge det jevnt tilbake, men grunnet frossen mark ble det ikke jevnt. Det kan likevel vise seg at denne ujevne bakken har bidratt til en noe mer variert biologisk sammensetning enn der bakken er mer jevn.

På utsiden av transektet (se Figur 11) ble fremmedartene rødhyll og lupiner observert, men i

hoveddelen av området var det naturlig tilvekst av stedegne planter ispedd noen vellykkede etableringer av både stiklinger og små trær. Fremmedartene bør fjernes så de ikke sprer seg. Overlevelse på stiklinger og små trær som var plantet ble registrert i 2024, men i 2025 var det få som hadde overlevd. Noen ble registrert i transektene (Tabell 2, Figur 11). Tilveksten i transektet var dog dominert av naturlig etablerte grasarter.

Tabell 2 Viser oversikt over vegetasjon registrert i september 2025. Dekningen er angitt som prosentvis dekning av bladverk innen hvert vegetasjonssjikt. Feltsjiktet er delt inn i naturlig forekommende gress og urter samt plantede stiklinger. Dekningen er vurdert separat for hver sjiktkategori, og hver kategori kan ha en dekning på opptil 100 %. Summen av dekningen i tabellen kan derfor overstige 100 %. Symbolet (+) angir at det kun ble registrert noen få individer.

Transekt	Sjikt	Dekning pr sjikt i %	Merknad
1	bunnsjikt (mose/lav)	5	Spesielt bjørnemose
	feltsjikt (gressarter og urter)	90	Kvassbunke, bringebær, blåtopp, nyseryllik mm.
	feltsjikt (stiklinger)	+	To vier gjenkjennes (Salix spp.)
	busksjikt (naturlig foryngelse av treslag < enn 2 m høy)	5-10	Bjørk, gråor, hegg, Salix spp.
	busksjikt (busker)	+	Trollhegg
	Tre	0	
2	bunnsjikt (mose/lav)	5	Spesielt bjørnemose
	feltsjikt (gressarter og urter)	90	knappsiv, hagelupin, timotei, bringebær, engsnelle, brennesle
	feltsjikt (stiklinger)	+	1 gråor gjenkjennes
	busksjikt (naturlig foryngelse av treslag < enn 2 m høy)	10-25	bjørk, gråor
	busksjikt (busker)	5-10	Salix sp.
	Tre	0	

4 Konklusjon

Kantsikring med rotstokker nederst i Gjødingelva ser ut til å ha fungert omtrent som forventet. Sikringen som er lagt ned er stabil, men den har sunket noe sammen. Erosjonen er stoppet og vegetasjonen er på vei tilbake. Området var før oppstart hovedsakelig grasdekt sjikt i tillegg til noen trær. Trærne ble ikke flyttet i prosessen og de overlevde og bidrar nå til foryngelse.

Rotstokkene har som hensikt å redusere graving/erosjon i overgangen mellom bekkebunn og bekkekant (foten). I Gjødingelva kan overgangen mellom bekkebunn og bekkekant ha vært særlig utsatt for utgraving, trolig fordi bekkekanten over tid har vært vannmettet som



Figur 19 Viser et stillbilde av en video tatt like etter etablering hvor en kan se at vannet har fart ute i elva, men er stille inne ved røttene. (Foto: Anja C. Winger)

følge av vannstandsreguleringen i Hurdalssjøen. Den høye vannstanden store deler av året, etterfulgt av senkning av vannstanden i perioden januar til april, medførte at bekkekanten både ble belastet av en iskappe (se Figur 12) og utsatt for erosjon ved kantfoten som følge av økt vannhastighet, og i tillegg hadde det etablert seg en grusør på østsiden av elva som ytterligere forsterket de hydrauliske kreftene på vårparten. Etter etablering av sikringen kan en ved lav vannstand når elva har fart, observere at røttene demper energien i vannstrømmen (se Figur 19, stillbilde fra video, og det er mulig å se at vannet er mer stillestående enn lenger ut). At energien i vannet bremses, fører til at vannet ikke graver i foten.

Det er også observert mer biologisk materiale på bunnen av elven under og ved røttene, og i grusen på sikringen over rotstokkene (Figur 8). Resultatene fra overvåkning av bunndyr vil som nevnt tidligere presenteres i et annet prosjekt i april 2027, men det er synlig at habitatet er mindre homogent etter etablering av rotstokkene, og en kan dermed også forvente en forbedring i biodiversitet i disse prøvene. Det er flere studier som har sett på dette, og i f.eks. Dala-Corte et al. (2026) fant

de at kantsoner med trær var en viktig bidragsyter for å bevare og ivareta biodiversitet både i tempererte og tropiske regioner. Se også (Skarbøvik, 2026), for mer informasjon om kantsoners egenskaper og deres effekt på utvalgte økosystemtjenester.

