

Eline Grimsrud

Naturbasert flomsikring i Kaldvella nedbørsfelt

En konseptuell vurdering av naturbaserte flomsikringstiltak i Ler, Melhus kommune

Bacheloroppgave i Geografi
Veileder: Pascal Emanuel Egli
Mai 2024



Eline Grimsrud

Naturbasert flomsikring i Kaldvella nedbørsfelt

En konseptuell vurdering av naturbaserte
flomsikringstiltak i Ler, Melhus kommune



Bacheloroppgave i Geografi
Veileder: Pascal Emanuel Egli
Mai 2024

Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet
Fakultet for samfunns- og utdanningsvitenskap
Institutt for geografi



Kunnskap for en bedre verden

Forord

Jeg har herved fullført en bachelorgrad i geografi fra NTNU, Trondheim. Tema i oppgaven er naturbasert flomsikring. Tema er valgt ut fra en kjærlighet og interesse for levende natur og geomorfologiske prosesser.

Arbeidet gjennom denne oppgaven har vært spennende, krevende og svært lærerikt.

Jeg har i denne perioden gitt slipp på flere sterke og dyptgående personlighetskarakteristikk. Derunder min grunnleggende, religiøse tro på helgefri og fundamentale ideologi om god og næringsrik middag.

Jeg retter en stor takk til min veileder, Pascal E. Egli, for å være svært tilgjengelig, villig til utallige møter, utregninger, gjennomlesninger fra ulike verdenshjørner samt å kjøre og delta på befarings til Kaldvella i Ler, Melhus kommune.

Jeg vil takke Stefano Basso, kjærlig referert til som myrmannen, for at han forbarmet seg over en stakkars students desperate forsøk på å oppnå en grad.

Jeg vil gi en spesiell takk til mine foreldre som har stått ved min side gjennom tykt og tynt. Tatt tiden til å lese, diskutere og kritisere oppgaven min, samt trøste når det trengtes.

Til slutt vil jeg takke mine med-studenter som har gått gjennom denne prosessen med meg. Jeg verdsatt alle lunsjpauser, kaffepauser, bollepauser, ispauser og pratepauser.

Eline Grimsrud

15. mai, 2024

Sammendrag

Flom er en alvorlig naturfare som forventes å øke i Norge grunnet klimaendringer. Tradisjonelle flomsikringsmetoder er utbredt i Norge, men kan ofte føre til negative konsekvenser for det lokale økosystemet. Derfor har det blitt et økende fokus på naturbasert flomsikring (NBF) som et mer bærekraftig alternativ til tradisjonell flomsikring. NBF er skånende for det lokale økosystemet og dets tjenester i større grad enn tradisjonell flomsikring.

Denne oppgaven tar for seg restaurering av myr og etablering av kantvegetasjon som mulig NBF-tiltak i Kaldvella nedbørsfelt i Ler, Trøndelag. For å vurdere tiltakene er metodene befaring, modeller, og geografiske informasjonssystemer (GIS) benyttet.

Basert på teorien og den innsamlede informasjonen, er det konkludert med at restaurering av myr og etablering av kantvegetasjon vil ha begrenset virkningsgrad i Kaldvella nedbørsfelt, spesielt ved større flommer. Likevel bør ikke NBF avskrives, da det kan være effektivt ved mindre flommer og i kombinasjon med tradisjonell flomsikring. Videre er NBF-tiltakene rimeligere og bedre for det lokale økosystemet. Selv om det er begrenset kunnskap på NBF i Norge, kan ytterligere forskning trolig forbedre effektiviteten til NBF.

Abstract

Floods are a serious natural hazard that is expected to increase in Norway due to climate change. Traditional flood mitigation measures are widespread in Norway, but they often lead to negative consequences for the local ecosystems. This has led to a growing interest in Natural Flood Management (NFM) as a more sustainable alternative to traditional flood mitigation. NFM protects and sustains the local ecosystems and its services to a bigger extent than traditional flood mitigation measures.

This thesis examines restoration of peatland and the establishment of a riparian vegetation zone as potential NFM measures in the Kaldvella catchment in Ler, Trøndelag. To assess these measures, methods such as field observation, modelling, and geographic information system (GIS) have been utilized.

Based on literature and information gathered, this thesis concludes that restoration of peatland and establishment of a riparian vegetation zone have limited effectiveness, especially during big flood events. NFM measures should however not be dismissed, as it could be effective for smaller flood events and in combination with traditional flood mitigation measures.

Furthermore, the NFM measures are more affordable and beneficial for the local ecosystems. Although there is limited knowledge of NFM in Norway, further research could enhance the effectiveness of NFM.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	II
Figurliste.....	VII
Tabelliste	VIII
1 Introduksjon	1
1.1 Innledning.....	1
1.2 Problemstilling	2
1.3 Oppgavens struktur	2
2 Teori	3
2.1 Flom og klimaendringer	3
2.1.1 Gjentakintervaller	3
2.1.2 Erosjon, transport, sedimentasjon og kritiske punkter	4
2.2 Tradisjonell og naturbasert flomsikring	5
2.2.1 Tradisjonelle sikringstiltak	5
2.2.2 Naturbasert flomsikring (NBF)	6
2.3 Myr.....	6
2.3.1 Definisjon, økosystemtjenester og kostnad.....	6
2.3.2 Ulike typer myr	7
2.3.3 Kategori av flomsikring	7
2.4 Kantvegetasjon	8
2.4.1 Definisjon, viktig habitat og kostnad	8
2.4.2 Ulike typer kantvegetasjon.....	8
2.4.3 Kategori av flomsikring	9
2.5 Multiconsults forslag til sikringstiltak.....	9
3 Metode	9

3.1	Beskrivelse av studieområdet.....	9
3.1.1	Beskrivelse av elva og historie.....	10
3.1.2	Arealplanlegging	11
3.1.3	Løsmasser.....	11
3.1.4	Nedbørsfelt og vannføring	12
3.1.5	Tidligere flomhendelser.....	13
3.2	Befaring.....	16
3.3	Datainnsamling.....	18
3.3.1	Hydrologiske data og elvenett.....	18
3.3.2	Terreng og arealbruk	19
3.3.3	Ekspertes.....	19
3.4	Verdien av kantvegetasjon som flomsikring	20
3.5	GIS	20
3.5.1	Drenerte myrer	20
3.5.2	Buffersone med kantvegetasjon til vassdrag	22
3.6	Konseptuell modell av myr som flomdemper	23
3.6.1	Formål	23
3.6.2	Modellutviklingsprosess.....	23
4	Resultater og diskusjon	26
4.1	Myr.....	26
4.1.1	Plassering	26
4.1.2	Fordeler og ulemper	27
4.1.3	Vurdering av virkningsgrad.....	28
4.2	Kantvegetasjon	29
4.2.1	Størrelse og plassering	29
4.2.2	Fordeler og ulemper	33
4.2.3	Vurdering av virkningsgrad.....	36

4.3	Fremtidig arbeid	36
5	Oppsummering og konklusjon.....	37
	Referanser.....	39
	Vedlegg.....	44
	Vedlegg 1; Befaring i Kaldvella nedbørsfelt	45
	Vedlegg 2; Epost med Caroline Mevik.....	61
	Vedlegg 3; NEVINAs nedbørsfeltberegninger	63

