



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Prosesser i elvekanter med trær vs. gras

En litteraturgjennomgang med kvantifisering av utvalgte
økosystemtjenester

NIBIO RAPPORT | VOL. 12 | NR. 65 | 2026



Rapport

TITTEL: Prosesser i elvekanter med trær vs. gras: En litteraturgjennomgang med kvantifisering av utvalgte økosystemtjenester			
DATO:	22.04.2026	REVIDERT DATO:	-
ANTALL SIDER:	50	ANTALL VEDLEGG:	0

FORFATTERE:	
NAVN:	DIVISJON/ STASJON/ANNET:
Eva Skarbøvik, Marie-Cécile Gruselle og Oda M. Mamen	Divisjon for miljø og naturressurser
KONTAKTPERSON NIBIO: Eva Skarbøvik	

RAPPORTNUMMER: 12/65/2026	PROSJEKTNUMMER: 54487	ARKIVNUMMER: 26/00506
TILGJENGELIGHET: Åpen	ISBN: 978-82-17-03991-4	ISSN: 2464-1162

OPPDRAGSGIVER: Vannområde Haldenvassdraget	OPPDRAGSGIVERS KONTAKTPERSON: Lars Kristian Selbekk
---	---

PROSJEKTLEDER: Eva Skarbøvik	KVALITETSSIKRET/GODKJENT: Anja Winger
--	---

STIKKORD: Kantsoner, trær, gras, vannopptak, vanntemperatur, kanterosjon	FAGOMRÅDE: Vannmiljø
---	-----------------------------

SAMMENDRAG: Rapporten er bestilt av Vannområde Haldenvassdraget og oppdraget var å tallfeste ulike prosesser i kantsoner langs vassdrag, med fokus på hvordan de endrer seg avhengig av om det er trær eller gras langs med kantene. Tallfestingen er basert på en litteraturgjennomgang, og rapporten har tabeller med kvantifiserte beregninger av vann- og næringsopptak i vegetasjon, renseeffekt i kantsoner, kanterosjonsrater, og vanntemperatur. Rapporten har også illustrasjoner som beskriver prosessene. Litteratur er søkt på engelsk, tysk, norsk og fransk. Kapittel 8 oppsummerer funnene.
--

Rapportens referanse: Skarbøvik, E., Gruselle, M.-C. og Mamen, O.M. (2026). *Prosesser i elvekanter med trær vs. gras: En litteraturgjennomgang med kvantifisering av utvalgte økosystemtjenester*. (NIBIO RAPPORT, 12/65). Norsk institutt for bioøkonomi.

Forord

Rapporten er skrevet på oppdrag for Vannområde Haldenvassdraget. Leder for Vannområdet ønsket et datagrunnlag og illustrasjoner for bruk i informasjonsmateriell om prosesser i bekkekanter og hvordan slike prosesser varierer avhengig av om det er trær eller gras i sonene.

Det er utført en litteraturgjennomgang om ulike prosesser, hvor fokus har vært på å sammenligne gras og trær i kantsonene. Prosessene omfatter veksters evne til å holde tilbake vann og trekke opp vann og næringsstoff fra bakken, kantsoners renseevne, kanterosjon og betydningen av kanterosjon for tap av næringsstoffer, samt kantvegetasjonens påvirkning på vanntemperatur. Når det gjelder kantsoners betydning for økologi, både på land og i vann, ble dette beskrevet i rapporten Blankenberg m.fl. (2017) og det er også et annet arbeid på gang for å kvantifisere hvilke behov ulike organismer har for en naturlig kantsone.

Parallelt med litteraturgjennomgangen er det i samarbeid med oppdragsgiver utviklet illustrasjoner av de ulike prosessene. Disse vil bli benyttet i ulike informasjonsmateriell.

Litteraturgjennomgangen er utført av Eva Skarbøvik (prosjektleder) og Marie-Cécile Gruselle. Illustrasjoner er utført av Oda Margrethe Mamen. Illustrasjoner i rapporten kan benyttes fritt i informasjon til forvaltning, rådgiving og grunneiere, forutsatt at Oda Margrethe Mamen oppgis som kunstner.

Holger Lange ved NIBIO takkes for å ha lest gjennom og gitt nyttige kommentarer i den delen som handler om vannstrømmer i vegetasjon. Vi vil også takke Anne-Grete Buseth Blankenberg, Dominika Krzeminska, Hugh Riley og Anja C. Winger for innspill om relevant litteratur.

Prosjektet ble avsluttet ved å arrangere en workshop 24. mars 2026, hvor innholdet ble presentert for representanter for forvaltning, rådgivingstjeneste og forskere ved NIBIO. Vi takker for nyttige innspill.

Rapporten er kvalitetssikret av Anja C. Winger etter NIBIOs rutiner for kvalitetssikring.

Oppdragsgiver Lars Kristian Selbekk takkes for godt samarbeid underveis.

Ås 14 april 2026,

Eva Skarbøvik

Innhold

Forord	3
1 Innledning	5
1.1 Bakgrunn	5
1.2 Oppdraget	5
1.3 Tidligere og tilstøtende arbeid om samme tema	5
2 Metode	6
2.1 Søkeord	6
2.2 Kvantifisering av nøkkeltall per prosess	6
2.3 Ekspertvurderinger og workshop	6
2.4 Illustrasjoner	7
3 Vannopptak og vannstrømmer i vegetasjonen	8
3.1 Grunnleggende definisjoner og begreper	8
3.1.1 Fordeling av vann i vegetasjon	8
3.1.2 Røtter hos trær og gras	9
3.2 Transpirasjon hos gras og trær	11
3.2.1 Betydelige forskjeller mellom ulike treslag	12
3.3 Intersepsjon i gras og trær	15
3.4 Vannlagring i biomasse hos gras og trær	15
3.5 Infiltrasjon av vann ned i bakken	16
3.6 Tilbakeholdelse av vann hos gras og trær – sett samlet	16
3.7 Eventuell flomdempende effekt av trær langs elveløpet	18
4 Renseeffekt i kantsoner med gras vs. trær	19
4.1 Opptak av næringsstoff i ulike typer planter	19
4.2 Målinger av renseseffekt i kantsoner med ulik vegetasjon	20
5 Kanterosjon	25
5.1 Prosesser knyttet til kanterosjon	25
5.2 Erosjonsrater i kantsoner med ulik vegetasjon	27
5.3 Kanterosjon kan øke ved inngrep som utretting og kanalisering	29
5.4 Kanterosjon gir mer sediment og næringsstoff i elva	31
6 Vanntemperatur med ulik kantvegetasjon	33
7 Økologi	36
7.1 Naturlig vegetasjon langs vassdrag gir liv til elva	36
7.2 Fordeler med god økologi for jordbruket	37
8 Diskusjon og oppsummering	39
8.1 Begrensninger og variasjoner	39
8.2 Tallfesting av ulike prosesser	39
8.3 Ulike prosesser i tid og rom for gras og trær	40
8.4 Kunnskapsbehov	41
9 Litteraturliste	42

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Kantvegetasjon langs vassdrag har flere viktige funksjoner, herunder erosjonssikring av bekkekantene, redusere vannforurensning og skape habitat for biologisk mangfold på land og i vann.

I mange områder på Østlandet har den naturlige kantvegetasjonen blitt tynnet eller helt fjernet. I vannområde Morsa ble det på 2000-tallet gjennomført treplanting langs vassdrag i Våler kommune, og senere undersøkelser har vist at erfaringene fra dette, både for grunneiere og vannområdet, var overveiende positive (Skarbøvik m.fl., 2018; Bjørbekk m.fl., 2025).

Vannområdene Haldenvassdraget, Morsa, Glomma sør og Øyeren satset derfor på å videreføre dette arbeidet gjennom tilsvarende prosjekter, med en målsetning i 2021 om å plante ut 15 000 trær de neste årene. Siden da er det plantet ut over 25 000 trær av ulike slag og årsklasser i disse fire vannområdene.

Som en del av dette arbeidet har det vært gjennomført formidling til grunneierne, og i den sammenheng har det vært et behov for å vise til forskjellen mellom å ha trær og gras/urter langs med kantene, herunder behov for å beskrive prosessene i tid og rom.

1.2 Oppdraget

Oppdraget fra Vannområde Haldenvassdraget var derfor å lage et datagrunnlag som kunne brukes inn i illustrasjoner til videre formidling. NIBIO besvarer oppdraget fra Vannområde Haldenvassdraget i form av denne rapporten, hvor noen av de nye illustrasjonene inngår som del av rapporteringen.

Det er samlet inn informasjon om bekkekanter i forhold til følgende prosesser:

- Vannopptak og tilbakeholdelse av vann i ulik vegetasjon
- Eventuell flomdempende effekt av vegetasjon
- Næringsopptak i ulik vegetasjon, særlig nitrogen og fosfor
- Renseeffekt i kantsoner med ulik vegetasjon
- Kanterosjon (erosjonsrater og som kilde til sediment og næringsstoff i bekke/elva)
- Endringer i vanntemperatur som indikator for økologisk funksjon i bekke-/elvekantene

1.3 Tidligere og tilstøtende arbeid om samme tema

NIBIO har tidligere utført en litteraturgjennomgang om kantsoner (Blankenberg m.fl., 2017), men den hadde ikke fokus på å tallfeste de ulike økosystemtjenestene, skilte ikke systematisk mellom trær og gras i kantsonene, og inneholdt ikke informasjon om vann- og næringsopptak i ulike typer vegetasjon. Blankenberg m.fl. (2017) hadde imidlertid grundige beskrivelser av renseprosesser langs kantsoner, og det henvises til den rapporten for detaljerte beskrivelser av disse prosessene. Når det gjelder økologi i kantsoner har vi samlet inn data om vanntemperatur, men det henvises også til en kommende artikkel om hvilke behov ulike arter har til bredde og utforming av naturlig vegetasjon i bekke-/elvekanter. Artikkelen er finansiert gjennom SABICAS-prosjektet¹ og antas ferdigstilt høsten 2026.

¹ <https://www.sabicas.no/prosjektet> (finansiert av Forskningsrådet)

2 Metode

2.1 Søkeord

Arbeidet med å kvantifisere de ulike prosessene per vegetasjonstype er utført som et skrivebordsarbeid, med gjennomgang av litteratur etter søk i litteraturdatabaser.

Tabell 1 viser hvilke søkeord som er benyttet for hver prosessstype. Søkeordene er her vist på engelsk, men det ble også søkt på norsk/svensk, fransk og tysk. Merk at det også var et sett med felles søkeord for alle kategorier. Kun funn i temperert klimasone ble inkludert.

Tabell 1. Søkeord per tema i rapporten. Søkeord er vist på engelsk siden de fleste av de benyttede referansene er engelskspråklige; men vi har også søkt på norsk/skandinavisk, fransk og tysk.

Kanterosjon	Vannkretsløp	Renseeffekt	Økologi
Bank erosion	Transpiration/water uptake Evaporation Interception Stemflow Evapotranspiration Root density Rooting depth	Retention Nutrients Losses Uptake Phosphorus - phosphate Nitrogen – nitrate – nitrite - ammonia Sediment	Water temperature Fish, birds, invertebrates
Søkeordene over ble koblet mot ordene: Buffer zones, River bank, Stream bank, Vegetation, Tree(s), (Riparian) forests, Grass, Grassland, Meadow.			

Ved lesing av andres arbeid har vi også kommet over annen relevant litteratur i referanselistene som vi har gjennomgått.

2.2 Kvantifisering av nøkkeltall per prosess

Der det har vært mulig, har vi kvantifisert de ulike prosessene, og dette er samlet i tabeller med forsøksvis samme utforming:

Sted – Metode – Resultat – Referanse.

En utfordring har vært at enheter varierer, for eksempel for vannopptak/transpirasjon i vegetasjon kan dette refereres som per arealenhet, eller per enkelttre. Eller for kanterosjon kan ulike studier ha undersøkt forskjell i erosjonsrater mellom trekledte og graskledte kanter, eller som antall ras etter en flom i hhv. kantsoner med trær eller gras.

2.3 Ekspertvurderinger og workshop

Siden deler av temaene i denne rapporten var relativt upløyd mark for forfatterne, ble det gjennomført et møte og en workshop med andre forskere i NIBIO, samt med representanter fra lokalforvaltning og rådgivingstjenesten. Agenda var en gjennomgang av konklusjonene og om det var vesentlige mangler ved argumentasjonen bak konklusjonene.

2.4 Illustrasjoner

Illustrasjonene ble videreutviklet fra skisser utført både av oppdragsgiver og de øvrige prosjektmedarbeiderne i en iterativ prosess. Det ble lagt vekt på at illustrasjonene kan benyttes som 'byggeklosser' slik at brukere av illustrasjonene kan legge til eller trekke fra enkelt-lag i tegningene (for eksempel legge til eller trekke fra vegetasjon, insekter eller dyr både i elva og langs kanten, endre bunnsubstratet i elva, osv.).

3 Vannopptak og vannstrømmer i vegetasjonen

Planter tar opp vann gjennom røttene, trekker det opp gjennom stammen (xylemet) og transpirerer det ut gjennom bladene. Per flateareal kan gras i snitt transpirere like mye vann som løvtrær. Når det er lavere avrenning fra trekledt areal (dvs. skog) enn grasareal skyldes dette bl.a. at trekronene holder tilbake vann og fordamper det tilbake til luft (intersepsjon), at voskne trær kan lagre mer vann enn gras i biomass, og at humussjiktet på bakken under trærne holder på vann.

I dette kapittelet gis det først en oversikt over grunnleggende begreper knyttet til hvordan ulike typer vegetasjon trekker opp og transpirerer vann, og om røttenes egenskaper. Disse prosessene er lite omtalt i tidligere rapporter fra NIBIO om kantsoner, og det antas at definisjoner av grunnleggende begreper kan være nyttig for leserne.

3.1 Grunnleggende definisjoner og begreper

3.1.1 Fordeling av vann i vegetasjon

Under er en forklaring på de viktigste begrepene som handler om vann på og i vegetasjon (fra bl.a. Nisbet, 2005):

- **Evaporasjon** (fordamping) er prosessen hvor vann går fra flytende form til gassform. Omfanget avhenger av solinnstråling, temperatur i luft og vann, luftfuktighet og vindhastighet. Evaporasjon kan for eksempel skje fra overflaten i skogen eller fra bladverket.
- **Transpirasjon** er en prosess hvor vann trekkes opp fra røttene og så fordamper gjennom porene (**stomata**) i bladene/nålene. Transportprosessen opp gjennom planten kalles for **sevjestrøm**. Transpirasjonsrater (f.eks. i liter per dag) brukes ofte som et mål på hvor mye vann vegetasjonen trekker opp fra bakken.
- **Intersepsjon** er en prosess hvor regnvann holdes igjen i bladverket, grenene og stammene, og så evaporerer direkte tilbake til luft – med andre ord når ikke denne delen av regnvannet bakken. Kalles også «evaporasjon gjennom intersepsjon». Prosessen intersepsjon skjer også der det er grasdekke.
- **Evapotranspirasjon** er et samleuttrykk for totalt tap av vann fra landjorda, inkludert transpirasjon, intersepsjon og evaporasjon direkte fra jordoverflaten.
- Noe av vannet vil renne til bakken langs med stammen, på engelsk kalles dette **stemflow**. Noe vann vil også dryppe fra bladverket (på engelsk: **Throughfall**). Vi har ikke funnet gode norske uttrykk, men stammestrøm og bladdrypp kan kanskje benyttes.
- **Infiltrasjon** er prosessen hvor vann trenger ned i bakken. **Piping** (også et engelsk ord) er en prosess der vannet følger hulrommene langs røttene nedover i bakken, og gir en rask infiltrasjon av vann ned i grunnen.
- **Vannlagring i vegetasjon** er vannet som lagres i plantene. Trær kan naturlig nok lagre mer vann enn f.eks. gras og urter.

Bittner m.fl. (2010) modellerte hvordan nedbør fordelte seg mellom noen av disse ulike prosessene i tre løvtreskoger med bl.a. bøk, agnbøk, lind, ask, lønn og eik i Hainich, Thüringen, Tyskland:

- Omlag 0,4-6,2 % av nedbøren rant av langs stammene (*stemflow*).
- Intersepsjon utgjorde ca. 28-49 % av nedbørmengden.
- Transpirasjonen ble målt til ca. 16-27 % av nedbørmengden.

Vanligvis er intersepsjon høyere hos nåltrær enn løvtrær (Nisbet, 2005).

3.1.2 Røtter hos trær og gras

Røtter er svært viktige både for opptak av vann og næringsstoff fra bakken, samt for å hindre kanterrosjon. Vi gir her en oversikt over noen viktige begrep om rot-tetthet, -dybde og om samspillet mellom røtter og sopp (mykorrhiza) for næringopptak.

3.1.2.1 Rot-tetthet

Tettheten av røtter kan variere kraftig med planteart og jordegenskaper. Ved elvekantene er vannspeilet ofte rett under overflaten, og de fleste røtter går derfor ikke lenger ned enn omlag 50 cm (Jackson m.fl., 1996; Sun m.fl., 1997; Tufekcioglu m.fl., 1999). Dette kunne potensielt ha betydd at røttene armerer mindre langs elvekanter enn ellers, men mange studier av skråningsstabilitet (f.eks. Wu m.fl., 1979; Waldron og Dakessian, 1981; Gray og Leiser, 1982; Greenway, 1987) har vist at selv lav rot-tetthet kan øke skjærstyrken til kantsonematerialet vesentlig, sammenlignet med kantsoner uten vegetasjon og derfor uten røtter. Dette skyldes sannsynligvis at røttene i overflaten av kantsonen er et armeringsflettverk ned mot elva, og skjærstresset fra ellevannet møtes dermed av en skjærstyrke som er adskillig større enn om overflaten i elvekanten var fri for røtter.