Erosjonssikring med rotstokker er en metode som så langt ser ut til å fungere godt i Gjødningelva, men erfaringene er foreløpig begrenset ettersom konstruksjonen ikke har vært utsatt for sterke hydrologiske krefter. De største påkjeningene er antagelig den tidligere nevnte iskapen som legger seg over konstruksjonen om vinteren når vannet tappes ned, samt hastigheten på vannet når dette er lavt. Området er i mindre grad utsatt for store hydrauliske krefter da vannstanden sjelden vil både være høy i elva og lav i innsjøen. Iskapen, vannmetning og til tider noe høy vannstand vil forhindre etablering av et terrestrisk plantedekke i sikringen, men konstruksjonen ser ut til å være godt tilpasset dette.

Som læringspunkt kan tas med at planting av stiklinger og trær antagelig har mindre overlevelse enn naturlig reetablering. Det kan kanskje også vurderes å benytte andre metoder for å dekke arealer som skal beplantes, eg. med levende faskiner eller tilsvarende da disse vil redusere tilveksten av homogent plantedekke og eller uttørring av arealene grunnet manglende plantedekke. Utørrede arealer vil være særlig utsatt for erosjon. Det er også viktig å skjøtte den nyetablerte kantsonen så det ikke etableres fremmede og eller uønskede arter.

Det kan også nevnes at tiltaket per nå nok er noe mer kostnadskrevende enn en sikring med stein og det er behov for innhenting av tillatelser før gjennomføring. Dette er omtalt i Winger and Krzeminska (2024) og i Vannområdet Hurdalsvassdraget/Vorma sin sluttrapport fra prosjektet⁶.



Figur 20. Rotstokken og D. Krzeminska mars 2023. (Foto Anja Celine Winger)

Nettsider og øvrig informasjon om prosjektet

Nettsider NIBIO:

<https://www.nibio.no/prosjekter/n4s-environmental-friendly-measures-nbs-for-slope-stream-bank-stability?locationfilter=true>

<https://www.nibio.no/prosjekter/n4s-environmental-friendly-measures-nbs-for-slope-stream-bank-stability/gjodingelva?locationfilter=true>

Video:

<https://www.youtube.com/watch?v=Nl9CxY8Ourw>

https://www.youtube.com/watch?v=L2W_MMvhFqQ

Foredrag:

Vannforeningen -

<https://www.youtube.com/watch?v=SZJxmYqeA8s>

Restaureringsseminar 2024

1. <https://youtu.be/znoZTw56X0o?si=XidGU2IVkT7Lcb7l>
2. <https://youtu.be/SGeY1J5lyUY?si=Aaly3yMXe-IN5ejl>

⁶ [Sluttrapport Erosjonssikring av Gjødningelva 2023.pdf](#)

Litteraturreferanser

- Abernethy, B., & Rutherford, I. D. (2000). The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks. *Earth Surface Processes and Landforms: The Journal of the British Geomorphological Research Group*, 25(9), 921-937.
- Abramson, L. W., Lee, T. S., Sharma, S., & Boyce, G. M. (2001). *Slope stability and stabilization methods*. John Wiley & Sons.
- Anzani, H. S., Kantoush, S. A., & Kobayashi, S. (2025). Impact of bed roughness configurations on flow dynamics and hydraulic resistance in open-channel flows. *Scientific Reports*, 16(1), 3614.
- Bjerrum, L. (1972). Embankments on soft ground, State of the Art Report. Proc. Spec. Conf. on Performance of Earth and Earth-Supported Structures, Purdue Univ., ASCE,
- Dala-Corte, R. B., Giam, X., & Wilcove, D. S. (2026). Assessing the effectiveness of riparian buffers in protecting biodiversity: a meta-analysis. *Nature communications*.
- Genet, M., Stokes, A., Salin, F., Mickovski, S. B., Fourcaud, T., Dumail, J.-F., & Van Beek, R. (2005). The influence of cellulose content on tensile strength in tree roots. *Plant and soil*, 278, 1-9.
- Karle, K. F., Emmett, W. W., & Moore, N. (2005). Analysis of 11 bioengineered stream bank erosion control structures in Alaska. *Transportation research record*, 1941(1), 122-128.
- Schmitt, K., Schäffer, M., Koop, J., & Symmank, L. (2018). River bank stabilisation by bioengineering: potentials for ecological diversity. *Journal of Applied Water Engineering and Research*, 6(4), 262-273.
- Skarbøvik, E. G., Marie-Cécile Mamen, Oda. (2026). *Prosesser i elvekanter med trær vs. gras. En litteraturgjennomgang med kvantifisering av utvalgte økosystemtjenester* (NIBIO Rapport, Issue. NIBIO. <https://hdl.handle.net/11250/5509434>
- Vergani, C., Chiaradia, E., & Bischetti, G. (2012). Variability in the tensile resistance of roots in Alpine forest tree species. *Ecological engineering*, 46, 43-56.
- Wilson, J. P., & Gallant, J. C. (2000). *Terrain analysis: principles and applications*. John Wiley & Sons.
- Winger, A. C., & Krzeminska, D. (2024). Naturbasert kantsikring i elver og bekker, med fokus på områder med sand og leire.
- Wu, T. H., & Watson, A. (1998). In situ shear tests of soil blocks with roots. *Canadian Geotechnical Journal*, 35(4), 579-590.

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter.