Figurliste

<i>Forsidebilde: Oversvømmelse oppstrøms Sagbakken bru i Ler, Melhus kommune. Av Melhus kommune (2022a).</i>	
<i>Figur 1. Effektiviteten (effectiveness) og kostnad (affordability) til naturbaserte løsninger (ecosystem-based), tekniske løsninger (engineered) og hybrid løsninger opp mot hverandre. Av The Royal Society (2014).</i>	1
<i>Figur 2. Hjulstrømskurve viser relasjonen mellom vannhastighet og erosjon, transport og sedimentasjon. Av Sulebak (2018).</i>	4
<i>Figur 3. Studieområde, Kaldvella nedbørsfelt ved Ler i Trøndelag, Norge. Nedbørsfeltet inneholder skog, myr, jordbruk, innsjøer og bebygde områder. Nedbørsfelt er en Shape-fil hentet fra NEVINA. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro med datasett fra NEVINA og ELVIS (GeoNorge, 2024a; NEVINA, 2024).</i>	10
<i>Figur 4. Løsmassekart over Kaldvella. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett til NGU om løsmasser (GeoNorge, 2024b).</i>	11
<i>Figur 5 Arealtyper i Kaldvellas nedbørsfelt. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro med datasettet FKB-AR5 (NIBIO, 2024b).</i>	13
<i>Figur 6. Trær og vegetasjon raser ut i elven. Sediment trolig avsatt etter flom. Av Melhus kommune (2022a).</i>	14
<i>Figur 7. Oversvømt uteareal. Av Melhus kommune (2022a).</i>	14
<i>Figur 8. Ved Nyhusvegen 136/28. Deler av en mur rast ut i elva. Av Melhus kommune (2022a).</i>	15
<i>Figur 9. Gangbru over Litjskjeet, Ler sentrum. Av Melhus kommune (2022a).</i>	15
<i>Figur 10. Fremovegen 8. Vannstand opp til bruen. Av Melhus kommune (2022a).</i>	15
<i>Figur 11. Krysset Fremovegen/Nyhusvegen og ned mot E6. Flom strømte over gang- og sykkelvegen. Av Melhus kommune (2022a).</i>	15
<i>Figur 12. Kart over lokaliteter besøkt på befarings. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro.</i>	16
<i>Figur 13. Myren nedenfor Langvatnet. Av Eline Grimsrud</i>	17
<i>Figur 14. Lite vegetasjon langs elven. Av Eline Grimsrud</i>	17
<i>Figur 15. Plakat som viser planer om ny bebyggelse i Ler sentrum. Av Eline Grimsrud.</i>	18
<i>Figur 16. Bebyggelse og veg i Ler sentrum plassert nære elven. Av Eline Grimsrud.</i>	18
<i>Figur 17. Myrfigurer i datasett til FKB-AR5 (blå) og NGU (rosa), og basiskart med myr (hvitt og blå striper). Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro med bruk av datasettet til FKB-AR5 og NGU (GeoNorge, 2024b; NIBIO, 2024b).</i>	22

<i>Figur 18. Buffer på 50 m og 10 m rundt Kaldvella og sidevassdrag. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasettet ELVIS (GeoNorge, 2024a).</i>	22
<i>Figur 19. Myr i studieområdet. Rosa: ikke drenert. Lilla: drenert. Av Eline Grimsrud, laget i ArcGIS Pro med datasettet til NGU (GeoNorge, 2024b).</i>	26
<i>Figur 20. Arealtyper i Kaldvella. De røde ringene viser aktuelle områder for etablering av kantvegetasjon. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett fra FKB-AR5 (NIBIO, 2024b).</i>	30
<i>Figur 21. Utsnitt av de tre områdene der kantvegetasjon kan etableres. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett fra ELVIS (GeoNorge, 2024a).</i>	31
<i>Figur 22. Buffersone scenario 1 viser områdene 1, 2 og 3. Av Eline Grimsrud laget i ArcGIS Pro med datasettet til ELVIS (GeoNorge, 2024a).</i>	32
<i>Figur 23. Buffersone scenario 2 viser områdene 1, 2 og 3. Av Eline Grimsrud laget i ArcGIS Pro med datasettet til ELVIS (GeoNorge, 2024a).</i>	33
<i>Figur 24. Bruaplassen 6 på vestre siden i bilde. Viser liten plass til kantvegetasjon i Ler sentrum. Av Eline Grimsrud</i>	35
<i>Figur 25. Buffersone på 10 m i Ler sentrum overlapper med flere bygninger. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett til ELVIS (GeoNorge, 2024a).</i>	35

Tabelliste

<i>Tabell 1 Arealklasse i nedbørsfeltet til vassdraget Kaldvella. Av NEVINA (2024).</i>	12
<i>Tabell 2 Vannføring ved forskjellige gjentakstintervaller med 20 % klimapåslag. Av Multiconsult (2023).</i>	13
<i>Tabell 3 Skjermbilde av tabell fra ArcGIS Pro som viser areal og antall drenerte og ikke drenerte myrer. SUM_Shape_Area er oppgitt i m². Av Eline Grimsrud med bruk av datasettet til NGU (GeoNorge, 2024b).</i>	21
<i>Tabell 4. Myrareal og nedbørsfelt statistikk. Av Eline Grimsrud</i>	27
<i>Tabell 5. Mulig reduksjon av flom etter restaurering av myr i Kaldvella nedbørsfelt. Av Eline Grimsrud.</i>	28
<i>Tabell 6. Areal av etablering av kantvegetasjon for scenario 1 og scenario 2. Av Eline Grimsrud.</i>	36
<i>Tabell 7. Virkningsgrad av scenario 2. Av Eline Grimsrud.</i>	36

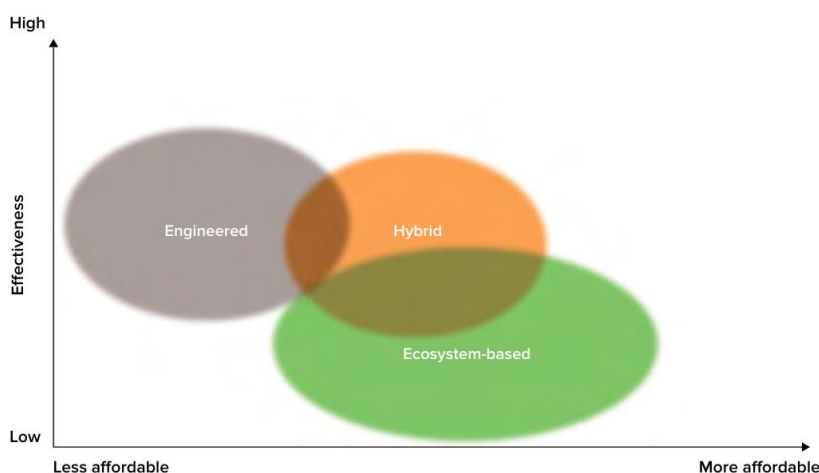
1 Introduksjon

1.1 Innledning

Flom er en naturlig del av elvedynamikken, men klimaendringer fører til høyere temperaturer og kraftigere nedbørsepisoder (Hisdal et al., 2021; NVE, 2022b). Dette vil forårsake flere og kraftigere regnflommer og at tidligere flomsikre områder kan bli flomutsatte (Hisdal et al., 2021; Miljødirektoratet, 2023a; NVE, 2019). Flom og flomsikring er allerede viktig tematikk i dag, men vil bli enda viktigere i fremtiden.