Abernethy og Rutherford (2000) modellerte stabiliteten i elvekanter med og uten vegetasjon, hvor 'med vegetasjon' ble modellert som voksne trær. De konkluderte med at røttene i sterk grad bidro til å armere elvekantene, også i scenarier med verst mulige hydrologiske forhold, som høy vannhastighet under flom.

Rot-tetthet i gress og ulike treslag varierer mye. I en review-artikkel rapporterte Balandier m.fl. (2006) at rot-tetthet hos gress kan bli mellom 200 og 700 meter per gram rot (tørrvekt) og hos trær som bøk og furu mellom 10 og 35 meter per gram rot (tørrvekt). Derfor kan gressarter fort utkonkurrere små treplanter og ta opp mye næring og vann. Etter hvert, hvis de små trærne overlever, får de tilgang til større jordvolum, næring og vann. Men dette betyr at høy rot-tetthet hos gras danner en fysisk barriere for nyplantede små trær (Balandier m.fl., 2006). Dekking av bakken med bioduk er derfor å anbefale når det skal plantes trær langs vassdrag.

3.1.2.2 Rotdyp

For gras og urter går røttene ofte ikke lenger ned enn 20-30 cm (Balandier m.fl. (2006). Et eksempel på en urt med overveiende korte røtter er brennnesle, som ofte finnes i de nitrogenholdige kantsonene langs jordbruksvassdrag (Korsmo m.fl., 1981; Martz og Kankaanpää, 2025).

Røtter trenger oksygen rundt seg, og trerøtter går ofte ikke lenger ned enn ca. 60 cm. Dette gjelder typen knipperrot eller flat rot, som har som oppgave å frakte vann og næringsstoffer til

treet. Disse består av mange fine røtter som sprer seg bredt og grunt i jorden, og dekker et større område for å absorbere vann og næring fra det øverste jordlaget. En helt ny undersøkelse fra 2025 viser imidlertid at trærne kan ha røtter i to dyp, det andre dypet ligger ca. 1,5 meter under overflaten. En slik bimodal rotstruktur, med røtter både i overflaten og lenger ned i jordmassene, ble funnet hos trær over store deler av USA, i ca. 20 % av de undersøkte stedene, og ofte der hvor det var mye nitrogen i dypjorda (Lu m.fl., 2025).

Det som imidlertid lenge har vært kjent, er at enkelte trær også har en pælerot med siderøtter, som går adskillig dypere enn de grunne røttene, og som henter vann under tørke/tele i bakken. Eik og furu er eksempler på trær med pælerot.

Canadell m.fl. (1996) rapporterte *maksimalt* dyp av rotsystem på globalt nivå og konkluderte med følgende:

- **Trær:** $7 \pm 1,2$ meter
- **Busker:** $5 \pm 0,8$ meter
- **Urter og grasplanter:** $2,6 \pm 0,1$ meter

Den nevnte litteraturgjennomgangen av Balandier m.fl. (2006) viste at når gress og trær vokser hver for seg, kan de ha samme rot dybde. Når de derimot vokser på samme sted, vil trærnes røtter gjerne gå dypere enn gressrøttene.

Ulike trær har ulike rotfordelinger. I en flommarkskog med sommereik, ask, og sølvpoppe (*Populus alba*) i Rhinau, Frankrike, viste Sánchez-Pérez m.fl. (2008) at rotfordelingen av ask var tettest på to dyp, 0-20 cm og 40-60 cm. Den samme studien viste at røtter av sommereik fantes på minst 1,4 m dybde (få røtter i 0-10 cm dybde, maksimalt ved 30-40 cm dybde). Sølvpoppe-røtter fantes til 1,1 m dybde (med få røtter i 0-20 cm dybde, og maksimalt med røtter ved 30-60 cm dybde).

I et feltforsøk i Skiptvet (Østlandet, Norge) beskrev Hanedalen (2004) jordprofiler under gran (*Picea abies*) og bjørk (*Betula* spp.) og så på jordfysiske egenskaper, rotsystemer per treslag og vannbalanse. Resultatene viste at gran dannet røtter i overflaten (0-20 dybde) mens bjørk hadde flere røtter ved 35 cm dybde, og videre ned mot 70 cm dybde.

3.1.2.3 Symbiose mellom sopp og rot – mykorrhiza

Mykorrhiza er en symbiose mellom sopp og planterøtter, og svært vanlig hos de fleste plantearter. Dette er naturens måte å skaffe planter næring på. Soppen vokser på eller i røttene og fungerer som en forlengelse av disse. Vi siterer fra nibio.no på dette tema:

«Soppens funksjon er å ta opp næring som den transporterer tilbake til planten. Derfor kan man kalle mykorrhiza for "røttenes røtter". Hos mange planter skjer nesten alt opptak av nitrogen, fosfor og mange mikronæringsstoffer ved hjelp av mykorrhizasopp. Mykorrhiza er svært vanlig i naturen, og ca. 85 prosent av alle plantearter har mykorrhiza.»

(<https://www.nibio.no/tema/jord/mykorrhiza--røttenes-rotter>)

Nettsiden viser videre til at to av de vanligste typene mykorrhiza er Arbuskulær mykorrhiza som dannes av urteaktige planter, busker og enkelte typer trær (f.eks. lønn og ask), og Ektomykorrhiza som dannes av typiske skogstrær som furu, gran, eik, bøk (Köcher m.fl., 2013; Heděnec m.fl., 2020).

Interessant nok er Arbuskulær mykorrhiza spesialisert til å trekke opp ortofosfat (i gras), mens Ektomykorrhiza er god på å trekke opp organisk fosfor til trærne. Ortofosfat er lett tilgjengelig mens organisk fosfor er gjerne mindre tilgjengelig for plantene. Trærne har dermed en sopptype ved røttene som gir dem mulighet til å utnytte mindre plantetilgjengelig fosfor.

3.2 Transpirasjon hos gras og trær

Vannopptak måles oftest som transpirasjon, siden det vannet som plantene tar opp, transpireres ut gjennom spalteåpningene (stomata) i bladene. Samtidig er det slik at vann som lagres i trær også benyttes til transpirasjon (se avsnittet om vannlagring). Vannopptak per hektar skog eller gras varierer med vekstsesongens lengde, tredimensjonal fordeling av plantene og bestandens tetthet (Paillassa, 2008).

Ulike teknikker kan benyttes til transpirasjonsmålingene (Cienciala m.fl., 1999), men vi går ikke her nærmere inn på disse. Transpirasjon kan bli målt på små planter, trær, i økosystemer og i store nedbørfelt, med forskjellige metoder (Köstner, 2001; Zimmermann m.fl., 2008; Schlesinger og Jasechko, 2014; Bright m.fl., 2026). Vanligvis brukes det antatte prosesser og modeller for å oppskalere transpirasjon fra enkelttrær til bestand, et viktig eksempel er Penman-Monteith likningen som beregner potensielle transpirasjon med stråling, vanndampdefisitt og jordvarmefluks som variabler.

Ved sammenligning av grasvegetasjon med bar- og løvtrebestander er det årlige transpirasjonstapet på bestandsnivå som følger: nåltrær < løvtrær ≤ gras (Nisbet, 2005; Paillassa, 2008; Zimmermann m.fl., 2008; ref²). Disse studiene viser at transpirasjon fra gras ofte er i samme størrelse, eller en god del høyere enn transpirasjon av skogsbestander dominert av løvtrær. En mulig forklaring er at gras er dårligere enn trær i å kontrollere vannmengden som går ut gjennom spalteåpninger i bladene (stomata) (Zimmermann m.fl., 2008).

Selv om nåltrær generelt tar opp mindre vann enn løvtrær, er det viktig å merke seg at nåletreslag i boreale strøk begynner å ta opp vann fra jorden opp til flere måneder tidligere enn løvtrær og transpirerer også på milde dager om vinteren (Zimmermann m.fl., 2008).

Noen utvalgte eksempler på transpirasjonsrater hos trær og gras (også se Tabell 2):

- Klein (2000) gjennomførte en stor-skala lysimeterstudie og rapporterte at transpirasjon i grasvegetasjon var omtrent lik som i en eik/bøkebestand (ca. 290 mm/år eller liter per kvm per år) samt i en furubestand (ca. 264 mm/år eller liter per kvm per år) ved Münster, Tyskland.
- Paillassa (2008) rapporterte at poppelplantasjer (204 trær/ha) trakk opp 1022 mm/år, mens fuktig engvegetasjon trakk opp 1314 mm/år.

² <https://www.forestresearch.gov.uk/research/forestry-and-water-resources/> (27.11.2025)

- Nisbet (2005) viste årlige transpirasjonstall for ulike vegetasjonstyper: korn (bygg, hvete, havre) transpirerte mellom 200-300 mm/år, løvskog mellom 300 og 390 mm/år, nåletrær mellom 300 og 350 mm/år og gras mellom 400 og 600 mm/år.
- Rychnovská (1976) studerte transpirasjon av ulik grasvegetasjon langs en fuktighetsgradient. Hun fant at grasvegetasjonen transpirerte mellom 1,4 og 4,9 liter/kvm og dag (eller mm/dag), som tilsvarer ca. 500-1800 mm per år.

Mengden vannopptak i trær avhenger av flere faktorer som f.eks. treslag, treets størrelse, hvilket dominansnivå treet har (om det er såkalt herskende, medherskende eller undertrykt i bestandet), bladarealindeks (LAI), sesong og vær (Cienciala m.fl., 1999; Herbst m.fl., 1999; Paillasa, 2008; Lambs og Muller, 2002; Muller og Lambs, 2004; Aranda m.fl., 2012; Zimmermann m.fl., 2008). Trær innen én type treslag kan altså ha ulik transpirasjonsrate, pga. forskjell i bladmasse, bestandstetthet (trær/areal) og andre fysiologiske parameter (se Huber, 1953; Zimmermann m.fl., 2008). Dessuten bestemmer disse faktorer kun potensiell transpirasjon, dvs. maksimalt transpirasjon under ellers optimale forhold. Aktuell transpirasjon er oftest en del mindre, med jordvann som begrensende faktor. For gressdekke gjelder også at transpirasjon er avhengig av bestandens biomasse, mens transpirasjonsrate av individuelle arter er mindre viktig (Rychnovská, 1976).

3.2.1 Betydelige forskjeller mellom ulike treslag

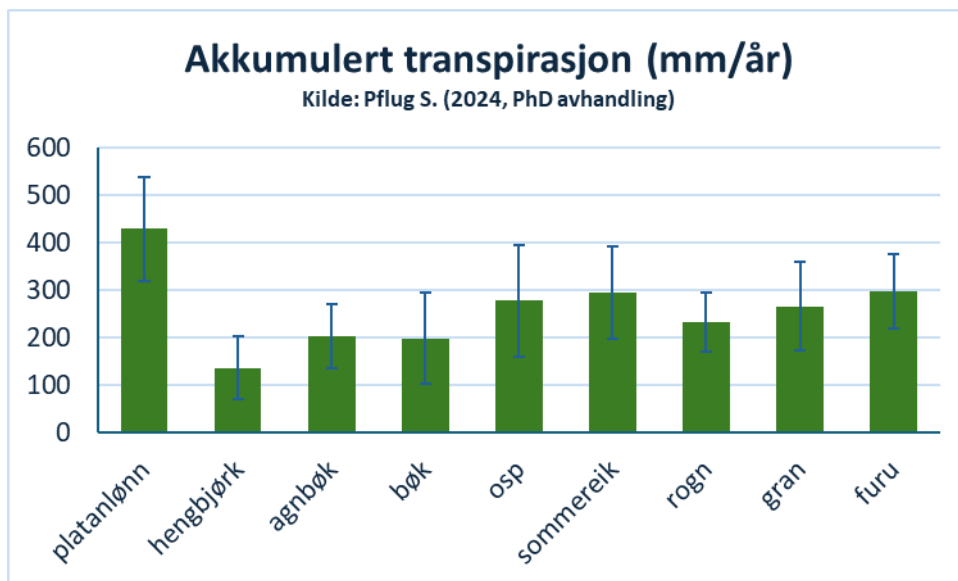
Maksimalt daglig vanntap gjennom transpirasjon (tap til luft i form av vanndamp) hos enkelttrær ligger vanligvis mellom 500–2000 liter (Nisbet, 2005). En stor eik kan f.eks. tape 1000 liter vann via transpirasjon hver dag, mens et fullvoksent bjørketre kan tape 75 liter vann per dag³.

I et potteforsøk med små trær viste Pflug (2024) at osp (*Populus tremula*), sommerekik (*Quercus robur*) og rogn (*Sorbus aucuparia*) tok opp mest vann (Figur 1). Blant de testede artene var vannopptaket lavest hos gran (*Picea abies*). Furu (*Pinus sylvestris*) tok opp nesten like mye vann som rogn.

Svartor (*Alnus glutinosa*) har en av de høyeste transpirasjonsratene blant treslagene (Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2003), og svartor kjennetegnes følgelig av såkalt svak transpirasjonskontroll (Herbst m.fl., 1999; Claessens m.fl., 2010).

I Tabell 2 vises målte transpirasjonsrater hos ulike typer trær. Hensikten med tabellen er å vise at transpirasjon kan variere vesentlig, avhengig av treslag. Flertallet av studier vist i tabellen er blitt gjennomført utenfor Norge og i skogbestander.

³ <https://www.onf.fr/vivre-la-foret/%2B/2888::le-pouvoir-des-arbres-levapotranspiration.html> (27.11.2025)



Figur 1. Transpirasjonsforskjell mellom treslag i et pottforsøk i Nederland (Kilde: Pflug, 2024).

Tabell 2. Vannopptak (målt som transpirasjon) i ulike typer trær, fordelt på tre-nivå (først) og bestandsnivå (sist i tabellen).

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
Garonne, Frankrike, Poppel (<i>Populus sp.</i>) plantasje, 7-13 år gamle trær, i vekstsesongen	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling)	På tre-nivå: Gjennomsnittlig vannopptak: 84-104 liter/dag	Muller og Lambs (2004)
Svartpoppel (<i>Populus nigra</i>) (22 cm diameter tre) og kvitpil (<i>Salix alba</i>) (15 cm diameter tre), Garonne, Frankrike	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling)	Per tre: Svartpoppel: 45 liter/dag Kvitpil (<i>Salix</i>): 42 liter/dag	Lambs og Muller (2002)
<i>Quercus robur</i> (sommerek) dominert flommarkskog, et tre (100 år, høyde 33 m), Sør Moravia, Tsjekkia, 3-år studie mellom 1972 og 1974. 1973 var tørrest.	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling, THB metode) og oppskalering til bestandsnivå	For dette eiketreet: 258-466 mm/år, mellom mai og oktober 1973 tok eiketreet opp mellom 37 - 42 m ³ vann	Čermák m.fl. (1982)
<i>Quercus robur</i> (sommerek), Hamburg, Tyskland, 3 lokaliteter, 2013-2014	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling, HFD og HR metoder)	Per tre: Maks verdi: 'suburban dry': 0,8 mm/dag; 'suburban wet': 1,0 mm/dag, 'urban': 0,6 mm/dag	Thomsen m.fl. (2020)

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
<i>Fraxinus excelsior</i> , <i>Acer pseudoplatanus</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Tilia cordata</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , modne trær (25-28 m høyde), Hainich Nasjonalpark, Thüringen, Tyskland	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling) 4-uker studie, august-september 2009	<i>Fraxinus</i> : 9-13, <i>Acer</i> : 45, <i>Carpinus</i> : 44-71, <i>Tilia</i> : 56-61, <i>Fagus</i> : 32-54 kg vann per dag per tre. Gjennomsnittsverdier.	Köcher m.fl. (2013)
15-25 år gamle <i>Betula pendula</i> , <i>Carpinus betulus</i> , <i>Fagus sylvatica</i> , <i>Quercus robur</i> , <i>Salix capreae</i> trær, en blanding skog, Hesse, Frankrike	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling)	Maks daglig bestands-transpirasjon: 2,8 mm/dag	Zapater m.fl. (2013)
Nord Frankrike, Poppel (<i>Populus sp.</i>) plantasje, 18 år gamle trær, i vekstsesongen. (155 trær/ha)	Oppskalering av vanntransport-målinger per tre med bestandstetthet og varighet av vekstsesong	På bestandsnivå: 3100 m ³ /ha/år	Pallaissa (2008)
Gran-furu blanding skog, 30 km nord for Uppsala, Sverige	Måling av vanntransport i xylemet (sevjestrømsmåling)	På bestandsnivå: daglig «transpirasjon» (furu/gran): 30 m ³ /ha/dag (i juli), 20 m ³ /ha/dag (om våren), 5-10 m ³ /ha/dag (aug-september)	Cienciala m.fl. (1999)
Bøkebestand (109 år, LAI* 4,5), Nord-Tyskland, 4 år studie	Modifisert Shuttleworth-Wallace modell og meteorologiske data	Årlig transpirasjon varierte mellom 326 og 421 mm/år (ca. 50 % av den totale nedbørsmengden)	Herbst m.fl. (1999)
Svartor bestand (60 år, LAI 4,8), Nord-Tyskland, 4 år studie	Modifisert Shuttleworth-Wallace modell og meteorologiske data	Årlig transpirasjon varierte mellom 375 og 658 mm (ca. 69 % av den totale nedbørsmengden)	Herbst m.fl. (1999)
<i>Picea</i> bestander, 20 bestander	Litteraturgjennomgang om transpirasjon	287 mm/år (gj.), 119-516 mm/år (min-maks)	Peck og Mayer (1996)
<i>Pinus</i> bestander, 20 bestander	Litteraturgjennomgang om transpirasjon	342 mm/år (gj.), 173-765 mm/år (min-maks)	Peck og Mayer (1996)
<i>Fagus</i> bestander, 9 bestander	Litteraturgjennomgang om transpirasjon	363 mm/år (gj.), 268-601 mm/år (min-maks)	Peck og Mayer (1996)

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
<i>Quercus</i> bestander, 7 bestander	Litteratur-gjennomgang om transpirasjon	285 mm/år (gj.), 171-327 mm/år (min-maks)	Peck og Mayer (1996)

*LAI (Leaf Area Index): Bladarealindeks er en dimensjonsløs måleenhet som kvantifiserer tettheten av bladverk.

3.3 Intersepsjon i gras og trær

Intersepsjon av nedbør kan være betydelig i skog. Nisbet (2005) rapporterte at intersepsjonen, i prosent av nedbørmengde, var ca. 10-25 % for løvtreskog og 25-45 % for nåltreskog.

Madani m.fl. (2018) brukte modellering og klimadata fra et nedbørfelt i Wales, og fant at evapotranspirasjon var større i skog enn i grasslette?, og at dette mest sannsynlig skyldtes at intersepsjonen var større i skog. Klein (2000) rapporterte at intersepsjon og fordamping av vann var lavest i grasvegetasjon (ca. 80 liter per kvm per år), middels i eik/bøk (ca. 160 per kvm per år) og høyest i furubestand (ca. 300 liter per kvm per år). Med andre ord var det sannsynlig at det er tilbakeholdelsen og fordamping av vann i trekronene som gir mindre vanntap fra et areal med skog enn et areal med gras. Mikroklimaet i trekronene i en skog er gjerne fuktigere enn mikroklimaet over en gresslette, noe som forklarer mer enn dobbelt så høyt vanntap til luft gjennom fordamping fra trekronene.

3.4 Vannlagring i biomasse hos gras og trær

Vannlagring i vegetasjonen er svært forskjellig mellom gras og trær. Data om tørrstoffinnholdet informerer om hvor stor forskjellen er mellom de to vegetasjonstypene. Tørrstoffinnholdet for slått gras varierer mellom 23 og 31 % (Thomsen m.fl., 2024). I denne studien var graset hundegras, kløver, raigras og engsvingel. Antar vi 2 tonn gras biomasse og 27 % tørrstoffinnhold i graset, vil dette gi en lagring av 1,46 liter vann per m² eller 1,46 mm.

Trær lagrer mye mer vann enn gras. Waring m.fl. (1979) rapporterer vannlagring i trærne (overjordiske plantedeler) av 40 år gammel furubestander (*Pinus sylvestris*) mellom 12 400-21 200 liter vann per dekar, avhengig av bestandens tetthet. Altså mange ganger mer enn gras. Enkelte trær kan holde opp til 1000 liter vann avhengig av størrelse og treslag.

I Michigan i USA målte Matheny m.fl. (2015) en vannlagring i stammen per døgn og tre på ca. 72-120 kg for rødlønn (*Acer rubrum*) og ca. 90-165 kg for rødeik (*Quercus rubra*), i perioden juli-september 2014.

Vannlagring i plantevev er koblet til transpirasjonsfunksjon. Treslag som furu og gran benytter mellom 14 % og 50 % av lagret vann til daglig transpirasjon (Schulze m.fl., 1985; Waring m.fl., 1979). Phillips m.fl. (2003) fant lavere verdier enn disse for douglasgran (*Pseudotsuga menziesii*), oregon eik (*Quercus garryana*), og gullfuru (*Pinus ponderosa*) (3-23 %, avhengig av treslag og størrelse). For løvtreslag i Hainich Nasjonal Park, Thüringen, Tyskland, ble 5 – 22 % av lagret vann i planten transpirert ut (Köcher m.fl., 2013). Denne evnen til vannlagring gjør trærne mindre avhengig av vanninnholdet i jordsmonnet. Phillips m.fl. (2003) viste at eldre, større trær benytter mer lagret vann til daglig transpirasjon enn yngre, små trær. Derfor er transpirasjon av små trær tettere koblet til vanninnholdet i jordsmonnet.

3.5 Infiltrasjon av vann ned i bakken

I undersøkelser langs gresskledde kantsoner i Lierelva og Hobølelva (Blankenberg og Skarbøvik, 2020) ble infiltrasjonen i graskledte kantsoner (benyttet til grasproduksjon) målt i snitt til under 0,5 cm/minutt. I den naturlige kantsonen ned mot elva, med urter og grasarter men uten trær, lå den på ca. 1,5 cm/minutt i Lierelva og ca. 3,5 cm/minutt i Hobølelva. I tredekte soner var det ikke mulig å måle infiltrasjonen fordi vannet bare forsvant raskt ned i bakken (målemetoden med dobbeltring infiltrometer krever at det oppnås vannmettet tilstand før infiltrasjonen måles som 'stabil tilstand', altså lik hastighet over tid). Det ble antatt at den langsommere infiltrasjonen i grasproduksjonsdelen av kantsonen skyldtes at det ble kjørt med tunge traktorer som pakket jorda der.

Også Krzeminska m.fl. (2020) noterte så høy infiltrasjon i trekledte kantsoner at det ikke var mulig å måle infiltrasjonshastigheten. Dette skyldes sannsynligvis *piping* (se kap. 3.1), altså at vannet følger snarveier langs med røttene.

3.6 Tilbakeholdelse av vann hos gras og trær – sett samlet

Generelt viser flere studier at skogsvassdrag bruker mer vann enn vassdrag med andre typer vegetasjon. I et forsøksfelt i Wales ble det f.eks. vist at bartreskog holdt tilbake 15 % mer av nedbøren enn områder med gras og heilandskap (Kirby m.fl., 1991; Hudson m.fl., 1997). Samtidig ble det klart at ved hogst av trærne kunne skogområdet gi fra seg mer vann enn grasarealer. Sannsynligvis var årsaken at jorda da var fri for både tre- og grasvegetasjon, og dermed var det lite som kunne holde vannet tilbake i nedbørfeltet.

Litteraturgjennomgangen vår viser at transpirasjonsnivået er nokså likt mellom løvtrær og gras per arealenhet (Tabell 3 og kap. 3.2). Dette er et mål på hvor mye vann vegetasjonen trekker opp fra bakken. Likevel vil et areal med skog holde tilbake mer vann enn et areal med gras. Dette skyldes bl.a. at:

1. Intersepsjon er større hos trær (i trekronene) enn hos gras.
2. Trær kan *lagre* mer vann enn gras. Et tre lagrer vann i røtter, stamme, greiner og bladverk.
3. Trær leder regnvann til dypere jordlag enn gras.
4. Trær kan trekke opp vann fra dypere lag i bakken enn gras.
5. Humussjiktet under trær lagrer vann.

Mange av studiene er om trær på 'tørt land' og ikke trær langs med elvekanter. Studier har vist at selv om trær langs vassdrag trekker opp mer vann enn trær som står inne på tørt land, er det de yngre trærne som benytter bekkevannet direkte. Voksne trær langs vassdrag trekker opp mestparten av vannet de trenger fra dypet i jordsmonnet (Dawson og Ehleringer, 1991; Miguez-Macho og Fan, 2021). Det er derfor mulig at voksne trær langs vassdrag bidrar til å holde elvekantene tørrere, noe som bl.a. er fordelaktig for å hindre kanterrosjon (se kap. 6).

Figur 2 oppsummerer vannhusholdning blant hhv. trær og gras.

Tabell 3. Oppsummert om vannstrømmer i vegetasjon, gras vs. trær.

Prosess	Gras	Trær	Kilde
Transpirasjon (mm/år)	290	264-289	Klein (2000)
	400-600	300-390	Nisbet (2005)
	680	560	Paillassa (2008)
	500-1800	-	Rychnovská (1976)
Intersepsjon og fordamping (mm/år)	81	156-282	Klein (2000)
Intersepsjon (i % av nedbør)	10	25-40	Klein (2000)
Vannlagring i plantevev (mm)	1,7	12,4-21,2	Thomsen m.fl. (2024) og Waring m.fl. (1979)

Vannbalanse trær og gras

Transpirasjon hos trær og gras er relativ lik, som tyder på at vannopptak er i samme størrelsesorden.

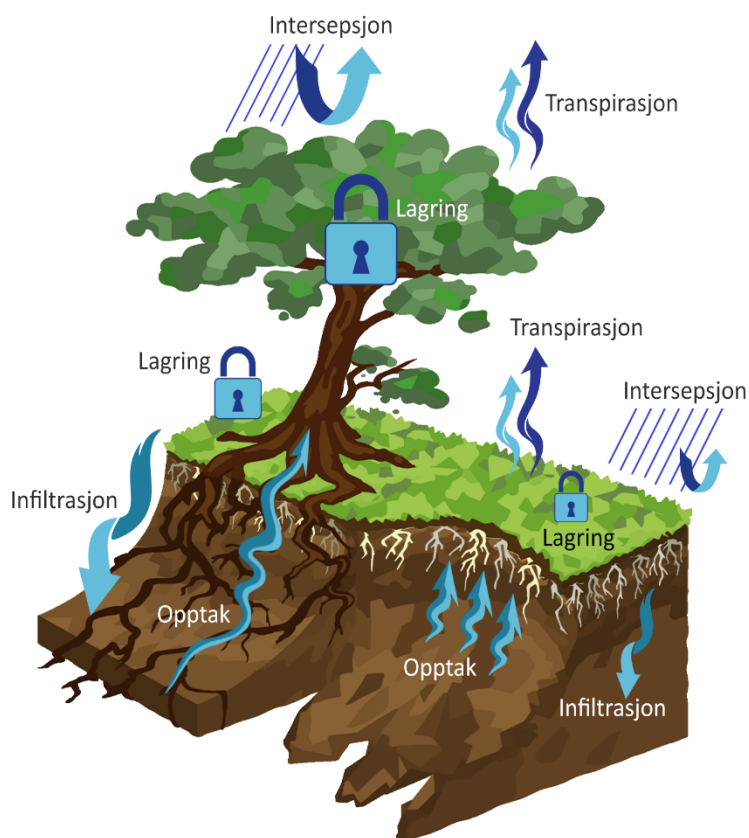
Trær kan trekke opp vann fra dypere lag enn gras.

Trekronene har høyere intersepsjon enn gras (holder tilbake regnet og sender det tilbake til lufta).

Infiltrasjon av vann ned i bakken er større ved trær enn ved gras, og vannet kan trenge lenger ned, langs røttene.

Trær lagrer mer vann enn gras.

Humuslaget på bakken rundt trær har også kapasitet til å lagre vann.



Figur 2. Vannbalanse i trær og gras. Transpirasjon (og opptak av vann) er tilnærmet lik mellom gras og mange tresorter, mens trær har større lagring av vann, og mer vann som fordamper tilbake til atmosfæren ved intersepsjon. Trær henter også vann fra dypere lag i jordsmonnet, og kan infiltrere vann raskere ned i bakken ved 'piping'. Ill: Oda Mamen.

3.7 Eventuell flomdempende effekt av trær langs elveløpet

I teorien kan trær redusere flom på flere måter (f.eks. Gray og McDonald, 1989; EEA 2015; Carrick m.fl. 2019):

1. Tre kronene holder tilbake regnvann gjennom intersepsjon og fordamping.
2. Trærnes dypere røtter sørger for at regnvannet kan infiltrere lenger ned i bakken.
3. Skogsjorda kan ha god kapasitet til å holde på vann pga. mye organisk materiale på bakken (sammenlignes gjerne med en svamp-lignende effekt).
4. Flomvannet kan forsinkes når det renner mellom store stammer, i motsetning til om vannet får 'fritt leide' over åpen åker eller grasareal.

Imidlertid er det viktig å merke seg at trærnes flomdempende effekt først og fremst har blitt diskutert for *skog*, antakelig fordi både empiriske studier og modellering krever et visst areal for å kunne vurdere endringer i hydrologi som følge av ulike vegetasjonstyper.

En storskala europeisk undersøkelse viste at skog kan ha en merkbar effekt på flomdemping (EEA 2015). Studien benyttet data fra 287 nedbørfelt, med mer enn 65.000 delnedbørfelt i skog. De påpekte at tolkning av resultatene var vanskelig, ikke minst pga. komplekse prosesser i skogshydrologien, men resultatene fra prosjektet stadfester likevel at skogen har god evne til å forsinke og fordrøye vannet. De fant at tilbakeholdelse av vann (retensjon) var 25 % større i nedbørfelt hvor skog dekket 30 % av arealet, enn i nedbørfelt hvor skog dekket bare 10 % av arealet. Videre var retensjonen 50 % større i nedbørfelt med 70 % skog enn i felt med 10 % skog. Retensjonen var størst om sommeren i alle felt, noe som kan gjenspeile at trærne tar opp mest vann i vekstsesongen, og da er også intersepsjonen større. Studien viste også at nåletrær generelt holdt tilbake 10 % mer vann enn løvtrær.

Nisbet (udatert webside⁴) rapporterte at i øvre deler av et nedbørfelt kan en velutviklet nåletreskog redusere vannføringen i bekker og elver med 15-20 %, mens i lavlandet kan nåleskogen redusere tilstrømningen til en grunnvannsakvifer med minst 70 %, sammenlignet med gras. Men igjen er dette mest aktuelt for skog og ikke for smalere trerekker langs med et vassdrag. Knouft m.fl. (2021) modellerte f.eks. et vassdrag i Missouri med SWAT-modellen, for å vurdere om det ville ha effekt på vannføring å plante til en kantsone med trær, men modellen viste ingen slik effekt.

Ulike treslag kan ha ulik effekt under flom. En undersøkelse fra Kina (Zhang m.fl., 2025) viste at tre av totalt åtte undersøkte treslag langs Den Gule Elv var velegnet til å beskytte og bidra til bedre økologisk stabilitet under flom. Av disse tre var det særlig piletre som var egnet langs kantene i elver som har hyppige oversvømmelser. De to andre treslagene finnes stort sett kun i Kina (native treslag); disse var kinesisk pagoda og 'white wax'.

Oppsummert er det tvilsomt om en smalere sone med trær langs et vassdrag vil ha noen innvirkning på flomforhold, i betydningen å redusere omfang og utstrekning av en flom. De kan likevel bidra til å hindre flomskader, ved å forsinke vannstrømmen når elva går over sine bredder, og ved å redusere erosjonen langs bekke- og elvekantene (se kap. 6).

⁴ <https://www.forestresearch.gov.uk/research/forestry-and-water-resources/>

4 Renseeffekt i kantsoner med gras vs. trær

Mens det forrige avsnittet handlet om vannopptak og vannstrømmer i vegetasjon, tar dette avsnittet for seg studier av opptak av næringsstoffer i ulike vegetasjon, og renseeffekt for både næringsstoff og partikler i kantsoner mot vann.

4.1 Opptak av næringsstoff i ulike typer planter

Nitrogen er vannløselig og følger derfor vannets vei gjennom landskapet. Det betyr at nitrogen kan følge overflateavrenningen, det kan infiltrere ned i grunnvannet, eller det kan fraktes gjennom grøftesystemet. Fosfor bindes i mye større grad til jordpartikler og sediment.

Fra vår litteraturgjennomgang er det flest studier som konkluderer med at trær tar opp mer nitrogen enn gras, bl.a. fordi trær har større biomasse enn gras og fordi trærnes røtter går dypere enn grasrøttene, og dermed kan trærne trekke nitrogen opp fra dypere lag. I et drivhus-eksperiment viste da også López-Díaz m.fl. (2011) at planting av morellebærtrær i et grasbasert system ga reduserte nitratverdier i jordsmonnet. En studie av seks år gamle poppeltrær i kantsoner viste at høye tilførsler av nitrogen og fosfor i jorda ga økte konsentrasjoner av disse næringsstoffene i løvverket og annet plantevev, sammenlignet med den øvrige vegetasjonen i buffersonen (Fortier m.fl., 2010).

Samtidig har gras stort behov for nitrogen, noe som gjenspeiles av høye nitrogenkonsentrasjoner i bladverket. Tian m.fl. (2018) fant f.eks. høyere nitrogenkonsentrasjoner i gras enn i blad på trær. Gras kan derfor utkonkurrere unge trær i overflaten. Ved treplanting brukes derfor ofte en bioduk for å holde gresset nede. Gresset har tette røtter i overflaten og noen typer gress kan til og med utsondre kjemiske stoffer som aktivt hindrer trevekst (Chick & Kielbaso, 1998). For eldre trær med dypere røtter er dette selvsagt annerledes, da kan trærøttene ta opp nitrogen fra et dypere jordlag enn gresset. Skyggen fra trærne vil dessuten redusere grasvekst i nærheten av treet.

Når det gjelder fosfor, konkurrerer også trær og gras om næringsstoffet i overflaten. Gress har raskt opptak av fosfor fra overflaten, og kan utkonkurrere ungtrær. Tian m.fl. (2018) fant også høyere fosforkonsentrasjoner i gras enn i blad fra trær. Gress bruker sopptyper (mykorrhiza) som særlig trekker opp ortofosfat (lett tilgjengelig fosfor). Trær kan hente fosfor fra dypet, og bruker mykorrhiza til å omdanne organisk fosfor, som er mindre lett tilgjengelig (jf. Kap. 3.2.3). Trær har dessuten større langtidslagring av fosfor og andre næringsstoffer i biomassen enn gras.

Chirino-Valle m.fl. (2016) undersøkte effekten av å plante tre ulike typer trær på et gressareal i New Zealand. Resultatene viste at trærne ga en signifikant nedgang i organisk fosfor i jorda i en periode på 10 år, sannsynligvis ved mineralisering av organisk fosfor. Trenden var lik for alle treslagene, til tross for at disse hadde ulike mykorrhiza-typer (se kap. 3.2.3).

I studier som har målt næringsinnhold i flere plantedeler hos trær (tre, greiner, bladverk) vises det at mer enn halvparten av nitrogenet og fosforet akkumuleres i trebasert biomasse (Fortier m.fl., 2010).