Naturbasert flomsikring (NBF) er et alternativ til tradisjonell flomsikring. Tradisjonell flomsikring handler om å konstruere strukturer, fjerne sedimenter eller modifisere elveløpet for å forhindre flom og flomskader (NVE, 2019). Enkelte naturtyper har flomsikringseffekter og NBF handler om å restaurere, etterlikne eller utnytte eksisterende naturtypers flomsikringsevner (Forbes et al., 2015; GOV.UK, 2022; Magnussen et al., 2017; NVE, 2019).

Grunnen til at NBF er mer relevant nå, er at det har andre fordeler enn bare flomsikring. NBF gir bl.a. økosystemtjenester, øker biodiversiteten, CO²-lagring og kan minske effektene av tørke (Magnussen et al., 2017; Miljødirektoratet, 2021). Flere NBF-tiltak har ofte lavere kostnader og mindre behov for vedlikehold enn tradisjonelle sikringstiltak (Magnussen et al., 2017). Figur 1 illustrerer dette.



Figur 1. Effektiviteten (effectiveness) og kostnad (affordability) til naturbaserte løsninger (ecosystem-based), tekniske løsninger (engineered) og hybrid løsninger opp mot hverandre. Av The Royal Society (2014).

Selv om NBF har flere positive bieffekter, finnes det svakheter. Det er lite forskning rundt effektiviteten av flere slike tiltak, men den generelle oppfatningen er at det er lav virkningsgrad i stor skala (Braskerud et al., 2014; Lane, 2017; Magnussen et al., 2017). NBF-tiltak kan ofte være mer arealintensivt enn tradisjonell flomsikring og kan dermed skape arealkonflikter (Lane, 2017).

Lane (2017) fremhever viktigheten ved det sosiale perspektivet til NBF, der oppfattet sikkerhet spiller en rolle. Dette kan ha en innvirkning på om tiltakene blir akseptert og dermed implementert. Jeg vil ikke gå videre inn på dette tema da det er utenfor omfanget til oppgaven.

Flere bebygde områder i Norge er grunnlagt på elvevifter eller flomutsatte områder (Hisdal et al., 2021). Arealplanlegging som forhindrer videre utbygging på flomutsatte områder vil bidra til mindre skade ved flom da flomvannet ikke oversvømmer bebyggelser (NVE, 2019). Dette vil ikke være et hovedtema i denne oppgaven.

Det er vanskelig å kvantifisere effekten av NBF-tiltak (Forbes et al., 2015; Lane, 2017; Multiconsult, 2023), derav vil denne bacheloroppgaven være en konseptuell vurdering av tiltakene presentert her. Videre er hydrologi en usikker vitenskap, og det er lite forskning på NBF i Norge (Lane, 2017; Magnussen et al., 2017). Undersøkelser og forskning burde gjøres for å verifisere effekten og muligheten for implementering av de ulike tiltakene som er presentert i denne bacheloroppgaven.

1.2 Problemstilling

Basert på denne introduksjonen er problemstillingen jeg tar opp i denne oppgaven: *Hvilken effekt og verdi som flomsikringstiltak har de to naturbaserte flomsikringstiltakene (NBF) restaurering av myr og etablering av kantvegetasjon i Kaldvella i Ler, Melhus kommune?*

1.3 Oppgavens struktur

Denne bacheloroppgaven er delt inn i IMRoD metoden, der diskusjon og resultater vil bli omtalt i samme kapittel.

Usikkerheter og feilkilder blir påpekt løpende i oppgaven i sine respektive kapitler. Grunnet oppgavens størrelsesomfang vil det ikke bli inkludert i sitt eget underkapittel.

2 Teori

2.1 Flom og klimaendringer

NVE (2022c) skriver at selv om det ikke er en entydig definisjon på flom bruker de definisjon «oversvømmelse på grunn av økt vannføring og høy vannstand i elver, bekker og vann.»

Flom oppstår ofte som et resultat av snøsmelting, nedbør, eller oppdemming av is eller skred (NVE, 2022c). Store elver i Norge opplever ofte to flomsesonger. Høstflom, som ofte skyldes kraftig nedbør, og vårflo som hovedsakelig er skapt av snøsmelting (NVE, 2022b).

Klimaendringer forventes å skape en økning i temperatur og intens nedbør (Hisdal et al., 2021; NVE, 2022b). Dette vil resultere i at snøen smelter tidligere, derav vil snøsmelteflom forekomme tidligere på året, men vil avta gradvis mot slutten av århundre (Miljødirektoratet, 2023a). Det vil også medføre kraftigere og hyppigere regnbaserte flomhendelser, spesielt om høsten og vinteren (Bjerkelund, 2022; Miljødirektoratet, 2023a).

Klimaendringene vil ha større effekt på mindre, bratte sidevassdrag da disse er mer sensitive for økt nedbørsmengde (Hisdal et al., 2021; NVE, 2022b). Mens for de større elvene som hovedsakelig er påvirket av snøsmelting vil ikke klimaendringene ha like stor effekt (Bjerkelund, 2022; Hisdal et al., 2021).

Klimaendringene som medfører kraftigere flom vil dermed gjøre at tidligere flomsikre områder kan bli flomutsatte (NVE, 2019). I planlegging og vurdering rundt flomutsatte arealer bør derfor fremtidige flomberegninger for Sør-Trøndelag ha et klimapåslag på 20 % for alle vassdrag som ikke er dominert av snøsmelteflom (Hisdal et al., 2021). Klimapåslag er en prosentvis økning av dagens dimensjonerings slik at sannsynligheten for skade ved flom ikke øker grunnet klimaendringene (Hisdal et al., 2021).

2.1.1 Gjentakintervaller

Gjentaksintervaller sier noe om hvor sannsynlig det er for en viss størrelse flom å inntreffe hvert år (NVE, 2022c). Det er 1/10 eller 10 % sannsynlighet for at en 10-årsflom skal inntreffe hvert år, mens det er 1/100 eller 1 % sannsynlighet for at en 100-årsflom skal inntreffe hvert år (NVE, 2022c). I denne oppgaven brukes Q_M (middelflom), Q_5 (5-årsflom) og Q_{200} (200-årsflom).