I Tabell 4 vises næringsopptak i ulike treslag som er vanlig i kantsoner mot vann. Tabellen viser at næringsopptak kan variere kraftig avhengig av treslag.

Tabell 4. Tall fra litteratur om næringsstoffopptak per treslag, og beskrivelse av metoder.

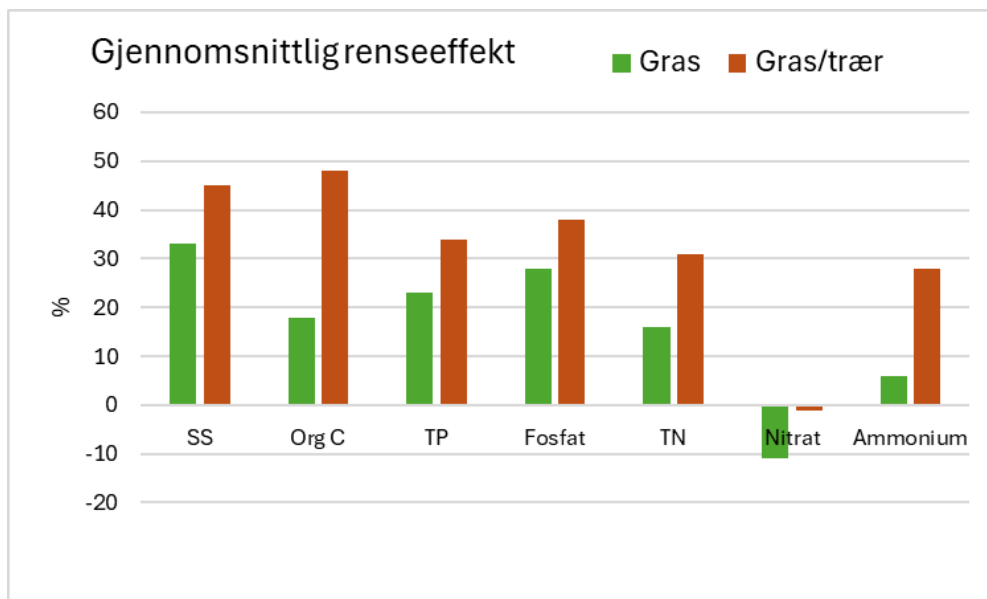
Nitrogen:				
Treslag	Eksperimentelle forhold	Opptak (g/tre) *målt for et år	Opptak (kg/ha) *målt for et år	Kilde
Poppel langs vassdrag (Populus spp., 5 kloner) Quebec, Canada	6-år gamle plantasjer, 4 lokaliteter	163-259 ^a	91-770	Fortier m.fl. (2010)
Rødeik, 17 år gamle trær med pekantre i et skogslandbruk, Arkansas, USA	47 pekantre/ha og 141 rødeik/ha, innimellom gras, gjødslet med mineralsk og organisk gjødsel rundt trær	47,20* (eik trevirke) 18,68* (eik blader)	6,32* (eik trevirke) 2,51* (eik blader)	Dold m.fl. (2019)
Tresatt kantsone med poppel, Iowa, USA	7 år gamle trær	-	37* (poppel) 13,5* («cool-season grass»)	Tufekcioglu m.fl. (2003)
Fosfor:				
Treslag	Eksperimentelle forhold	Opptak (g/tre)	Opptak (kg/ha)	Kilde
Poppel langs vassdrag (Populus spp., 5 kloner) Quebec, Canada	6-år gamle plantasjer, 4 lokaliteter.	16-27 ^a	10-82	Fortier m.fl. (2010)

^a med bruk av "plotdigitizer app online".

4.2 Målinger av renseeffekt i kantsoner med ulik vegetasjon

Tabellene 5-7 gir en oversikt over renseeffekt av ulik vegetasjon for hhv. sediment, nitrogen- og fosforforbindelser i ulik litteratur. Blankenberg m.fl. (2017) gir en grundig gjennomgang av renseprosessene i en kantsone.

Søvik m.fl. (2008) målte renseeffekt i én vegetasjonssone med gras og to vegetasjonssoner med gras og trær i en periode på 2,5 år i Mørdefeltet i Akershus, Norge. Jevnt over hadde de to kantsonene med trær bedre renseeffekt enn kantsonen med gras, sett samlet for både overflaten og dypere i jordprofilet, men forskjellen var ikke alltid signifikant (Figur 3).



Figur 3. Gjennomsnittlig renseeffekt målt i kantsone i Mørdrefeltet i Akershus (data hentet fra Søvik m.fl., 2008).

Leguédou m.fl. (2008) påpekte at kantsoners renseeffekt var mer undersøkt for gras enn for trær. De brukte nedbørssimulator og målte renseeffekten av partikler i et belte med trær i New South Wales (Australia), og fant at minst 94 % av sedimentene ble stoppet. De sammenlignet imidlertid ikke trær med gras i denne studien. Det gjorde derimot Dunn m.fl. (2022), som undersøkte effekten av avrenning og tilbakeholdelse av sediment i 12 meter brede buffersoner med tre typer vegetasjon i Devon, England. Vegetasjonen var (1) en grastype med dype røtter, (2) en type piletrær som kuttes periodisk nær bakken for å fremme ny vekst fra stubben (engelsk: *coppice willow*), og som ofte brukes til kurvfletting eller biodrivstoff, og (3) løvtreskog med lokale tresorter. De målte effekten gjennom til sammen 15 nedbørepisoder over tre år, og fant at for tilbakeholdelse av avrenning var rekkefølgen at piletrærne holdt tilbake mest vann (49 %), løvtrærne nesten like mye (46 %) mens gras holdt tilbake 33 %. For tap av suspenderte partikler var rekkefølgen lik, og her var tilbakeholdelsen som følger: Piletrær (44 %) > løvtrær (30 %) > gras (29 %). I den forbindelse er det interessant at Stutter m.fl. (2019) rapporterte en økende interesse for piletrær langs kantsonene, pga. potensialet for bioenergi koblet med evnen til å holde tilbake næringsstoff og sediment. Dessuten kan piletrær være tilpasningsdyktige til ulike vekstforhold og ha evnen til å skyte nye skudd etter hogst.

Aguiar m.fl. (2015) undersøkte renseeffekt av næringsstoff i buffersoner med samme bredde i et nedbørfelt i temperert sone sør i Brasil. De fant at buffersoner med trær hadde om lag 100 % renseeffekt av næringsstoff. Renseeffekten av kantsoner med busker var 83 %, 66 % og 80 % for henholdsvis nitrogen, fosfor og nitrat, mens tilsvarende effekt for gress var 61 %, 53 % og 52 %.

Vinterforhold kan også være viktig i denne sammenheng. Kumwimba m.fl. (2024) fant at trekledde kantsoner hadde bedre renseeffekt for næringsstoff enn grasdekte soner under snøsmelting. I flere tilfeller så de at graskledde soner ikke klarte å rense overflateavrenning under snøsmelting. Utenom snøsmelteepisodene fant de ikke større forskjeller i renseeffekt mellom grasdekte og tredekte kantsoner.

Forskere ved Universitetet i Missouri overvåket to transekter i tre landskapstyper i en beitet skråning med kombinert tre- og grasbeplantning (Salceda m.fl., 2023). Oppløst nitrogen ble

redusert med 99 % i tresonene og 94 % i grassonene. Total nitrogen ble redusert med 85 % i tresonene og 62 % i grassonene.

De samme forskerne (Salceda-Gonzalez m.fl., 2025) undersøkte hvor mye kantsoner med trær og gras kunne redusere nitrat+nitritt i en gårdsdam. De brukte MODFLOW-modellen og kjørte en 10-årig simulering med fire ulike scenarier i kantsonene: (1) Kun trær (f.eks. osp); (2) kun gras; (3) blanding av trær og gras; og (4) ingen buffer. I forhold til scenarie (4) – ingen vegetasjon i kantsonen – kunne scenario 2 (kun gras) redusere nitrat+nitritt-avrenning med 97 %, kun trær reduserte med 98 % og trær og gras i kombinasjon med trær 99 %.

Krzeminska m.fl. (2020) undersøkte renseeffekten i en kantson langs Hobølelva, Norge med gras, bærbusker og trær. Buskene var 1-2 årige og hadde ikke rukket å utvikle et godt rotsystem, noe som kan forklare at det ble funnet liten forskjell mellom renseeffekt på gras og buskekledte kantsoner. Derimot var renseeffekten på 100 % i trekledte kantsoner, basert på at infiltrasjonen der var svært høy. Effekten av *piping* (se kap. 3.1), hvor vannet følger snarveier langs med røttene, kan imidlertid gi en så høy infiltrasjon at det kan være fare for at jorda ikke holder tilbake næringsstoffene tilstrekkelig.

Valkama m.fl. (2019) utførte en metaanalyse av retensjon av nitrogen i kantsoner. De noterte at treplanter vanligvis er kjente for å være mer effektive i å ta opp næringsstoff fra dypere jordlag enn grasvegetasjon, men at i deres analyse var tilbakeholdelsen av næringsstoffer bare 10-15 % høyere i kantsoner med trær og trær/grass, enn i kantsoner bare med gras – og at denne forskjellen ikke var statistisk signifikant. De fant også at kun trær i kantsonen ikke var mest effektivt i å holde tilbake nitrogen fra overflateavrenning.

Tabell 5. Sediment: Tilbakeholdelse i ulike typer kantsoner.

Sted	Metode	Resultat for sediment	Kilde
Norge, Mørdrebekken	Målinger av én kantson med gras, og to kantsoner med gras og enkelte trær	Gras: 33 % rensing Gras med trær: 45 % rensing	Søvik m.fl. (2008)
Norge, Hobøl	Avrenningseksperiment i forsøksruter: i kantsoner med grass/(nyplantet) busker, og trær	Renseeffekt (målt i overflatevann, basert på massebalanse): - Gras: 86 – 94 % - Busker: 84-93 % - Trær: 100 % (ikke overflateavrenning/ 100 % infiltrasjon)	Krzeminska m.fl. (2020)
UK, Devon	Målinger over 3 år, 12 meter brede kantsoner Samlet inn data fra 15 nedbørepisoder.	Reduksjon i forhold til kontrollplottet: Total avrenning: Kantson med piletrær (49 %); andre løvtrær (46 %); gras (33 %). Suspendert sediment: pil (44 %) > andre løvtrær (30 %) > gras (29 %)	Dunn m.fl. (2022)

Tabell 6. Fosfor og fosfat: Tilbakeholdelse i ulike typer kantsoner.

Sted	Metode	Resultat for fosfor	Kilde
Norge, Mørdre	Målinger av én kantsone med gras, og to kantsoner med gras og enkelte trær	Totalfosfor: 23 % rensing i gras, 34 % rensing i gras+trær Fosfat: 28 % rensing i gras, 38 % rensing i gras+trær	Søvik m.fl. (2008)
Norge, Hobøl	Avrenningseksperimentet i forsøksruter: i kantsoner med grass/(ny plantet) busker og trær	Renseeffekt (målt i overflatvann): - Gras: 76 – 89 % - Busker: 74-85 % Trær: 100% (ikke overflateavrenning/100 % infiltrasjon)	Krzeminska m.fl. (2020)
Brasil, temperert sone	Evaluerings av et større antall forsøksplot, prøvetaking etter at regntiden var startet og gjødsling på jordene.	Renseeffekt: Trær: 100 % Busker: 66 % Gras: 53 %	Aguiar m.fl. (2015)

Tabell 7. Nitrogen og nitrat: Tilbakeholdelse i ulike typer kantsoner.

Sted	Metode	Resultat for nitrogen	Kilde
Norge, Mørdre	Målinger av én kantsone med gras, og to kantsoner med gras og enkelte trær	TN: 16 % rensing i gras, 31 % rensing i gras+trær Nitrat: Ingen rensing men utlekking: -11 % utlekking i gras, -1 % utlekking i gras+trær NH ₄ : 6 % rensing i gras, 28 % rensing i gras+trær	Søvik m.fl. (2008)
Norge, Hobøl	Avrennings-eksperimentet i forsøksruter: i kantsoner med grass/(ny plantet) busker og trær	Renseeffekt (målt i overflatvann): - Gras: 78 – 89 % - Busker: 68-84 % - Trær: 100 % (ikke overflateavrenning/100 % infiltrasjon)	Krzeminska m.fl. (2020)
Brasil, temperert sone	Evaluerings av et større antall forsøksplot, prøvetaking etter at regntiden var startet og gjødsling på jordene.	Renseeffekt: Trær: 100 % Busker: 83 % (total nitrogen), 80 % (nitrat) Gress var 61 % (totalnitrogen), 52 % (nitrat)	Aguiar m.fl. (2015)

Sted	Metode	Resultat for nitrogen	Kilde
USA, Missouri	Overvåket to transekter i tre landskapstyper i en beitet skråning med kombinert tre- og grasbeplantning.	Tilbakeholdelse i grunnvannet: Trær: 99 % av oppløst nitrogen og 85 % av total nitrogen Gras: 94 % av oppløst nitrogen og 62 % av total nitrogen	Salceda m.fl. (2023)

5 Kanterosjon

Erosjon langs bekke- og elveløp er en naturlig prosess, men menneskelig aktivitet kan forsterke erosjonen. Dette kan ha store økologiske og økonomiske konsekvenser, bl.a. for bygninger og infrastruktur langs vassdragene, tap av jordbruksjord, økt partikkel- og næringsstoffkonsentrasjon og dermed redusert vannkvalitet.

5.1 Prosesser knyttet til kanterosjon

Kanterosjon kan grovt sett deles opp i to hovedgrupper basert på to ulike prosesser (Hooke, 1980; Grayson m.fl., 1997; Julian og Torres, 2006; Nardi m.fl., 2012).

1. Den første prosessen er hydraulisk erosjon, og den forårsakes av det skjærstresset som vannet i elva eller bekken påfører elvebredden. Jo raskere vannet renner, desto mer øker skjærstresset mot elvebredden. Elvas kraft til å grave i elveløpet er dermed en kombinasjon av
 - Vannhastigheten – som gir et skjærstress mot kantsonen;
 - Kantsonens motstandskraft – som er skjærstyrken i kantmaterialet.
2. Den andre prosessen foregår nede i bakken, i materialet inne i elvebredden. Der kan erosjon oppstå på grunn av porevannstrykket, på norsk kalles dette gjerne grunnvannserosjon. Høy vannstand gir økt fuktighet i kantsonen, og dermed mer ustabil materiale. Ved frost dannes det is-nåler i sedimentet, som kan tvinge sedimentpartiklene fra hverandre. Et endret klima med hyppige episoder av høy vannstand og frysing/tining, vil dermed øke kanterosjonen.

Tabell 8 oppsummerer de to typene erosjon, som oftest opptrer i kombinasjon.

Kanterosjon påvirkes av en rekke ulike faktorer (Fox og Wilson, 2010; Hooke, 1979; 1980; Thorne, 1982; Lawler, 1993a; 1993b; Gatto, 2000; Costard m.fl., 2003; Trimble, 2004; Julian og Torres, 2006; Nardi m.fl., 2012). De viktigste er:

- Kantsedimentenes kornfordeling og lagdeling
- Hydrologiske forhold i elva (flom, tørke, og hyppighet av vannføringsendringer)
- Nedbørforhold (styrtregn, langvarig regn)
- Jordfuktigheten i kantsedimentet og hvor hyppig fuktigheten endres
- Temperatur, inkludert fryse-tine-mekanismer, dannelse av nåle-is og permafrost
- Elveløpsformen, og om den er naturlig eller menneskeskapt (se kap. 3.1)
- Vegetasjon som vokser langs elvebreddene

Flere av disse faktorene henger sammen, for eksempel kan elveløpsform være knyttet både til hydrologiske forhold, kantsedimentets kornstørrelse og vegetasjonen langs breddene (Trimble, 2004).

Tabell 8. Oversikt over to hovedprosesser ved kanterosjon. Merk at begge prosesser ofte skjer samtidig.

Erosjonstype	Hovedårsak	Utløses av	Primær kornfordeling i jord	Erosjonsforløp
Hydraulisk betinget erosjon	Vannføring/ vannhastighet i elv/bekk. Vannet utøver skjærstress mot bankene.	Langvarige flomepisoder, høye flomtopper og stor variabilitet i vannføring.	Sand og silt	Partikkel for partikkel
Grunnvanns-erosjon	Fuktigheten i sedimentet i elvebankene	Høyt porevannstrykk, vannstrømning i bl.a. makroporer, frost i bakken.	Kohesive jordarter (fin silt og leire)	Større deler av kantene sklir ned i bekken/elva.

Vegetasjonen langs elvekanten kan påvirke skråningens stabilitet både hydrologisk og mekanisk (f.eks. Beeson og Doyle, 1995; Micheli m. fl., 2004; Pollen m. fl. 2004, Trimble 2004 og Bartley m. fl. 2006). For å komplisere kan vegetasjonen påvirke begge disse prosessene både positivt og negativt (Tabell 9).

Tabell 9. Oversikt over mekaniske og hydrologiske virkninger av træs effekt på kanterosjon.

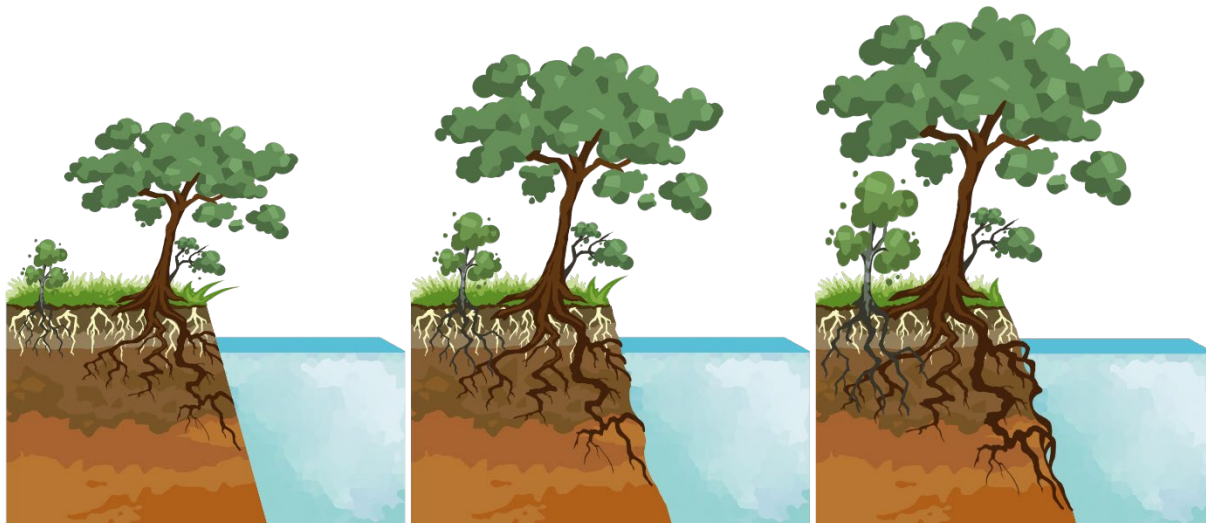
Effekt	Fysiske (mekaniske) krefter	Hydrologiske krefter
Positiv	Røttene forankrer jorda/sedimentet langs elvekantene.	Reduserer porevannstrykket siden røttene tar opp fuktighet fra bakken.
Negativ	Vekten av trærne kan gi et sig nedover skråningen. Trevelt kan gi økt lokal erosjon.	Røttene skaper kanaler som gjør at vannet kan trenge lenger ned i jorda, og dermed øker porevannstrykket.

Den *positive hydrologiske* effekten av trær i kantsonen er at de reduserer jordfuktigheten i større grad enn gras (se kapittel 3). Grasrøtter gjør det samme, men i mindre grad, og fra et grunnere lag av jordsmonnet. Mindre vann i bakken betyr lavere porevannstrykk og dermed redusert risiko for kanterosjon (Fox og Papanicolaou, 2007). De *negative hydrologiske* effektene er også knyttet til poretrykket. Røtter krymper når de tørker inn, og dette kan skape store porer i jorda (makroporer). Når regnet kommer etter en tørkeperiode kan det derfor trenge raskere og lengre ned i bakken (piping).

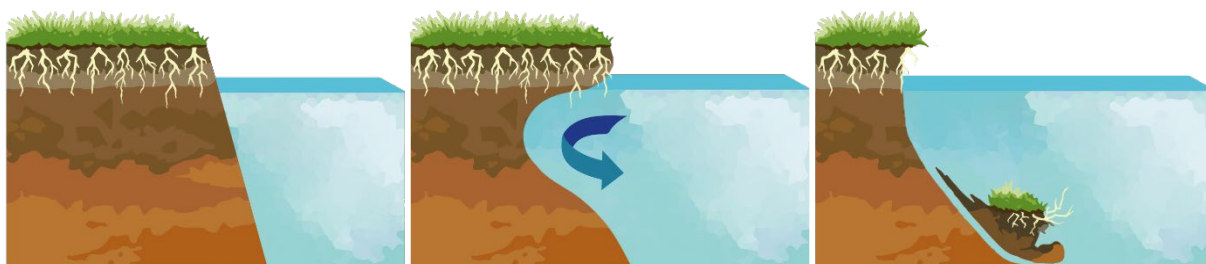
De *positive mekaniske* effektene av vegetasjon er knyttet til at røtter armerer jorda (figur 4), noe som er beskrevet i en lang rekke studier (Greenway, 1987; Thorne, 1990; Abernethy og Rutherford, 1998; 2000; Gray og Barker, 2004; Burylo m.fl., 2011). *Mekaniske negative effekter* av vegetasjonen skyldes stort sett vekten av tyngre trær, som kan øke det vertikale trykket i en skråning og derved forårsake jordsig (Greenway, 1987; Collison og Anderson, 1996; Pollen m.fl., 2004). Trevelt kan dessuten gi lokal erosjon. Totalt sett, for hele elveløpet, gir slike trevelt likevel liten erosjon i forhold til den erosjonen som skjer langs strekninger uten trær. Som diskutert i kapittel 7 er det også svært fordelaktig for biomangfoldet at det finnes døde trær i og langs elva.

Kanter med gras blir ofte undergravd av elvevannet (figur 5). Trimble (2004) rapporterte en undersøkelse i amerikanske elver som viste at undergraving av elvekanter med tilhørende

erosjon var vanlig der elvekantene var grasdekte, men at tilsvarende erosjon sjeldent ble observert i skogsområder. Enkelte elver eller bekker som renner gjennom gras kan grave seg nedover i dybden. Da blir elveleiet smalt, og noen ganger kan elva renne nesten som i en tunnel (Trimble, 2004).



Figur 4. I kantsoner med trær vil trerøttene armere jorda. Dette gjelder særlig for løvtrær, og ikke for f.eks. gran. Når røttene blottlegges vitner dette om erosjon av jord som ligger mellom røttene, men erosjonen går ikke dypere inn siden røttene armerer jorda. Figuren viser en utvikling over tid, hvor trærne langsomt vokser og røttene etter hvert eksponeres. Ill: Oda M. Mamen.



Figur 5. I kantsoner med gras er røttene grunne og elvevannet får mulighet til å undergrave banken. Deretter kan større deler av banken skli ned, særlig der det er kohesive jordarter med leire og finsilt. Resultatet blir en brattere kantsone som er enda mer utsatt for erosjon. Ill: Oda Mamen.

5.2 Erosjonsrater i kantsoner med ulik vegetasjon

Tabell 10 viser eksempler på erosjonsrater i kantsoner med og uten trær. Oppsummert viser all gjennomgått litteratur at grasdekte kantsoner eller kantsoner med jordbruksdrift eroderer betydelig mer enn tredekte kantsoner.

Tabell 10. Erosjonsrater i kantsoner med og uten trær.

Sted	Metode	Resultat	Kilde
British Columbia, Canada	Luftfoto. Mer enn 700 elvesvinger i fire ulike elver.	30 ganger høyere sannsynlighet for kraftig erosjon uten vegetasjon	Beeson og Doyle (1995)

Sted	Metode	Resultat	Kilde
Sacramento River, USA	Sammenligning 1949 og 1997	Kantsoner med jordbruk hadde 80-150 % høyere erosjon enn kantsoner med skog.	Micheli m.fl. (2004)
Missouri River, USA	Kanterosjon etter en kraftig flom, undersøkte 76 steder hvor leveene ⁵ hadde kollapset	Uten skog: 45 ras Med 30-60 meter skog: 22 ras Bredere enn 60 meter skog: 9 ras	Dwyer m.fl. (1997)
Bear Creek, Ohio, USA	Målte med erosjonsspinner, Sammenlignet åker, gras (beite) og skog	Kanterosjon størst i åker, medium i gras og minst i skog. Hvis hele strekningen på 11 km hadde fått skogkledte kanter, ville jordtapet vært redusert med 72 %.	Zaimes m.fl. (2004)
Latrobe River, Australia	Modellering. Benyttet en faktor F_s , som er skjærstyrken til jorda delt på skjærstresset som kantsonen utsettes for i erosjonsområdet.	Hvis kantsoner uten trær har en $F_s = 1,0$; vil kantsoner med trær ha en F_s på 1,6, altså øker skjærstyrken (styrken til å motstå erosjon) i kantsoner med trær.	Abernethy og Rutherford (2000)
Lierelva, Haldenvassdraget, Norge	Målt med erosjonsspinner. Sammenlignet graskledt buffersone, åker og trær.	I gjennomsnitt 5 ganger høyere erosjon i kanter uten trær enn i kanter med trær	Skarbøvik m.fl. (2014)
Hobølelva, Norge	Modellering	Kanterosjon er minst sannsynlig i soner med trær, etterfulgt av soner med bærbusker, og deretter gras. Kvantifisering var utfordrende.	Krzeminska m.fl. (2020)
Goodwin Creek, USA	Feltforsøk	Kanter med bjørk (river birch; <i>Betula nigra</i>) og amerikansk platantre (sycamore; <i>Platanus occidentalis</i>) hadde bedre motstand mot erosjon enn svartvier (black willow; <i>Salix nigra</i>)	Pollen (2004)

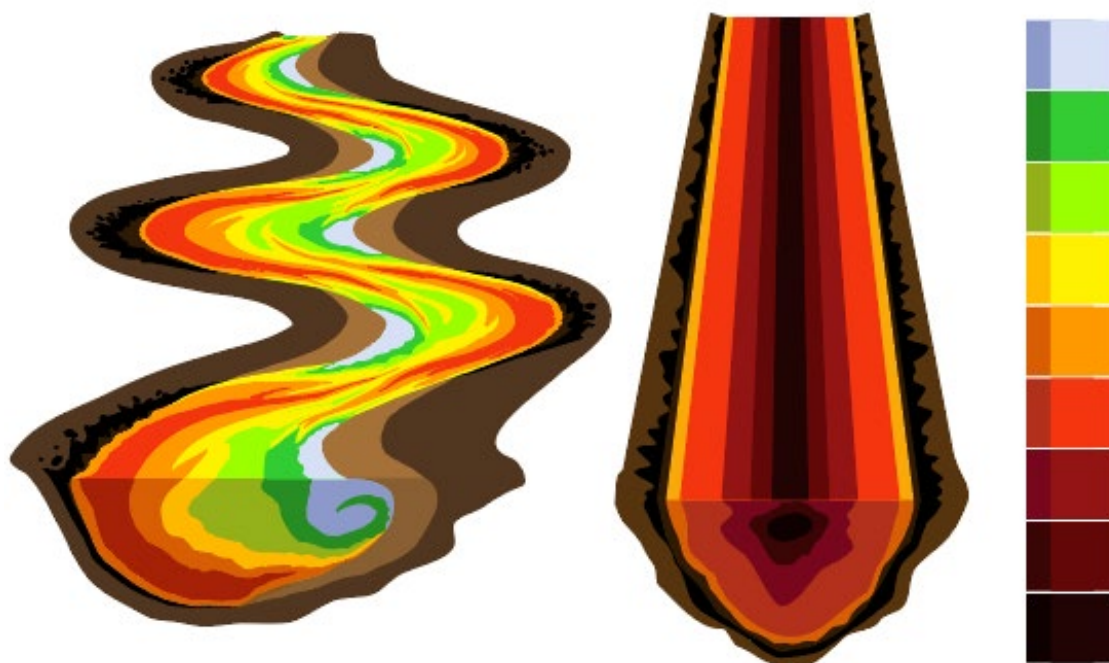
⁵ En levee er en ellevoll, og ligger som en forhøyning langs elveløpet på en elveslette. Leveer oppstår i flomperioder når elva flommer ut over elvesletta. Da faller vannhastigheten brått, og materiale som elva har fraktet i suspensjon blir bunnfelt nær bredden. (Kilde: Store Norske Leksikon)

Sted	Metode	Resultat	Kilde
Elk River, British Columbia, Canada	En naturlig elv uten menneskelige inngrep. Vurdert under ulike flomepisoder i perioden, 1993-2014, langs 23 km strekning med alternerende gress- og trebevokst.	Alle 10 lokaliteter med store endringer i meanderbredde/elveløpsendring (over 75 meter) skjedde der kantsonene var kledt med gras, noen ganger med små busker. Derimot var kantsoner med trær minimalt endret (under 15 meter endring). Konkluderte med at kun trær kan stå imot erosjon i kantsonen under større flommer.	Rood m.fl. (2015)

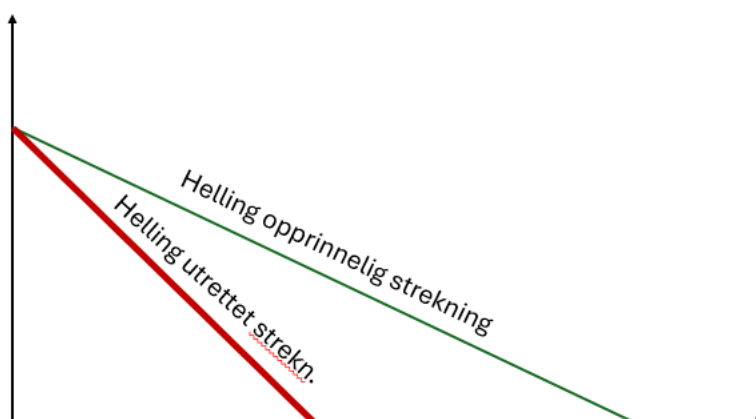
Det er interessant at forvaltningen i flere land viser økende bekymring for bruk av stein-, betong- og stålkonstruksjoner til stabilisering av bekke- og elvekanter, samtidig som interessen for bruk av vegetasjon øker (Pollen m.fl., 2004; Piégay m.fl., 2005). Vegetasjon er mindre kostnadskrevende enn ingeniørarbeid langs kantene, og gir fordeler for økologi og biomangfold (se kap 7).

5.3 Kanterosjon kan øke ved inngrep som utretting og kanalisering

Menneskelige endringer av elveløpsmønstre fører ofte til økt kanterosjon. Når elva rettes ut fra en meanderende til en rett strekning, får elva økt kraft til å grave (figur 6 og 7). Dette er fordi elva får en brattere gradient, og dermed øker vannhastigheten. Resultatet er økt kanterosjon langs vassdraget og økt flomfare nedstrøms. Dette er gammel kunnskap, men likevel ble mange jordbrukselver rettet ut på 60- og 70-tallet for å gi mer plass til åker og eng, og for å få vannet ledet unna jordbruksarealet.



Figur 6. Vannets energi i en meanderende (til venstre) og utrettet strekning. Skalaen til høyre viser skjærstyrken (graveevnen) til vannet fra blått (lav energi) til mørk brun (høy energi). I den utrettede strekningen mangler de svakere energiene, og gravingen skjer ofte både langs kantene og i bunnen av elva. Ill: Oda Mamen.



Figur 7. Skissen viser hvorfor vannet renner fortere etter at elva er utrettet: Grønt: Hellingsvinkelen slik den var da elva meanderte. Rødt: Hellingsvinkelen slik den er når elva har blitt rettet ut. Forestiller vi oss en kule i starten av hver kurve så er spørsmålet hvem av kulene som vil trille ned raskest – og treffe kantsonen med størst kraft. Da er det kanskje lettere å forstå at en utrettet strekning har langt større gravekraft enn en meanderende strekning.

I den svingete (meanderende) strekningen foregår følgende prosesser:

- Det eroderes i yttersvingene, særlig i nedkant av disse, der vannhastigheten er størst;
- Materiale avsettes i innersvingene, og suksessivt nedover, særlig er det fordelaktig miljø for sedimentasjon i bakevjene;
- Avsnørte meandersjøer gir vannlagring under flomepisoder, og forsinker flomvannet.

I samme strekning som er utrettet vil følgende prosesser igangsettes:

- Elva får vesentlig brattere gradient og dermed høyere vannhastighet;
- Høyere vannhastighet totalt gir høyere graveevne;
- Elva vil grave både i sidene og i bunnen, altså kan elveløpet bli dypere;
- Økt vannhastighet gjør sidekanter ustabile, og i en rett strekning vet vi ikke hvor neste erosjons-sår kan oppstå – det kan skje hvor som helst langs strekningen;
- Erosjonssikring av kanter som eroderer kan gi problemer med ny erosjon opp- eller nedstrøms.

For å hindre flom- og erosjonsskader blir elver tilbakeført til opprinnelig elveløpsmønster mange steder i verden, også i Norge.

5.4 Kantererosjon gir mer sediment og næringsstoff i elva

Tap av jord er et problem i seg selv, men skaper også utfordringer i form av redusert vannkvalitet i elv, innsjø og kystområder. I dette avsnittet har vi satt sammen informasjon om hvordan kantererosjon kan påvirke vannkvalitet. Vi har her ikke skilt mellom ulike vegetasjonstyper, som vist over er erosjonens størst der det ikke er trevegetasjon.

De fleste referanser som er funnet om dette tema har omhandlet tap av sediment og i adskillig mindre grad tap av næringsstoff (Tabell 11).

Særlig i jordbruksområder kan tap av kantsediment langs elve- og bekkeløp gi tilførsel av fosfor. Gjødsel som tilføres åker og eng kan fraktes ut mot kantsonene, og derfor er det viktig med kantvegetasjon som kan trekke opp næringsstoffene (se kap. 4.1). I noen jordarter, som i marin leire, er jorda naturlig rik på mineralsk fosfor (apatitt-fosfor) og kantererosjon kan derfor gi økte tilførsler av fosfor også der det ikke er jordbruksproduksjon.

Ifølge Margenot m.fl. (2023) er bidraget av fosfor fra kantererosjon ofte en oversett kilde til fosfor i elva. Dette er imidlertid ikke enkelt å kvantifisere, og i en oversikt over 12 amerikanske stater som grenser til Mississippi var det kun staten Minnesota som hadde anslått en prosentandel av totalfosfor fra kantererosjon (ca. 20 % av alle diffuse kilder). Flere av studiene viste at kantererosjonen er særlig stor under flom. Et klima med mer nedbør og hyppigere flomepisoder kan med andre ord gi økt kantererosjon.

Tabell 11. Tap av næringsstoff og sediment/jord ved kanterosjon.