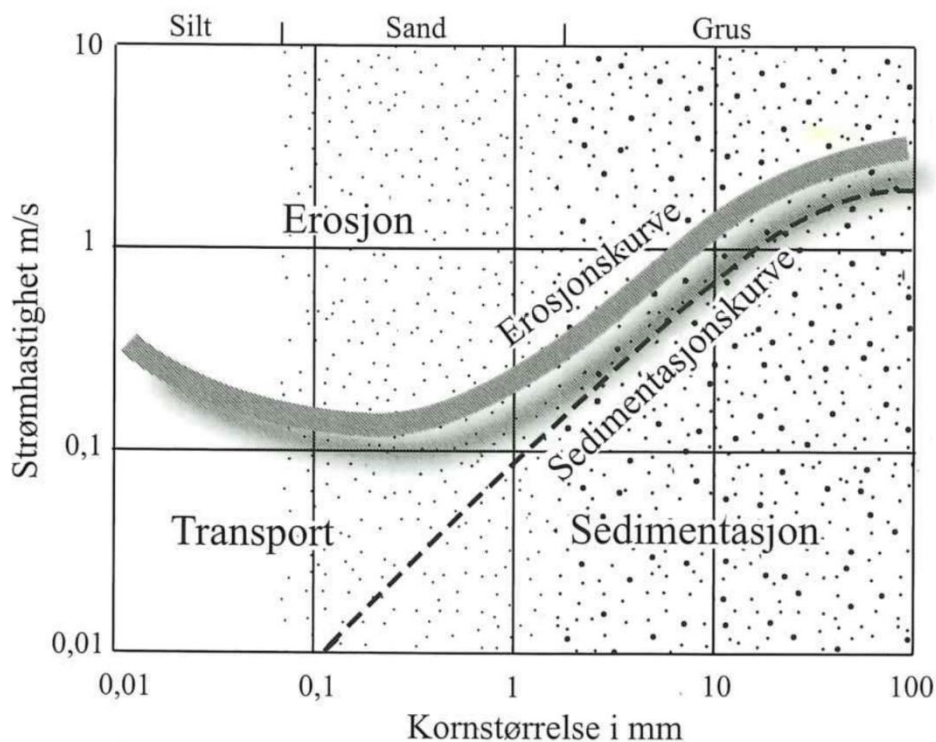
2.1.2 Erosjon, transport, sedimentasjon og kritiske punkter

Kritiske punkter er naturlige eller konstruerte innsnevringar i elveløpet som reduserer elvens vannføringskapasitet (NVE, 2022c). Innsnevringar kan være broer, kulverter, stikkrenner, is-problematikk og grunne parti grunnet masseavsetning (NVE, 2023).

Erosjon, transport og sedimentasjon er kontinuerlige prosesser, der løsmasser eroderes og transporteres nedover elven. Jo raskere vannhastighet og brattere gradient, jo større mengder og kornstørrelser av sediment transporteres (NVE, 2022c; Sulebak, 2018). Når vannhastigheten avtar mister vannet evnen til å bære sedimentene slik at de blir avsatt. Størst partikler først, siden de er tyngst, deretter mindre partikler jo lavere vannhastigheten blir (NVE, 2022c; Sulebak, 2018). Avtagende fart skjer ofte på slakere parti eller oppstrøms innsnevringar eller terskler (NVE, 2022c).

Masseavsetning kan føre til elvebunnsendring (NVE, 2022c; Sulebak, 2018). Der sedimenter avsettes, heves elvebunnen og fyller opp elveløpet slik at den hydrauliske kapasiteten reduseres. Det medfører at vannet finner nye flomveier, overstiger sine bredder raskere, og forårsaker større oversvømmelser og skader (NVE, 2022c; Sulebak, 2018).

Relasjonen mellom erosjon, transport og sedimentasjon er vist med Hjulstrøms kurve (figur 2).



Figur 2. Hjulstrømskurve viser relasjonen mellom vannhastighet og erosjon, transport og sedimentasjon. Av Sulebak (2018).

2.2 Tradisjonell og naturbasert flomsikring

2.2.1 Tradisjonelle sikringstiltak

NVE (2019) skriver at «flomsikringstiltak begrenser risikoen for flomskader – enten ved å redusere flomstørrelsen eller konsekvensene». Videre deles flomsikringstiltak inn i demping, avledning og kapasitetsøkning, og lokal flomsikring (NVE, 2019). Kombinasjon av de ulike tiltakene vil oppnå større flomhåndteringseffekt.

2.2.1.1 Flomdemping

Flomdemping reduserer flomtopper ved å regulere vannføring og -hastighet (NVE, 2019). Reduksjon i vannhastigheten senker den eroderende kraften til vannet og dempingstiltak kan da også være en form for erosjonsreduksjon (NVE, 2019).

Tiltakene kan være fordrøyningsmagasiner, terskeldammer og utnyttelse av eksisterende innsjøer. Disse tiltakene plasseres oppstrøms for flomutsatte områder (NVE, 2019).

Tiltak, som vassdragsreguleringer, kan ha økonomisk nytteverdi gjennom produksjon av vannkraft, men kan også endre habitatet på området og dermed ødelegge lokale økosystem (Artsdatabanken, 2017; Nilsson & Berggren, 2000).

2.2.1.2 Avledning og kapasitetsøkning

Avledningstiltak omdirigerer elva for å redusere vannføringen i elveløpet. Kapasitetsøkende tiltak øker enten vannhastigheten, spesielt ved kritiske punkter, eller utvider elven slik at den hydrauliske kapasiteten blir større (NVE, 2019). Dette kan bl.a. gjøres ved å legge nye kulverter eller etablere flomtunneler (NVE, 2019).

Økt vannhastighet kan føre til større erosjonskraft og større flomfare nedstrøms for tiltakene (NVE, 2019; Sulebak, 2018). Slike tiltak kan endre økosystemene i vassdraget og bl.a. påvirket gyte- og hvileplass for fisk (Juarez et al., 2021).

2.2.1.3 Lokal flomsikring

Lokale flomsikringstiltak beskytter flomutsatte områder mot skader fra flom, men gir liten flomsikring oppstrøms (NVE, 2019).

Eksempler på dette er erosjonssikring, flomvoll eller justere elven (NVE, 2019). Flomvoll, som er hyppig brukt i Norge, kan være økosystemødeleggende (Artsdatabanken, 2017; Juarez et al., 2021). Dette skyldes at våtmarkshabitat langs elven, som tidligere ble regelmessig oversvømt, nå ligger tørrlagt bak vollen og habitatet er dermed endret (Artsdatabanken, 2017).

2.2.2 Naturbasert flomsikring (NBF)

Enkelte naturtyper har flomsikringseffekter (NVE, 2019). NBF er basert på å etterlikne, opprettholde eller restaurere slike naturtyper for å utnytte denne effekten, og vil som en bieffekt være positivt for ulike økosystemtjenester og biodiversitet (GOV.UK, 2022; Magnussen et al., 2017; Miljødirektoratet, 2021).

Hydrologi er i utgangspunktet en usikker vitenskap der mange variabler og usikkerheter gjør det vanskelig å modellere og forutse konsekvenser og virkningsgrad av sikringstiltak (Lane, 2017; Multiconsult, 2023).

Det er lite forskning og kunnskap rundt NBF i Norge og for norske forhold (Magnussen et al., 2017). Det er i forbindelse med denne oppgaven funnet noe norsk litteratur om temaet, men det mangler kvantifisering av effekten av tiltak med norske eksempler. Dette gjør det krevende å si noe om virkningsgraden av de ulike NBF-tiltakene i Kaldvella nedbørsfelt.

2.3 Myr

2.3.1 Definisjon, økosystemtjenester og kostnad

Myr er en naturtype som består av torv i ulik dybde og har et høyt vannspeil, og er derfor et habitat for vegetasjon som tåler mye fuktighet (Artsdatabanken, 2016; Institutt for biovitenskap, 2011). Det høye vannspeilet hindrer fullstendig nedbrytning av planter og skaper torvlaget (Artsdatabanken, 2016; Institutt for biovitenskap, 2011).