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
Lierelva (Haldenvassdraget oppstrøms Bjørkelangen), Norge	Direkte målinger med erosjonspinner og jordprøver.	Målte erosjonsrater fra 100 til mer enn 1500 kg sediment pr. lengdemeter elvebredde og år. P-konsentrasjon i kantmaterialet ca. 600 mg/kg, P-Al ca. 4 mg/100g. Dette var lavere enn på åker.	Skarbøvik (2016) og Skarbøvik og Blankenberg (2014)
Hobøelva, Akershus og Østfold, Norge	Målinger av jordkjemi på åker, og i kantsoner med trær, nyplantede busker og gras.	Fosforinnholdet var omtrent likt i kantsoner med og uten trær, med et lavt P-Al nivå på ca. 4,5-5. Total nitrogen og total karbon var noe høyere i kantsoner med trær enn i kantsoner med gras og nyplantede busker, men samtidig var det tilsvarende forskjeller i kjemi av tilstøtende åkerjord.	Krzeminska m.fl. (2020)
Leira (Romerike), Norge	Beregninger	Kanterosjon i Leira ble beregnet til å gi ca. 70 % av suspendert sediment i elva; erosjon fra landbruksjord ble beregnet til ca. 30 %. Sediment fra kanterosjon var særlig høyt etter store flommer.	Bogen og Sandersen (1991)
Severn, Storbritannia		Kanterosjonen utgjorde ca. 64 % av all sedimenttransport i perioder med høye vannføringer, men i snitt med ca. 38 %.	Bull (1997)
Blue Earth River, Minnesota (ca. 9000 km ²), USA	Gjentatte undersøkelser av elvekanter mellom 1997 og 2000.	Erosjon (små ras) i elvekantene utgjorde 31-44 % av suspendert sediment i utløpet av elva og 7-10 % av totalfosfor.	Sekely m.fl. (2002)
Minnesota – sidevassdrag og hovedvassdrag Mississippi, USA	Ukjent	Ca. 20 % av totalfosfor fra diffuse kilder anslått å komme fra kanterosjon.	Margenot m.fl. (2023)
Flere vassdrag i USA, og Odense i Danmark (Kronvang m.fl. 2012)	Flere (review)	Kanterosjon kan bidra med alt fra 6-93 % av fosforet i elva.	Fox m.fl. (2016)

6 Vanntemperatur med ulik kantvegetasjon

I et klima som forventes å gi varmere årstemperaturer, og spesielt om sommeren, er det spesielt viktig å sørge for tiltak som kan kjøle ned vannet i varme perioder. Flere fiskearter, som laksefisk, er svært følsomme for temperaturøkninger i elver (Lie og Sørensen, 2013; Krochta m.fl., 2025). Økt vanntemperatur kan også gi økt vekst av problemalger, særlig i grunne innsjøer (Moss m.fl., 2003). I små bekker er skygge særlig viktig for å redusere oppvarming. Trær skaper et mikroklima, men for å oppnå dette er en enkelt rad med trær, eller enkelttrær, sjeldent tilstrekkelig. Det bør altså være en viss bredde og kontinuitet av tredekket kantsone for å få effekt, men samtidig varierer resultatene av ulike undersøkelser, som vist i tabell 12 og i punktlisten under:

- For at ørret skulle trives med vanntemperaturen i sørlige deler av Ontario i Canada, fant Barton m.fl. (1985) at 80 % av kantsonene 2,5 km oppstrøms målepunktet måtte ha minst 10 meter brede tredekte soner.
- Broadmeadow m.fl. (2011) undersøkte temperaturen i to bekker i en nasjonalpark i Sør-England. De fant at 20-40 % skygge var tilstrekkelig til at sommertemperaturen av bekkevannet ikke oversteg dødelige nivå for ørret, men samtidig at 80 % skygge generelt motvirket temperaturer som kunne hindre optimal vekst av denne fisken.
- Knouft m.fl. (2021) benyttet SWAT-modellen på vassdrag i USA for å simulere mulig effekt på vanntemperatur av en kantsone som var plantet til med trær. De fant en gjennomsnittlig reduksjon i vanntemperatur i form av 34 færre dager i året hvor vanntemperaturen oversteg 27 °C for perioden 2000-2003. Dette igjen reduserte temperaturstress påført en viktig sportsfisk i vassdraget.
- I Sverige undersøkte Johnson og Almlöf (2016) åtte bekker i løvskog med både åpne og skyggefulle strekninger. Gjennomsnittlig kronedekke i de skyggefulle strekningene var mer enn 50 %. Om sommeren var vanntemperaturen i snitt 17,4 °C i de åpne strekningene og 16,9 °C i de skyggefulle. Om vinteren var temperaturen lavere i de skyggefulle strekningene (0,36 i åpne og 1,3 °C i skyggefulle). I tre av bekkene var sommertemperaturen så mye som 2 °C kjøligere i de skyggefulle enn de åpne strekningene. Et viktig funn var at det var tilstrekkelig med tredekte soner i ca. 2 km langs med elva for å få en positiv effekt på vanntemperaturen og derfor på levekår for fisk og andre dyr i elvene.
- I en litteraturgjennomgang av flere studier var konklusjonen at tredekte kantsoner på 10-30 meters bredde ivaretok behovet for temperaturregulering (Osborne & Kovacic, 1993).
- NIBIO utfører også målinger i et sidevassdrag til Leira på Romerike, som skal rapporteres i løpet av 2026 (A.C. Winger, pers. komm.).

Når det gjelder klimarelatert forskning har også trær blitt fremhevet som viktige for å bevare en lokal vannsyklus med evapotranspirasjon og kondensasjon, særlig ved tørke (Ellison, 2016). Eiseltova (2012) påpekte at det er et stort behov for at jordbruksforskning fokuserer på hvordan vannsyklusen endres ved å ivareta trevegetasjon som holder på vann i tørkeperioder og kjøler ned vannet på varme sommerdager.

Tabell 12. Undersøkelser av vanntemperatur i kantsoner med trær og gras.

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
Boreale elver, Sverige	Målinger i 8 boreale elver med løvskog, åpne strekninger og m skygge fra trær.	Løvtrevegetasjon i kantsonen ga på det meste ca. 2°C lavere gjennomsnittlig temperatur om sommeren.	Johnson & Almlöf (2016)
Lavlandsbekker, Finland	11 små bekker, hvorav 5 hadde åpne strekninger oppstrøms og 6 hadde tilsvarende nedstrøms for skogdekket kantsone.	Kantskog hadde en klar effekt på sommer temp, med max og snitt-temp betydelige lavere enn på åpne strekninger. Kommer ikke tydelig frem HVOR stor endring.	Turunen m.fl. (2021)
Baddoch Burn, et sidevassdrag til Aberdeenshire Dee, Scotland.	Modellering	Ca. 3 km med treplantet kantsone vil, når trærne vokser opp, øke skyggeeffekt fra 22 til 47 %, og gi redusert sommertemp med ca. 1,5 °C.	Dugdale m.fl. (2024)
Canada, Sørlige Ontario	Målinger av temperatur, sediment, vannføring og ørret 40 steder i 38 bekker.	For at ørret skulle trives med temperaturen måtte 80 % av kantsonene i 2,5 km oppstrøms ha minst 10 meter brede tredekte soner	Barton m.fl. (1985)
Meramec River Basin i Eastern Missouri, USA.	Modellerte med SWAT for fremtidige klimascenarier Restaurert tredekket kantsone Nedbørfeltet var på 10,270 km ²	Trekledte kantsoner reduserte antall dager vanntemperatur oversteg 27 °C, viktig for fisken Smallmouth Bass*. *Ingen tilsvarende fisk i Norge, tilhører Solabborfamilien, sportsfisk som foretrekker klart vann i elver.	Knouft m.fl. (2021)
Bekker i New Forest Nasjonalpark, nær Bournemouth, Sør-England	9 målestasjoner for temperatur i 2 små bekker i skog (bekker uten årssikker vannføring).	Skog i kantsonen ga 5 grader kaldere vann i maksverdi/dag enn i soner uten trær. Dette var nok til å signifikant redusere antall dager med vanntemp høyere enn kritisk grense for ørret. Omtrent 20-40 % skygge fra trekrone i minst 500 meter kunne motvirke at maksimums-temperaturen om sommeren oversteg potensielt dødelig temp for kaldtvannsfisk.	Broadmeadow m.fl. (2011)

Sted	Metode	Resultat (kvantifisert)	Kilde
Nord-California, USA	Temperaturendring etter skogshogst i 18 små oppstrøms bekker, hvorav 12 som ble hogd og 6 som referanse (ikke skogsdrift), ett år før og to år etter hogst. 12 målestasjoner i hver bekk (216 sensorer).	Økning i 7-dagers max-temp på ca. 2 °C på de mest intensivt hogde områdene. Størst endringer om sommer og høst, men kun i det første året etter hogst, ikke i år 2. Modellen (Random forest model) tilsa at temperatur- endringer var mer knyttet til klima og topografi enn hvordan skogen ble hogd.	Miralha m.fl. (2024)
Litteratur- gjennomgang	Litteratur- gjennomgang	I en litteraturgjennomgang av flere studier var konklusjonen at tredekte kantsoner på 10-30 meter ivaretok behovet for temperaturregulering.	Osborne og Kovacic (1993)

7 Økologi

7.1 Naturlig vegetasjon langs vassdrag gir liv til elva

For mer detaljer om økologi i kantsoner henviser vi til kapittel 3.4 i Blankenberg m.fl. (2017). Det arbeides dessuten nå med en litteraturgjennomgang om betydningen av bredden og sammensetningen til en naturlig kantzone for biomangfold, i regi av SABICAS-prosjektet (<https://www.sabicas.no/>).

Kort oppsummert mangler graskledte kantsoner vesentlige funksjoner i forhold til trekledte kantsoner, og det er generell enighet om at kantsoner med trær og busker har vesentlig høyere biomangfold og tilrettelegger for bedre økologi enn kantsoner med gras (Figur 8).

Kantsoner med trær gir skygge og skjul for fisk og andre vannlevende organismer. Nedfall av blader og annet organisk materiale fra trærne gir mat til insekter i elva, og enkelte fisker, som f.eks. ørret, er helt avhengig av insekter som matkilde. Insekter kan også falle ned fra trærne, eller liker å fly i skyggen av trærne hvor fisk kan vake etter dem (Gregory m.fl., 1991; Pusey og Arthington, 2003; Lie og Sørensen, 2013). God kantvegetasjon stabiliserer dessuten elvebreddene og reduserer erosjon, noe som gir færre partikler i elvene og minker risikoen for nedslamming av gytegrus. Død ved i elva i form av stammer og store greiner er av stor betydning som skjul for fisk (f.eks. Degerman m.fl., 2004).

I elver i boreal skog i Sverige fant Johnson og Almlöf (2016) forskjeller i samfunn av bentiske kiselalger, bunndyr, og til en viss grad makrofytter avhengig av om elvekantene hadde trevegetasjon eller ikke. Med lavere vanntemperaturer der det var trær, bedret biomangfoldet seg. Et viktig funn var at det var tilstrekkelig med tredekte kantsoner på under 2 km langs med elva for å få til en bedring av vanntemperatur og dermed biomangfold. Som nevnt i forrige kapittel, fant også Broadmeadow m.fl. (2011) at en økning på 20-40 % av kronetetthet langs ca. 500 meter i små bekker kunne hindre at sommertemperaturen ble dødelig for laksefisk og andre fiskearter. Dette betyr at noen trær alltid vil være bedre enn ingen trær for økologien i vassdraget, noe som kan være nyttig å ta med seg inn i diskusjonen om trær langs med jordbruksvassdrag i Norge.

Av litteratur som har kommet til etter Blankenberg m.fl. (2017) bør særlig to studier nevnes. Disse viste at naturlig vegetasjon med trær og busker i kantsonen kan øke den økologiske tilstanden (i henhold til regelverket for EUs Rammedirektiv for vann) med 1-2 tilstandsklasser, med ellers samme vannkvalitet (herunder innhold av næringsstoff). Den første undersøkelsen var utført i Finland, hvor data fra over 900 vannforekomster ble benyttet (Tolkkinen m.fl., 2021). Økologisk kvalitet i små jordbrukselver økte med nesten én statusklasse når trevegetasjon langs kantene økte fra 10 til 60 %. En tilsvarende undersøkelse ble utført av Palt m.fl. (2023) i Tyskland. De undersøkte makroinvertebrater⁶ og konkluderte med at økologisk status økte med så mye som to – 2 – statusklasser der det var trevegetasjon langs vassdraget.

⁶ Akvatiske makroinvertebrater er insekter i nymfe- og larvestadier, snegler, ormer, sjøkreps og muslinger som tilbringer minst en del av livet i vann. Disse spiller en stor rolle i ferskvannøkosystemer ved å resirkulere næringsstoffer samt gi mat til høyere trofiske nivåer.



Figur 8. I elvestrekninger uten trær, mangler skygge og skjul, samt tilgang til mat (øverst). Jo mer variert kantskogen er, desto mer variert vil biomangfoldet bli i og langs elva. Ill: Oda Mamen.

7.2 Fordeler med god økologi for jordbruket

For enkelte bønder kan trær langs kantsonene i jordbrukselver oppleves som mest plunder og heft for jordbruksproduksjonen (f.eks. Blankenberg og Skarbøvik, 2020). En undersøkelse etter treplanting i Våler kommune i Østfold (Skarbøvik m.fl., 2018) viste at dette ikke alltid stemmer. Ingen av bøndene som ble intervjuet etter treplantingen opplevde at trærne var til hinder for matproduksjonen, f.eks. var det ingen som opplevde økt forekomst av

skadeinsekter eller andre sykdommer. Det er interessant siden Jobin m.fl. (2004) sammenlignet kantsoner med gras, busker og trær med følgende resultat:

- De fant flere arter av gnagere og fugler som gjør skade på avling i de grasdekte kantsonene enn i soner med trær;
- Hvis alle kantsoner fikk trær, så ville antall insektspisende fugler ha økt åtte ganger;
- Hvis alle kantsoner ble omgjort til gras, ville antall fugler som potensielt gjør skade på avling doblet seg;
- Av de undersøkte fugleartene fantes bare 15 av artene i én av vegetasjonstypene: To kun i gras/urter, to kun i busker og 11 kun i kantsoner med trær.

Deschênes m.fl. (2003) viste tilsvarende fra en undersøkelse som også ble gjennomført i Canada på sørsiden av St. Lawrence elva. De noterte at kantsoner med mangfold av trær og busker kunne ta vare på fugler av ulike arter i jordbrukslandskap, uten å gi signifikant hekkeareal for fugler som er kjent for å være skadelig for matproduksjon.

Sist men ikke minst vil naturlige kantsoner gi habitat for pollinerende insekter. Nicholls og Altieri (2013) viste at biomangfold i jordbruksområder er svært viktig for pollinerende insekter. Trettifem prosent av den globale matproduksjonen er avhengig av pollinering ved hjelp av dyr, og det er derfor av vesentlig betydning å opprettholde – eller restaurere – kantsoner med ugras og blomster som kan tiltrekke seg pollinatorer.

8 Diskusjon og oppsummering

8.1 Begrensninger og variasjoner

En full litteraturgjennomgang av alle de prosesser som er beskrevet i denne rapporten ville tatt mer tid og ressurser enn det som har vært tilgjengelig innenfor rammene av prosjektet. I arbeidet har vi sett flere eksempler på undersøkelser som er utført *enten* i gras- *eller* i tre-dekte kantsoner, eller i skog. Det er færre undersøkelser hvor prosesser i gras og trær har blitt studert samtidig, under samme fysiske og klimatiske forhold. Når tabellene i rapporten ikke inneholder flere undersøkelser enn de gjør, er en viktig årsak at vi har prioritert litteratur hvor begge typer vegetasjonsdekke har blitt undersøkt i samme studie. Dette gir sammenlignbare forhold. I motsatt fall, ved å ta inn resultater fra bare en vegetasjonstype, burde vi ha hatt et adskillig større litteratursøk.

I arbeidet har vi også observert at det er stor forskjell på ulike typer trær, bl.a. når det gjelder vannbalanse og næringsopptak. Når trær langs med vassdrag anbefales, menes derfor ikke alle typer trær. Spesielt kan det stadfestes at et nåletre som gran er et uegnet tre langs vassdrag, fordi det har grunne røtter og lett kan få rotvelt. Furu har dypere røtter men trives best i tørrere miljø enn langs en kantzone. Av trær som anbefales, henviser vi til Skarbøvik m.fl. (2018), hvor overlevelse av trær langs vassdrag i Morsa er beskrevet per treslag. I litteraturgjennomgangen har vi dessuten særlig merket oss at piletrær anbefales som et tre som kan holde tilbake vann og næringsstoff, og som er robuste mot flom.

8.2 Tallfesting av ulike prosesser

I denne rapporten er prosesser i kantsoner med henholdsvis gras og trær sammenlignet, og forskjellene mellom dem er forsøksvis tallfestet. Naturlig nok vil forskningsresultat variere, dette kan skyldes naturlige variasjoner pga. klima, jordsmonn eller hvilke treslag og grasarter som er undersøkt, samt hva slags metodikk som er benyttet. Det er derfor utfordrende å gi 'en verdi' til hver av prosessene, og i denne oppsummeringen anslår vi derfor et spenn.

Som nevnt innledningsvis ble det gjennomført både ekspertmøte og en workshop med forvaltning, forskere og rådgivingstjenesten, hvor resultatene ble gjennomgått og diskutert. Workshopen resulterte ikke i noen vesentlige endringer av resultatene.

Oppsummeringen av resultater, med tallfesting, er gitt i Tabell 13.

Tabell 13. Oppsummering. Referanser til de ulike utsagn finnes i tabellene for hver prosess, i tidligere kapitler. Med trær menes treslag som egner seg i kantsoner, se f.eks. Skarbøvik m.fl. (2018).