Basert på ulike myrtyper kan vannspeilet i myren variere i dybde på mellom 35-50 cm og opp til overflaten (Labadz et al., 2010; Price et al., 2023). Torvmyr, en type myr, er definert ut fra å ha et torvlag som er 30 cm dypt eller mer (Artsdatabanken, 2016). Denne definisjonen legges til grunn senere i oppgaven.

Myr er et viktig økosystem og habitat for ulike planter og dyr og er derfor viktig for å opprettholde biodiversiteten (Institutt for biovitenskap, 2011; Miljødirektoratet, 2023b; Statsforvalteren i Innlandet, 2024). Myr gir oss ulike økosystemtjenester som vannrensing, karbonlagring og rekreasjonsbruk (Institutt for biovitenskap, 2011; Miljødirektoratet, 2021; Statsforvalteren i Innlandet, 2024). Flere myrtyper er truet grunnet grøfting, oppdyrking og nedbygging (Artsdatabanken, u.å; Miljødirektoratet, 2021).

Miljødirektoratet (2023b) jobber for å restaurere myrer i Norge og estimerer at det kan koste rundt 420 000 kroner per restaureringsprosjekt (Miljødirektoratet, 2021). Kostnad er likevel

varierende grunnet svært ulik størrelse på restaureringsprosjektene (Magnussen et al., 2017; Miljødirektoratet, 2021).

2.3.2 Ulike typer myr

2.3.2.1 Hovedtyper

Myr kan deles inn i to hovedtyper; nedbørsmyr og jordvannsmyr, med flere undertyper som bl.a. torvmark, bakkemyr, flatmyr, platåhøymyr (Artsdatabanken, 2016; Institutt for biovitenskap, 2011).

Ulike typer myr vil påvirke flomdempingseffekten ulikt (Miljødirektoratet, 2021), men dette vil ikke bli tatt hensyn til i denne bacheloroppgaven da det er utenfor oppgavens omfang. Begrepet «myr» i denne oppgaven vil derfor være svært generelt og dekke myrer i studieområdet som er definert ut fra ulike datasett der myr inngår som arealtyper (kapittel 4.1).

2.3.2.2 Drenert myr

Det finnes flere måter å drenere myr på, men det vanligste har vært grøfting med drenerør (Hind, 2018). Dette gjør at vannstanden i myren blir lavere, oksygen slipper til og materialer i myren begynner nedbrytningsprosessen slik at klimagasser blir frigitt og habitatet endres (Artsdatabanken, 2017; Kyrkjeeide et al., 2021; Miljødirektoratet, 2021).

Miljødirektoratet (2021) mener grøfting av myr kan føre til både større og mindre flomtopper. Dette fordi grøftene fører til at vannet renner raskere til elven og dermed skaper større og raskere flomtopper (Holden et al., 2004). På den andre siden er vannspeilet i myren lavere, og drenerte myrer har dermed en større kapasitet til å absorbere vann. Dette kan dermed forårsake mindre flomtopper (Holden et al., 2004).

Når en drenert myr skal restaureres blokkeres eller tettes disse grøftene igjen og vannstanden vil øke (Kyrkjeeide et al., 2021; Miljødirektoratet, 2021, 2023b). Målet ved restaurering er å gjenskape myren slik den var før drenering, men det er sjelden mulig (Miljødirektoratet, 2021). I denne oppgaven vil det likevel tas utgangspunkt i at myrene i Kaldvella nedbørsfelt blir restaurerte slik at de fremstår som før drenering.

2.3.3 Kategori av flomsikring

Myr kan holde tilbake nedbør og redusere avrenning (Magnussen et al., 2017). Myrer med grov vegetasjon og flere forsenkningen vil forsinke avrenning og dempe flom grunnet økt ruhet i underlaget (Narmilan, 2018).

Myr har et nesten kontinuerlig høyt vannspeil og den mettede jorden vil trolig gjøre den flomdempende effekten til myr liten (Artsdatabanken, 2016; Miljødirektoratet, 2021; Narmilan, 2018; Nordrum et al., 2020). Effekten er lokalitetsbestemt og myrtypebestemt, men det vil trolig være noen form for flomdemping nedstrøms myr, selv om det er begrenset (Magnussen et al., 2017; Miljødirektoratet, 2021; Price et al., 2023). Det er imidlertid lite forskning på restaurerte myrer og deres effekt i nordiske forhold (Magnussen et al., 2017).

Infiltrasjonsevne og -hastighet til myr er svært komplisert og utenfor denne oppgavens omfang.

Basert på dette er restaurering av myr et flomdempingstiltak.

2.4 Kantvegetasjon

2.4.1 Definisjon, viktig habitat og kostnad

Kantvegetasjon refererer til sonen langs vassdrag, innsjøer og mindre vann der det vokser ulik vegetasjon slik som urter, gras, busker og trær (NIBIO, 2020). Denne kantvegetasjonen er viktig habitat for planter og dyr, samt en vandringskorridor som er spesielt viktig i urbane områder og jordbruksområder (Forbes et al., 2015; NIBIO, 2020; Staubo et al., 2019). Kantvegetasjon er viktig for skygge og som matkilde for fisk og andre organismer i elver (Forbes et al., 2015; NIBIO, 2020; Staubo et al., 2019). Vegetasjonen fungerer som et «rensefilter» som fanger opp næringsstoffer fra jordbruket før det når elven, og skaper et bedre vannmiljø (Forbes et al., 2015; Magnussen et al., 2017; NIBIO, 2020; Staubo et al., 2019).

Kantvegetasjon er et rimeligere flomsikringstiltak mot erosjon enn annen tradisjonell flomsikring, slik som steinsetting (NIBIO, 2020).

Det er lovfestet at det skal tas hensyn til og opprettholdes kantsoner langs vassdrag og jordbruksareal i vannressursloven § 11, forskrift om bærekraftig skogbruk, forskrift om nydyrking § 6 og plan og bygningsloven § 1 – 8.

2.4.2 Ulike typer kantvegetasjon

I denne oppgaven vurderes kantvegetasjon i to hovedtyper; kantvegetasjon mellom elv og jordbruk, og kantvegetasjon mellom elv og bebyggelse. Urbane områder og jordbruk består av harde, upermeable flater eller kompakt jord som forårsaker overflateavrenning (Forbes et al., 2015; NVE, 2016).

Staubo et al. (2019) nevner kantvegetasjon som gras, urter, trær og busker, mens Mason-McLean (2020) deler kantvegetasjon inn i gras og tre. Jeg bruker inndelingen til Mason-McLean (2020) da jeg baserer virkningsgrad av kantvegetasjon på deres doktoravhandling.

2.4.3 Kategori av flomsikring

Røtter til vegetasjon binder og beskytter jorden, og busker og trær er bedre på dette enn urter og gras (Staubo et al., 2019). Blandingsskog er skogtypen som skaper høyest infiltrasjonsevne, ettersom det utvikler et bedre rotsystem (Nordrum et al., 2020).

Røtter i jorden øker porøsiteten og permeabiliteten til jorden, og øker jordens infiltrasjonsevne og oppbevaringskapasitet for vann (Magnussen et al., 2017). I trekroner oppholdes vann og snø som fordamper før det når bakken (intersepsjon) (Magnussen et al., 2017; Nordrum et al., 2020). Jo eldre og tettere skog jo mer intersepsjon (Nordrum et al., 2020). Disse faktorene medfører mindre overflateavrenning, og dermed mindre vannmengder til flom (Magnussen et al., 2017; Nordrum et al., 2020).