Prosess	Konklusjoner
Tilbakeholdelse av vann	Entydige resultater: Trær holder tilbake mer vann enn gras. Vannlagring i trær er ca. 10 ganger større enn i gras. Intersepsjon i trekronene er ca. 3 ganger større enn i gras. Transpirasjonen hos vann og trær er imidlertid relativt likt. Infiltrasjon av vann ned i bakken går mange ganger raskere der det er trær enn der det er gras.
Flom(skade)dempende effekt	En skog holder generelt tilbake mer vann enn en grasslette, f.eks. er retensjon av vann 50 % større i nedbørfelt med 70 % skog enn 10 % skog. Det er mer utfordrende å anslå effekten av en rekke med trær langs vassdrag. Men det er sannsynlig at trær langs vassdrag reduserer <i>flomskader</i> , fordi flomvannet mister hastighet når det renner langs stammene og ikke fritt over åpen grasslette eller åker.
Opptak av nitrogen i vegetasjon	Gras krever mye nitrogen og vil trekke opp nitrogen fra øvre jordlag. Trær har dypere røtter enn gras og kan trekke opp nitrogen både fra overflaten og fra dypere lag, og dermed rense grunnvannet.
Opptak av fosfor i vegetasjon	Tilsvarende som for nitrogen. Generelt trekker en kantsone med trær opp mer fosfor og fosfat enn en kantsone med gras. Trær kan også omdanne organisk fosfor fra jorddypet, ved hjelp av mykorrhiza, og dermed rense grunnvannet.
Renseeffekt i kantsonen	Bedre renseeffekt i kantsoner med trær, og med trær og gras, enn i kantsoner med kun gras. Men rask infiltrasjon langs trerøttene kan redusere renseprosessene i jord.
Kanterosjon	Entydige resultater: Løvtrær holder bedre på kantsonene enn gras. Kanterosjonen er vist å være 2-30 ganger større i kantsoner med gras enn i kantsoner med trær.
Kanterosjon og vannkvalitet	Kanterosjon kan bidra med alt fra 6-93 % av fosforet i elva.
Vanntemperatur	Entydige resultater: Trær gir lavere vanntemperatur enn kantsoner med gras. Fra 1-5 grader reduksjon. Lavere vanntemperatur er viktig for laksefisk, og for å redusere algevekst.
Økologi	Entydige resultater: Trær gir betydelig mer biomangfold både på land og i vann enn kantsoner med gras. Trær langs kantsonen kan øke økologisk tilstandsklasse med 1-2 vanndirektiv-klasser.

8.3 Ulike prosesser i tid og rom for gras og trær

En del av oppgaven var å beskrive ulikheter i prosesser i gras- og tredekte kantsoner i en dimensjon av *tid og rom*. Detaljer er gitt i de andre kapitlene, men en oppsummering av dette er gitt under:

Tidsdimensjonen:

- Grasvegetasjon visner om høsten, og skyter nye skudd om våren. Visnende gras kan avgi næringsstoffer til jorda og dermed til vassdragene.
- Hos løvtrær faller bladene til bakken om høsten, og disse vil også avgi næringsstoff til jord og vann, men dette er en liten del av hele treet.
- Trær lever gjerne i mange tiår, ofte i over 100 år. Når et tre har veltet i elva pga. kanterosjon, har dette treet i årevis tilbake i tid hindret kanterosjon, samt trukket opp vann og næringsstoffer fra bakken.

Romdimensjonen:

- Gressvegetasjon trekker opp vann og næringsstoffer fra de øverste jordlagene, trevegetasjon kan trekke opp fra både overflaten og lenger ned i jordlagene.
- Trevegetasjon har større volum enn gras, og lagrer derfor mer vann og næringsstoff.
- Trevegetasjon er høyere enn gras og kan derfor lage mer skygge, samt et lokalklima som gir kjøligere luft- og vanntemperatur.
- Røttene til trær går dypere ned og er kraftigere enn grasrøttene, og armerer derfor jorda bedre mot erosjon.

8.4 Kunnskapsbehov

Gjennomgangen har pekt på kunnskapsbehov som kan dekkes gjennom ny forskning, og da fortrinnsvis under norske forhold. Noen av disse er listet under:

- Betydningen av lavere busker langs vann, sammenlignet med trær og gras, for flere av prosessene.
- Betydningen av 'piping', dvs. at vann infiltrerer raskt ned i jorda langs med trerøttene. Hva betyr slik rask infiltrasjon for renseprosessen når trærne står i kantsonen? Kan dette gå så raskt at fosfor og nitrogen ikke renses?
- Hvor bred bør en kantsone med hhv. trær, busker eller gras være for å fungere optimalt for flere av de prosessene vi har gjennomgått.
- Hvor kontinuerlig bør en kantsone med hhv. trær, busker eller gras være for å fungere optimalt for flere av de prosessene vi har gjennomgått.
- Etterundersøkelser av treplanting som pågår nå – hvor fort etablerer røttene seg hos ulike treslag, hvor godt trives ulike treslag langs kantene.

9 Litteraturliste

- Abernethy, B. og Rutherford, I.D. 1998. Where along a river's length will vegetation most effectively stabilise stream banks? 1998. *Geomorphology* 23, 55–75.
- Abernethy, B. og Rutherford, I.D. 2000. The effect of riparian tree roots on the mass-stability of riverbanks. *Earth Surface Processes and Landforms*, 25: 921– 937.
- Aguiar, T.R., Jr.; Rasea, K.; Parron, L.M.; Brito, A.G.; Ferreira, M.T. 2015. Nutrient removal effectiveness by riparian buffer zones in rural temperate watersheds: The impact of no-till crops practices. *Agric. Water Manag.* 2015, 149, 74–80.
- Aranda, I., Forner, A., Cuesta, B., Valladares, F. 2012. Species-specific water use by forest tree species: From the tree to the stand. *Agricultural Water Management* 114: 67– 77.
- Balandier, P., Collet, C., Miller, J.H., Reynolds, P.E., Zedaker, S.M. 2006. Designing forest vegetation management strategies based on the mechanisms and dynamics of crop tree competition by neighbouring vegetation. *Forestry*, Vol. 79, No. 1. doi:10.1093/forestry/cpi056
- Bartley, R., Keen, R. J., Hawdon, A. A., Disher, M. G., Kinsey-Henderson, A. E. & Hairsine, P. B. 2006. Measuring rates of bank erosion and channel change in northern Australia: a case study from the Daintree River Catchment. CSIRO Land and Water Science Report 43/06: 51 s.
- Barton, D. R., W. D. Taylor and R. M. Biette. 1985. Dimensions of Riparian Buffer Strips Required to Maintain Trout Habitat in Southern Ontario Streams. *North American Journal of Fisheries Management* 5: 364-378
- Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, 2003. Beiträge zur Schwarzerle. Berichte der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft LWF Wissser 42, 46-50.
- Beeson, C.E. and Doyle, P. F. 1995. Comparison of Bank Erosion at Vegetated and Non-Vegetated Channel Bends. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 31:983–990. doi: 10.1111/j.1752-1688.1995.tb03414.x
- Bittner, S., Talkner, U., Krämer, I., Beese, F., Hölscher, D., Priesack, E. 2010. Modeling stand water budgets of mixed temperate broad-leaved forest stands by considering variations in species specific drought response. *Agricultural and Forest Meteorology* 150: 1347-1357.
- Bjørnbekk, J.T., Olafsson, A.S., Raulund-Rasmussen, K. & Stensland, S. 2025. Landowners' decisions on participating in a voluntary riparian tree-planting project in Norway: A qualitative study using the theory of planned behaviour, *Norsk Geografisk Tidsskrift - Norwegian Journal of Geography*, 79:2, 88-100, DOI: 10.1080/00291951.2025.2530701
- Blankenberg, A.-G. B., Skarbøvik, E. & Kværnø, S. 2017. Effekt av buffersoner - på vannmiljø og andre økosystemtjenester. NIBIO Rapport 3(14) 2017. 76 s.
- Blankenberg, A.-G. B. og Skarbøvik, E. 2020. Phosphorus retention, erosion protection and farmers' perceptions of riparian buffer zones with grass and natural vegetation: Case studies from South-Eastern Norway. *Ambio* 49(11) 2020: 1838-1849. <https://doi.org/10.1007/s13280-020-01361-5>
- Bogen, J. og Sandersen, F. 1991. Sedimentkilder, erosjonsprosesser og sedimenttransport i Leira-vassdraget på Romerike. NVE Publikasjon nr. 20 1991, 125 s.
- Bright, R. M., D. Creek, H. Lange, H. Meissner, M. Merlin og J. Zhao 2026. Using point dendrometers to improve forest transpiration estimation accuracy at stand scales. *Agricultural and Forest Meteorology* 378: 110986.

- Broadmeadow, S.B., Jones, J.G., Langford, T.E.L., Shaw, P.J. and Nisbet, T.R. (2011), The influence of riparian shade on lowland stream water temperatures in southern England and their viability for brown trout. *River Res. Applic.*, 27: 226-237. <https://doi.org/10.1002/rra.1354>
- Bull, L.J. 1997. Magnitude and variation in the contribution of bank erosion to the suspended sediment load of the River Severn, UK. *Earth Surface Proc. and Landforms*. 12: 1109-1123.
- Burylo, M., Hudek, C. and Rey, F. 2011. Soil reinforcement by the roots of six dominant species on eroded mountainous marly slopes (Southern Alps, France). *Catena*, 84: 70–78.
- Canadell, J., Jackson, R.B., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E., Schulze, E.-D. 1996. Maximum rooting depth of vegetation types at the global scale. *Oecologia* 108: 583-595.
- Carrick, J., M. S. A. B. Abdul Rahim, C. Adjei, H. H. H. Ashraa Kalee, S. J. Banks, F. C. Bolam, I. M. Campos Luna, B. Clark, J. Cowton, I. F. N. Domingos, D. D. Golicha, G. Gupta, M. Grainger, G. Hasanaliyeva, D. J. Hodgson, E. Lopez-Capel, A. J. Magistrali, I. G. Merrell, I. Oikeh, M. S. Othman, T. K. R. Ranathunga Mudiyanse, C. W. C. Samuel, E. K. Sufar, P. A. Watson, N. N. A. B. Zakaria and G. Stewart. 2019. Is planting trees the solution to reducing flood risks? *Journal of Flood Risk Management* 12(S2): e12484.
- Chick, T.A. & Kielbaso, J.J. 1998. Allelopathy as an inhibition factor in ornamental tree growth: Implications from the literature. *Journal of Arboriculture* 24 (5): 274-279.
- Chirino-Valle, I, Davis, M. R, & Condrón, L.M. 2016. Impact of different tree species on soil phosphorus immediately following grassland afforestation. *Journal of soil science and plant nutrition*, 16(2), 477-489. Epub 04 de mayo de 2016. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-95162016005000040>
- Cienciala, E., Kučera, J., Lindroth, A. 1999. Long-term measurements of stand water uptake in Swedish boreal forest. *Agricultural and Forestry Meteorology* 98-99: 547-554.
- Claessens, H., Oosterbaan, A., Savill, P., Rondeux, J. 2010. A review of the characteristics of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) and their implications for silvicultural practices. *Forestry* vol. 83, No. 2, 2010. doi:10.1093/forestry/cpp03
- Collison, A.J.C. and Anderson, M.G. 1996. Using a combined slope hydrology and stability model to identify suitable conditions for landslide prevention by vegetation cover in the humid tropics. *Earth Surface Processes and Landforms*, 21, 737-747.
- Costard, F., Dupeyrat, L., Gautier, E., & Carey-Gailhardis, E. 2003. Fluvial thermal erosion investigations along a rapidly eroding river bank: application to the Lena River (central Siberia). *Earth Surface Processes and Landforms*, 28(12), 1349-1359.
- Čermák, J., Úlehla, J., Kučera, J., Penka, M. 1982. Sap flow rate and transpiration dynamics in a full-grown oak (*Quercus robur* L.) in floodplain forest exposed to seasonal floods as related to potential evapotranspiration and tree dimensions. *Biologia Plantarum* (Praha) 24(6): 446-460.
- Dawson, T.E., Ehleringer, J.R. 1991. Streamside trees do not use stream water. *Letter to Nature* 350: 335-336.
- Deschênes, M., Bélanger, L., Giroux, J.-F. 2003. Use of farmland riparian strips by declining and crop damaging birds. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 95 (2003) 567–577
- Degerman, E. Sers, B., Törnblom, J. & Angelstam, P. 2004. Large woody debris and brown trout in small forest streams – towards targets for assessment and management of riparian landscapes. *Ecological Bulletins* 51: 233–239.
- Dold, C., Thomas, A.L., Ashworth, A.J., Philipp, D., Brauer, D.K., Sauer, T.J. 2019. Carbon sequestration and nitrogen uptake in a temperate silvopasture system. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 114:85–98.

- Dugdale, S.J., Malcolm, I.A., Hannah, D.M. 2024. Understanding the effects of spatially variable riparian tree planting strategies to target water temperature reductions in rivers. *Journal of Hydrology*, Vol 635, 131163, <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2024.131163>.
- Dunn, R.M., Hawkins, J.M.B., Blackwell, M.S.A., Zhang, Y., Collins, A.L. 2022. Impacts of different vegetation in riparian buffer strips on runoff and sediment loss. *Hydrol. Process.* 36 (11), e14733. <https://doi.org/10.1002/hyp.14733>
- Dwyer J. P., D. Wallace og D. R. Larsen. 1997. Value of woody river corridors in levee protection along the Missouri River in 1993. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 33: 481-489.
- Eiseltova, M., m.fl., 2012, *Evapotranspiration - a driving force in landscape sustainability*. Evapotranspiration - Remote Sensing and Modeling, Dr. Ayse Irmak (Ed.), InTech., Chap. 14: 305-324, <https://www.intechopen.com/books/evapotranspiration-remote-sensing-and-modeling/evapotranspiration-a-driving-force-in-landscape-sustainability>
- Ellis, T.W., Hairsine, P.B., Tongway, D.J., Legu  dois, S. 2008. Sediment trapping by a tree belt: processes and consequences for sediment delivery. *Hydrol. Process.* 22, 3523–3534 (2008).
- Ellison, D., m.fl., 2017, Trees, forests and water: cool insights for a hot world, *Global Environmental Change* 43: 51-61, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959378017300134>
- European Environment Agency (EEA). 2015. Water-retention potential of Europe’s forests. A European overview to support natural water-retention measures. European Environment Agency. Technical Report No. 13/2015. 41 s. doi:10.2800/790618
- Fortier, J., Gagnon, D., Truax, B., Lambert, F. 2010. Nutrient accumulation and carbon sequestration in 6-year-old hybrid poplars in multiclonal agricultural riparian buffer strips. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 137: 276-287.
- Fox, G. A. og Wilson, G. V. 2010. The Role of Subsurface Flow in Hillslope and Stream Bank Erosion: A Review. *Soil Sci Soc Am J.* Vol 74:717-733.
- Fox, G.A., Purvis, R.A., Penn, C.P. 2016. Streambanks: A net source of sediment and phosphorus to streams and rivers. *Journal of Environmental Management*, Vol 181:602-614. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.06.071>
- Fox, J. F. og Papanicolaou, A. N., 2007. The Use of Carbon and Nitrogen Isotopes to Study Watershed Erosion Processes. *J. Am. Water Resour. As.* 43(4):1047-1064.
- Gatto, L. W. 1984. Tanana River monitoring and research program: relationships among bank erosion, vegetation, soils, sediments, and permafrost on the Tanana River near Fairbanks, Alaska. US Army Corps of Engineers, Cold Regions Research & Engineering Laboratory, Special Report 84-21.
- Gatto, L. W. 2000. Soli freeze-thaw-induced changes in a simulated rill: Potential impacts on soil erosion. *Geomorphology* 32: 147-160.
- Gray D.H. and Barker D. 2004. *Root-Soil Mechanics and Interactions*. In: Bennet, S.J. & Simon, A. (eds.): Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology. Water Science and Application 8. American Geophysical Union, Washington DC. Pp. 113-124.
- Gray, D. H., og MacDonald, A. 1989. The role of vegetation in river bank erosion. Pages 218-223 in M. A. Ports, editor. Hydraulic engineering. Proceedings of the 1989 national conference on hydraulic engineering.
- Gray D.H. og Leiser A.J. 1982. *Biotechnical Slope Protection and Erosion Control*. Van Nostrand Reinhold, New York.
- Grayson, R. B., Western, A. W., Chiew, F. H., & Bl  schl, G. 1997. Preferred states in spatial soil moisture patterns: Local and nonlocal controls. *Water Resources Research*, 33(12), 2897-2908.