Vegetasjon øker ruheten i vannveien, dette vil medføre en reduksjon i vannhastighet og dermed reduksjon i erosjonskraft (Nordrum et al., 2020; Sulebak, 2018).

Basert på dette er kantvegetasjon et erosjonssikrings- og flomdempingstiltak.

Kantvegetasjon blir viktigere erosjonsvern i fremtiden grunnet klimaendringer (Staubo et al., 2019). Kraftigere nedbørsepisoder, hyppigere regnflom og tørke gjør jorden svært sårbar for erosjon og utrasing (Staubo et al., 2019).

2.5 Multiconsults forslag til sikringstiltak

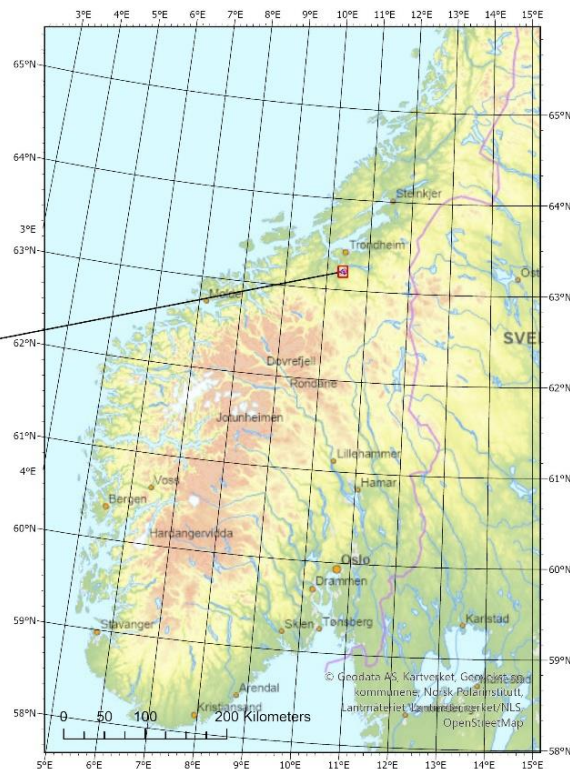
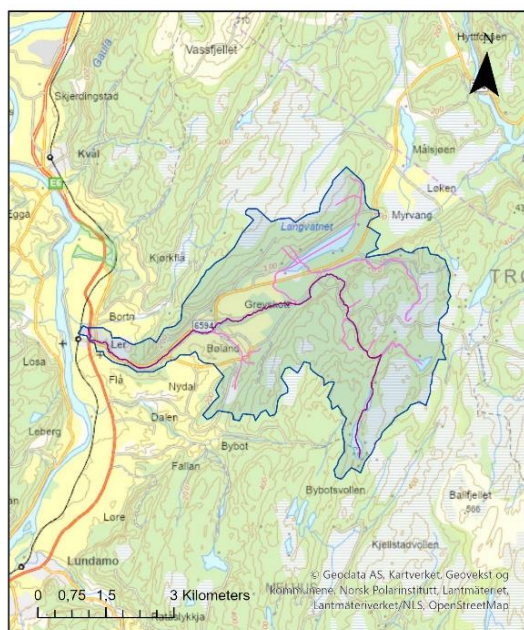
Multiconsult (2023) foreslår å konstruere en dam ved Langvatnet som flomdempingstiltak. De mener dette vil dempe flom fra Q200 til Q5 og koste rundt 15 til 25 millioner kroner.

3 Metode

3.1 Beskrivelse av studieområdet

Studieområdet i denne oppgaven er Kaldvellas nedbørsfelt (figur 3). Det befinner seg i Ler, Melhus kommune i Trøndelag.

Studieområde



Figur 3. Studieområde, Kaldvella nedbørsfelt ved Ler i Trøndelag, Norge. Nedbørsfeltet inneholder skog, myr, jordbruk, innsjøer og bebygde områder. Nedbørsfelt er en Shape-fil hentet fra NEVINA. Av Eline Grimrud i ArcGIS Pro med datasett fra NEVINA og ELVIS (GeoNorge, 2024a; NEVINA, 2024).

3.1.1 Beskrivelse av elva og historie

Kaldvella har opphav i Svartkaldvellavatnet og renner gjennom Ler sentrum før den munner ut i Gaula. Kaldvella har et sidevassdrag som springer ut fra Langvatnet og er en viktig bidragsyter til flomproblematikken i Ler sentrum, da det på vinteren får tilsig av grunnvann fra innsjøen (Multiconsult, 2023).

Ler sentrum ligger på et gammelt breelvdelta som ble dannet da Nidelva rant fra Selbusjøen gjennom Kaldvelldalen og ut ved Gaulosen (Reite, 1999). Deltaet er en flomslette.

Kaldvella er et viktig gyte- og oppvekstområde for sjørøret.

Kaldvella er en viktig bidragsyter av sediment til Gaula, som har lite sediment. I Kaldvella er det sedimentoverskudd og -problematikk da det skaper elvebunnsheving som er en bidragsyter til flom (C. Mevik, pers. kom., 2024¹; Multiconsult, 2023).

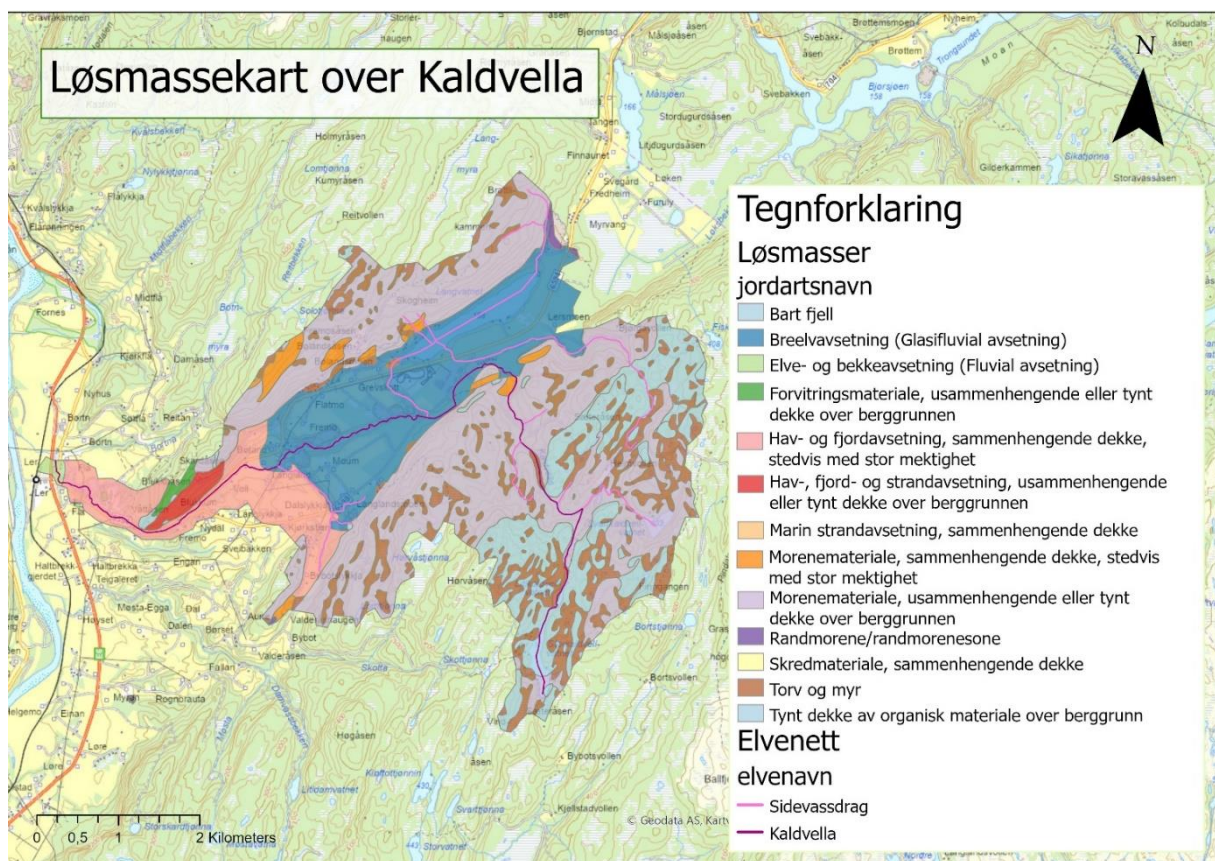
¹ Kontakt 06.03.2024 via E-post med Caroline Mevik, prosjektleder og rådgiver i Melhus kommune.

3.1.2 Arealplanlegging

Mye av flomproblematikken i Ler er et resultat av ugunstig arealplanlegging over tid (Hisdal et al., 2021). Sentrum ligger på en flomslette, som grunnet den naturlige elvedynamikken blir oversvømt. Bygg, boliger, landbruk og veier er plassert svært nære elven, så oversvømmelse forårsaker mye skade. Dette gir også svært lite plass for plassering av sikringstiltak. Det planlegges videre utbygging i Ler sentrum, et allerede svært flomutsatt område. God arealplanlegging er et viktig virkemiddel for å forhindre flomskader (NVE, 2019). Dette er ikke et hovedtema i denne oppgaven.

3.1.3 Løsmasser

Figur 4 viser at løsmasser i Kaldvella består hovedsakelig av glasifluviale avsetninger og hav- og fjordavsetning. I områdene med marine avsetninger finnes kvikkleire med middels faregrad (NVE, 2021).



Figur 4. Løsmassekart over Kaldvella. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett til NGU om løsmasser (GeoNorge, 2024b).

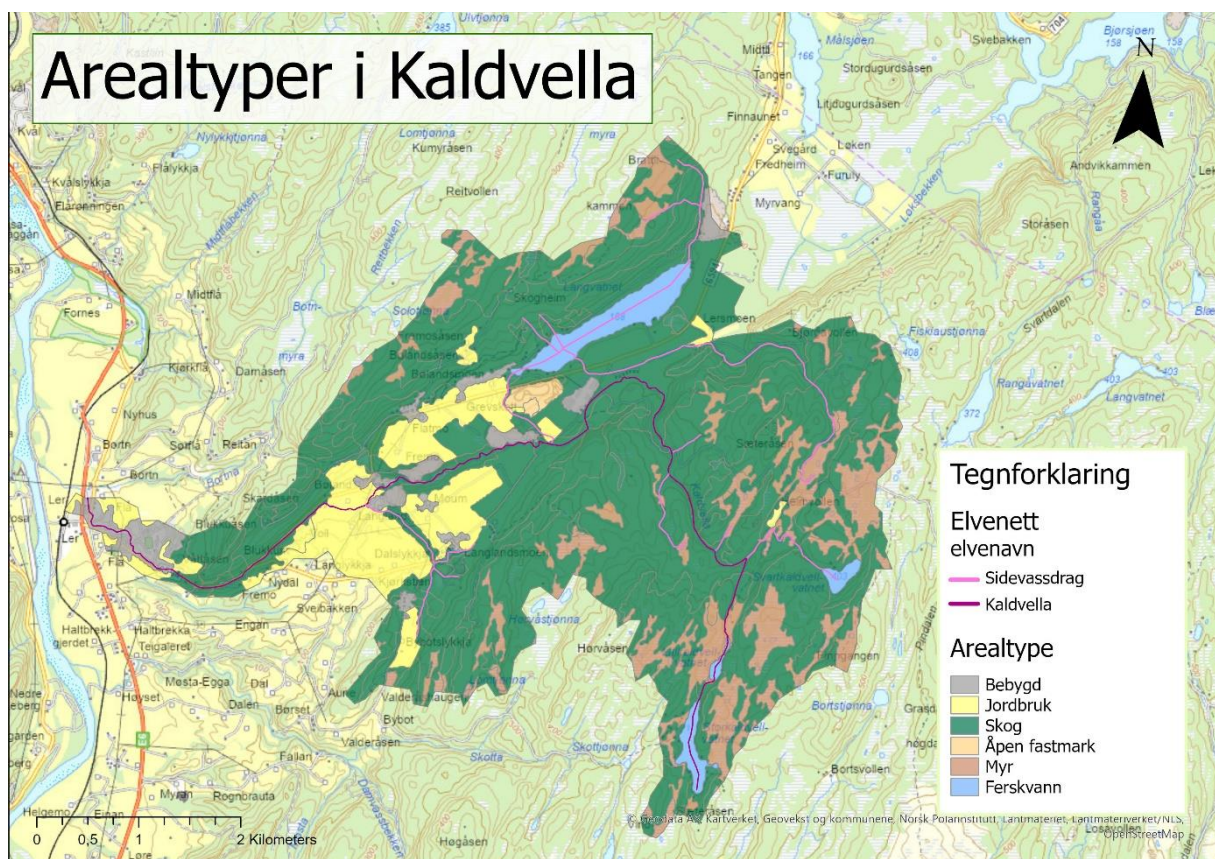
3.1.4 Nedbørsfelt og vannføring

Ifølge NEVINA (2024) er nedbørsfeltet til Kaldvella 23.3 km² og elvelengden 12 km, dette er altså et lite nedbørsfelt. Nedbørsfeltet består i hovedsak av skog, en del jordbruksområder, samt myr og urbane områder (tabell 1). Dette er viktig med tanke på at jordbruk og urbane områder kan forårsake mye overflateavrenning og myr kan restaureres.

Tabell 1 Arealklasse i nedbørsfeltet til vassdraget Kaldvella.
Av NEVINA (2024).

Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	9.1	%
Myr (A _{MYR})	6.3	%
Leire (A _{LEIRE})	9.8	%
Skog (A _{SKOG})	76.1	%
Sjø (A _{SJO})	3.2	%
Snaufjell (A _{SF})	0	%
Urban (A _U)	1.4	%
Uklassifisert areal (A _{REST})	3.8	%

Figur 5 viser at myrrealene befinner seg hovedsakelig blant skog oppe på åsene nord og syd i nedbørsfeltet.



Figur 5 Arealtyper i Kaldvellas nedbørsfelt. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro med datasettet FKB-AR5 (NIBIO, 2024b).

Tabell 2 viser gjentakstintervaller og middelflom i Kaldvella med 20 % klimapåslag, utarbeidet av Multiconsult (2023). Disse verdiene blir brukt senere i oppgaven.