- Greenway, D.R. 1987. *Vegetation and slope stability*. In: Anderson M.F., Richards K.S. (eds): Slope Stability, New York, John Wiley & Sons, 240s.
- Gregory, S. V., Swanson, F. J., Arthur McKee, W. og Cummins, K. W. 1991. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. Focus on links between land and water. *BioScience* 41(8): 540-550.
- Hanedalen, P.-I. 2004. Gran og bjørks påvirkning på jordens fysiske egenskaper og vannbalanse i leirjord. Norske Landbrukshøgskole, Institutt for plante- og miljøvitenskap, hovedfagsoppgave, 129 s.
- Hedě́nec, P., Nilsson, L.O., Zheng, H., Gundersen, P., Kappel Schmidt, I., Rousk, J., Vesterdal, L. 2020. Mycorrhizal association of common European tree species shapes biomass and metabolic activity of bacterial and fungal communities in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 149: 107933
- Herbst, M., Eschenbach, C., Kappen, L. 1999. Water use in neighbouring stands of beech (*Fagus sylvatica* L.) and black alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.). *Annals of Forest Science* 56 (2), pp.107-120.
- Hooke, J.M. 1980. Magnitude and distribution of rates of river bank erosion. *Earth Surf. Proc. Land*. 5: 143-157.
- Hooke, J.M., 1979. An analysis of the processes of river bank erosion. *J. Hydrol.*, 42: 39-62.
- Huber, B. 1953. Was wissen wir vom Wasserverbrauch des Waldes? *Forstwissenschaftliches Centralblatt* 72: 257-264
- Hudson, J. A., Crane, S. B. & Blackie, J. R. 1997 The Plynlimon water balance 1969–1995: the impact of forest and moorland vegetation on evaporation and stream flow in upland catchments. *Hydrology and Earth System Sciences* 1, 409–427.
- Jackson R.B., Canadell J. Ehleringer J.R., Mooney H.A., Sala O.E. and Schulze, ED. 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia*, 108 (3): 389-411.
- Jobin, B., Bélanger, L., Boutin, C., Maisonneuve, C. 2004. Conservation value of agricultural riparian strips in the Boyer River watershed, Québec (Canada). *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Vol 103, 3: 413-423. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.014>.
- Johnson, R.K. & Almlöf, K. 2016. Adapting boreal streams to climate change: effects of riparian vegetation on water temperature and biological assemblages. *Freshwater Science*. 2016. 35(3):984–997. DOI: 10.1086/687837.
- Julian, J. P. and Torres, R. 2006. Hydraulic erosion of cohesive riverbanks. *Geomorphology* 76.1, 193-206.
- Kirby, C., Newson, M. D. & Gilman, K. 1991 Plynlimon Research: The First Two Decades. Institute of Hydrology Report No. 109, Wallingford, UK, p. 188. Available from: http://nora.nerc.ac.uk/6052/1/IH_109.pdf.
- Klein, M. 2000. Langjähriger Wasserhaushalt von Gras- und Waldbeständen: Entwicklung, Kalibrierung und Anwendung des Modells LYFE am Groß-Lysimeter St. Arnold. Osnabrück Univ. Diss., 211 s.
- Knouft, J. H., Botero-Acosta, A., Wu, C.-L., Charry, B., Chu, M. L., Dell, A. I., Hall, D. M., & Herrington, S. J. (2021). Forested Riparian Buffers as Climate Adaptation Tools for Management of Riverine Flow and Thermal Regimes: A Case Study in the Meramec River Basin. *Sustainability*, 13(4), 1877. <https://doi.org/10.3390/su13041877>
- Korsmo, E., Vidme, T., Fyske, H. 1981. Korsmos ugras plansjer. Landbruksforlaget a.s. Oslo. 295 s.
- Krochta, M., Anlauf-Dunn, K., Bugni, D., Chang, H. 2025. Effects of climate change on stream temperature and salmonid habitats in a Cascades river basin. *Journal of Environmental Management*, Vol 387, 125843, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.125843>.

- Kronvang, B., Audet, J., Baattrup-Pedersen, A., Jensen, H.S. and Larsen, S.E. (2012), Phosphorus Load to Surface Water from Bank Erosion in a Danish Lowland River Basin. *J. Environ. Qual.*, 41: 304-313. <https://doi.org/10.2134/jeq2010.0434>
- Krzeminska D., Blankenberg A-G. B., Bøe F., Nemes A. og Skarbøvik E. 2020. Renseeffekt og kanterosjon i kantsoner med forskjellig vegetasjonstype. NIBIO Rapport 30(6): 32 s. <https://hdl.handle.net/11250/2645890>
- Kumwimba, M.N., S. Akter, X. Li, M. Dzakpasu, B.E. Ifon, B. Manirakiza, D.K. Muyembe, Y. Zhang, J. Huang, A. Guadie. 2024. Nutrient and sediment retention by riparian vegetated buffer strips: impacts of buffer length, vegetation type, and season. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 369 (2024), Article 109050, 10.1016/j.agee.2024.109050
- Köcher, P., Horna, V., Leuschner, Ch. 2013. Stem water storage in five coexisting temperate broad-leaved tree species: significance, temporal dynamics and dependence on tree functional traits. *Tree Physiology* 33(8): 817-832.
- Köstner, B. 2001. Evaporation and transpiration from forests in Central Europe – relevance of patch-level studies for spatial scaling. *Meteorol. Atmos. Phys.* 76, 69-82.
- Lambs, L., Muller, E. 2002. Sap flow and water transfer in the Garonne River riparian woodland, France: first results on poplar and willow. *Ann. For. Sci.* 59: 301–315.
- Laubel, A., Svendsen, L.M., Kronvang, B. & Larsen, S.E. 1999. Bank erosion in a Danish lowland stream system. *Hydrobiologia* 410: 279-285.
- Lawler, D.M., 1993a. The measurement of river bank erosion and lateral channel change: a review. *Earth Surface Processes and Landforms*, 18: 777-821.
- Lawler D.M. 1993b. Needle ice processes and sediment mobilization on river banks: the River Ilston, West Glamorgan, UK. *J Hydrology*; Volume 150, 1: 81–114
- Leguédais, S., Ellis, T.W., Hairsine, P.B. and Tongway, D.J. (2008), Sediment trapping by a tree belt: processes and consequences for sediment delivery. *Hydrol. Process.*, 22: 3523-3534. <https://doi.org/10.1002/hyp.6957>
- Lie, E. F. og Sørensen, T. 2013. Inter-population variation in brown trout (*Salmo trutta*) life-history- and migration strategies in a clay-affected river system. Live fast, die young! Master Thesis, Department of Ecology and Natural Resource Management. Norwegian University of Life Sciences.
- López-Díaz, M.L., Rolo, V., Moreno, G. 2011. Trees' role in nitrogen leaching after organic, mineral fertilization: a greenhouse experiment. *J. Environ. Qual.* 40:853–859.
- Lu, M., Wang, S., Malhotra, A. *m.fl.* 2025. A continental scale analysis reveals widespread root bimodality. *Nat Commun* 16, 5281 (2025). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-60055-2>
- Madani, E.MH., Jansson, P.E., Babelon, I. 2018. Differences in water balance between grassland and forest watersheds using long-term data, derived using the CoupModel. *Hydrology Research* 49 (1): 72–89. doi: <https://doi.org/10.2166/nh.2017.154>
- Margenot, A. J., Zhou, S., McDowell, R., Hebert, T., Fox, G., Schilling, K., Richmond, S., Kovar, J. L., Wickramaratne, N., Lemke, D., Boomer, K., & Golovay, S. (2023). Streambank erosion and phosphorus loading to surface waters: Knowns, unknowns, and implications for nutrient loss reduction research and policy. *Journal of Environmental Quality*, 52, 1063–1079. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20514>
- Martz, F. & Kankaanpää, S. 2025. Stinging Nettle (*Urtica dioica*) Roots: The Power Underground-A Review. *Plants* (Basel). 2025 Jan 19;14(2):279. doi: 10.3390/plants14020279. PMID: 39861633; PMCID: PMC11768490.
- Matheny, A.M., Bohrer, G., Garrity, S.R., Morin, T.H., Howard, C.J., Vogel, Ch.S. 2015. Observations of stem water storage in trees of opposing hydraulic strategies. *Ecosphere* 6(9): 165. <http://dx.doi.org/10.1890/ES15-00170.1>

- Micheli, E.R., Kirchner, J.W., Larsen, E.W. 2004. Quantifying the effect of riparian forest versus agricultural vegetation on river meander migration rates, Central Sacramento River, California, USA. *River Res. Applic.* 20: 537–548.
- Miguez-Macho, G. og Fan, Y. 2021. Spatiotemporal origin of soil water taken up by vegetation. *Nature* 598: 624-628.
- Miralha, L., Segura, C. & Bladon, K.D. 2024. Stream temperature responses to forest harvesting with different riparian buffer prescriptions in northern California, USA. *Forest Ecology and Management* 552 (2024) 121581. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121581>
- Moss, B., Mckee, D., Atkinson, D., Collings, S.E., Eaton, J.W., Gill, A.B., Harvey, I., Hatton, K., Heyes, T. and Wilson, D. (2003), How important is climate? Effects of warming, nutrient addition and fish on phytoplankton in shallow lake microcosms. *Journal of Applied Ecology*, 40: 782-792. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2003.00839.x>
- Muller, E. og Lambs, L. 2004. Variation journalière de la consommation en eau de peupliers en vallée de Garonne. *Forêt-Entreprise* 160, 59-61.
- Nardi, L., Rinaldi, M., & Solari, L. 2012. An experimental investigation on mass failures occurring in a riverbank composed of sandy gravel. *Geomorphology*, 163, 56-69.
- Nicholls, C.I. & Altieri, M.A. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2013) 33: 257. doi:10.1007/s13593-012-0092-y
- Nisbet, T. 2005. Water use by trees. Information Note, Forestry Commission, 8 p. ISBN 0-85538-654-1
- Osborne L. L. and Kovacic, D. A. 1993. Riparian vegetated buffer strips in water-quality restauration and stream management. *Freshwater Biology* 29, 243-258.
- Paillassa, E. 2008. Les besoins en eau des peupleraies. *Forêt-Entreprise* 181, 45-47.
- Palt, M., Hering, D., & Kail, J. (2023). Context-specific positive effects of woody riparian vegetation on aquatic invertebrates in rural and urban landscapes. *Journal of Applied Ecology*, 60, 1010–1021. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14386>
- Peck, A. og Mayer, H. 1996. Einfluss von Bestandesparametern auf die Verdunstung von Wäldern. *Forstw. Cbl.* 115 (1996), 1-9.
- Pflug, S. 2024. Water balance components of temperate tree species as driven by plant traits and environmental factors. PhD Thesis, Vrije Universiteit Amsterdam. <https://doi.org/10.5463/thesis.699>
- Phillips, N.G., Ryan, M.G., Bond, B.J., McDowell, N.G., Hinckley, T.M., Čermák, J. 2003. Reliance on stored water increases with tree size in the three species in the Pacific Northwest. *Tree Physiology* 23: 237-245.
- Piégay, H., Darby, S. E., Mosselman, E., & Surian, N. 2005. A review of techniques available for delimiting the erodible river corridor: a sustainable approach to managing bank erosion. *River Research and Applications*, 21(7), 773-789.
- Pollen, N., Simon, A., and Collison, A. 2004. Advances in Assessing the Mechanical and Hydrologic Effects of Riparian Vegetation on Streambank Stability. In: Bennet, S.J. & Simon, A. (eds.): *Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology. Water Science and Application* 8. American Geophysical Union, Washington DC. Pp. 125-140.
- Pusey B. J. and Arthington A. H. 2003 Importance of the Riparian Zone to the Conservation and Management of Freshwater Fish: A Review. *Marine and Freshwater Research* 54(1) 1 – 16.
- Rood, S. B., Bigelow, S. G., Polzin, M. L., Gill, K. M., and Coburn, C. A. (2015) Biological bank protection: trees are more effective than grasses at resisting erosion from major river floods. *Ecohydrol.*, 8: 772–779. doi: [10.1002/eco.1544](https://doi.org/10.1002/eco.1544).

- Rychnovská, M. 1976. Transpiration in wet meadows and some other types of grassland. *Folia Geobot. Phytotax., Praha*, 11: 427-432.
- Salceda, M., Udawatta, R.P., Anderson, S.H., & Mendis, S.S. (2023). Agroforestry buffers on nitrogen reduction in groundwater on a grazed hillslope. *Agrosystems, Geosciences & Environment*, 6, e20370. <https://doi.org/10.1002/agg2.20370>
- Salceda-Gonzalez, M., Udawatta, R. P., & Appold, M. S. (2025). Groundwater Nitrate-Nitrite Modeling in a Grazed Hillslope with Agroforestry and Grass Buffers. *Water*, 17(5), 608. <https://doi.org/10.3390/w17050608>
- Sánchez-Pérez, J.M., Lucot, E., Bariac, T., Trémolières, M. 2008. Water uptake by trees in a riparian hardwood forest (Rhine floodplain, France). *Hydrological Processes*, 22 (3), 366-375.
- Schlesinger, W.H., og S. Jasechko. 2014. Transpiration in the gobal water cycle. *Agricultural and Forest Meteorology* 189-190: 115-117.
- Schulze, E.D., Čermák, J., Matyssek, R., Penka, M., Zimmermann, R., Vasíček, F., Gries, W., Kučera, J. 1985. Canopy transpiration and water fluxes in the xylem of of the trunk of *Larix* and *Picea* trees – a comparison of xylem flow, propometer and cuvette measurements. *Oecologia* 66: 475-483.
- Sekely, A.C., Mulla D.J. and Bauer D.W. 2002. Streambank slumping and its contribution to the phosphorus and suspended sediment loads of the Blue Earth River, Minnesota. *Journal of Soil and Water Conservation* 57(5): 243–250.
- Skarbøvik, E. 2016. Uttesting av metoder for kvantifisering av kanterosjon i leirvassdrag, og betydning av kanterosjon for fosfortap til vannforekomstene. *Vann* 01:2016, 30-42.
- Skarbøvik, E. og Blankenberg A.-G. B. 2014. Vurdering av kantsoner langs Lierelva oppstrøms Bjørkelangen (Vannområde Haldenvassdraget). Resultater fra undersøkelser i 2014. Bioforsk Rapport Vol. 9, nr. 179, 34 s.
- Skarbøvik, E., Martinsen, S. Blankenberg, A.-G., Isdahl, C. R. 2018. Treplanting langs vann i jordbruksområde. Overlevelse av trær og grunneiers erfaringer. Våler kommune i Østfold (Vannområde Morsa). NIBIO Rapport 4/30 /2018, 30 s.
- Stutter, M.; Kronvang, B.; Ó hUallacháin, D.; Rozemeijer, J. 2019. Current Insights into the Effectiveness of Riparian Management, Attainment of Multiple Benefits, and Potential Technical Enhancements. *J. Environ. Qual.* 2019, 48, 236–247.
- Søvik, A.K., Syversen, N., Mæhlum, T. 2008. Hvordan ulik vegetasjon påvirker renseprosesser i vegetasjonssoner i jordbrukslandskapet. *Vann* 2:2008, 111-123.
- Thomsen, M.G., Seljåsen, R., Espelien, H.G., Volovyk, A., Sandell, E., Bysveen, K., Rittl, T., Løes, A.K. 2024. Plantehack som jorddekke i økologiske radvekster. NIBIO Rapport 10(102): 64 s.
- Thomsen, S., Reisdorff, Ch., Gröngroft, A., Jensen, K., Eschenbach, A. 2020. Responsiveness of mature oak trees (*Quercus robur* L.) to soil water dynamics and meteorological constraints in urban environments. *Urban Ecosystems* 23: 173-186.
- Thorne, C.R. 1982. *Processes and mechanisms of river bank erosion*. Gravel-bed Rivers. Wiley, Chichester, pp. 227–271.
- Thorne, C.R. 1990. *Effects of vegetation on riverbank erosion and stability*. In Vegetation and Erosion, Thornes JB (ed.). Wiley: Chichester: 125-143.
- Tian, D., Yan, Z., Niklas, K.J., Han, W., Kattge, J., Reich, P.B., Luo, Y., Chen, Y., Tang, Z., Hu, H., Wright, I.J., Schmid, B., Fang, J. 2018. Global leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry and their scaling exponent. *National Science Review* 5: 728-739
- Tolkkinen, M., Vaarala, S. & Aroviita, J. 2021. The Importance of Riparian Forest Cover to the Ecological Status of Agricultural Streams in a Nationwide Assessment. *Water Resources Management*. <https://doi.org/10.1007/s11269-021-02923-2>
- Trimble S. W. 2004. Effects of Riparian Vegetation on Stream Channel Stability and Sediment Budgets. In: Bennet, S.J. & Simon, A. (eds.): Riparian Vegetation and Fluvial Geomorphology. *Water Science and Application* 8. American Geophysical Union, Washington DC. Pp. 153-170.

- Tufekcioglu A., Raich J.W., Isenhardt T.M. and Schultz R.C. 1999. Fine root dynamics, coarse soil biomass, root distribution and soil respiration in a multispecies riparian buffer in Central Iowa, USA. *Agroforestry Systems*, 44 (2-3):163-174.
- Tufekcioglu A., Raich J.W., Isenhardt T.M. and Schultz R.C. 2003. Biomass, carbon and nitrogen dynamics of multi-species riparian buffers within an agricultural watershed in Iowa, USA. *Agroforestry Systems* 57: 187-198.
- Turunen J, Elbrecht V, Steinke D, Aroviita J. Riparian forests can mitigate warming and ecological degradation of agricultural headwater streams. *Freshw Biol.* 2021;66:785–798. <https://doi.org/10.1111/fwb.13678>
- Valkama, E., Usva, K., Saarinen, M. and Uusi-Kämppe, J. (2019), A Meta-Analysis on Nitrogen Retention by Buffer Zones. *J. Environ. Qual.*, 48: 270-279. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.03.0120>
- Waldron L.J. and Dakessian S. 1981. Soil reinforcement by roots, calculation of increased soil shear resistance from root properties. *Soil Science* 132(6): 427-435.
- Waring, R.H., Whitehead, D., Jarvis, P.G. 1979. The contribution of stored water to transpiration in Scots pine. *Plant, Cell and Environment* 2(4): 309-317.
- Wu T.H, Mc Kinnell and Swanston D.N. 1979. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. *Canadian Geotechnical Journal* 16(1): 19-33.
- Zaimes, G.N., R.C. Schultz, and T.M. Isenhardt, 2004. Stream bank erosion adjacent to riparian forest buffers, row-crop fields, and continuously-grazed pastures along Bear Creek in central Iowa. *Journal of Soil and Water Conservation*, Volume 59, Number 1
- Zapater, M., Bréda, N., Bonal, D., Pardonnet, S., Granier, A. 2013. Differential response to soil drought among co-occurring broad-leaved tree species growing in a 15- to 25-year-old mixed stand. *Annals of Forest Science* 70:31-39.
- Zhang, X., K. Li, Z. Xu, C. Li, Z. Bai and C. Yang (2025). Optimal selection of tree species for ecological protection forests on the riverbank side of the lower Yellow River flood control dikes. *Ecological Indicators* 177: 113691.
- Zimmermann, L., Raspe, S., Schulz, Ch., Grimmeisen, W. 2008. Wasserverbrauch von Wäldern. Bäume und Bestände verdunsten unterschiedlich stark. *LWK aktuell* 66: 16-20.

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