Tabell 2 Vannføring ved forskjellige gjentakstintervaller med 20 % klimapåslag. Av Multiconsult (2023)

	Q_M [m ³ /s]	Q_5 [m ³ /s]	Q_{10} [m ³ /s]	Q_{20} [m ³ /s]	Q_{50} [m ³ /s]	Q_{100} [m ³ /s]	Q_{200} [m ³ /s]	Q_{500} [m ³ /s]	Q_{1000} [m ³ /s]
Kaldvella uten Langvatnet	11,1	14,1	16,1	18,0	20,2	21,8	23,3	25,2	26,6

3.1.5 Tidligere flomhendelser

Caroline Mevik (pers. kom., 2024) informerer om flere tidligere flomhendelser:

- 2019, september
- 2021, august
- 2022, januar
- 2022, september

Siden disse flomhendelsene inntreffer nesten årlig er det trolig relativt små flommer, så dersom det skulle forekomme en Q_{50} eller Q_{200} vil skadene være mye mer omfattende dersom flomsikringstiltak ikke blir implementert.

3.1.5.1 Flommen 18.-19. august 2021

Den 18. september 2021 var det en flom i Kaldvella i nedre del av Ler sentrum (Melhus kommune, 2021). Det var mye vann på avveie i hager og uteareal som resulterte i flomskader (figur 7) (Melhus kommune, 2021).

Under flommen forgikk det mye sedimenttransport av jord og løsmasser, som senere ble avsatt bl.a. i hager (Melhus kommune, 2021). Trær falt i elva, men ble rydda opp dagen etterpå (figur

6) (Melhus kommune, 2021). Vannføringen minsket dagen etter, men det var fortsatt mye stillestående vann i Ler sentrum (Melhus kommune, 2021).



Figur 6. Trær og vegetasjon raser ut i elven. Sediment trolig avsatt etter flom. Av Melhus kommune (2022a).



Figur 7. Oversvømt uteareal. Av Melhus kommune (2022a).

3.1.5.2 Flommen 16.-17. september 2022

Den 16. september 2022 var det en flom i Kaldvella i øvre og nedre del av Ler sentrum, med større omfang enn flommen i august 2021 (Melhus kommune, 2022a). Flommen eroderte, transporterte og avsatte sedimenter flere steder (Melhus kommune, 2022a).

Det var omfattende oversvømmelser på flere tomter og kjellere (Melhus kommune, 2022a). Trær, røtter og deler av en mur raste ut i elva og flere sikringer ble skadet (figur 8) (Melhus kommune, 2022a). Vannstanden ble svært høy ved flere bruer (figur 9 og figur 10) og oversvømte gang- og sykkelstiveier (figur 11) (Melhus kommune, 2022a).



Figur 8. Ved Nyhusvegen 136/28. Deler av en mur rast ut i elva. Av Melhus kommune (2022a).



Figur 9. Gangbru over Litjskjeet, Ler sentrum. Av Melhus kommune (2022a).



Figur 10. Fremovegen 8. Vannstand opp til bruene. Av Melhus kommune (2022a).



Figur 11. Krysset Fremovegen/Nyhusvegen og ned mot E6. Flom strømte over gang- og sykkelvegen. Av Melhus kommune (2022a).

Selv om det ble satt opp flere midlertidige flomsikringer i form av sandsekker, flomvoller, og pukk og stein, var det fremdeles skader på bygg og eiendeler (Melhus kommune, 2022a).

En innbygger forteller at elvebunnen har hevet seg 70 cm siden 2009, som tyder på betydelig sedimenttransport og -avsetning i elva (Melhus kommune, 2022a).

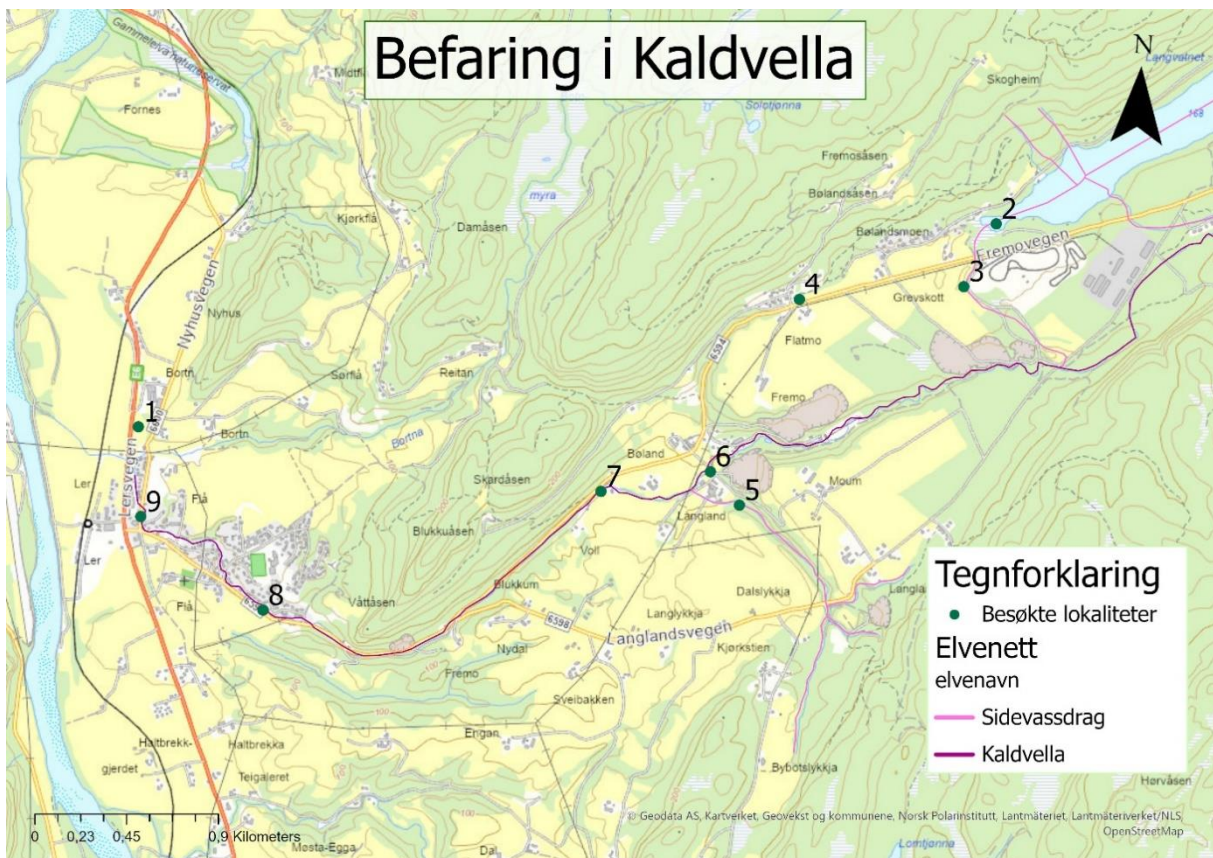
I september 2023 fjernet Melhus kommune sedimenter ved Litjskjeet bru. Siden har det ikke vært flom i Ler sentrum (C. Mevik, pers. kom., 2024). Dette viser betydelig sedimenttransport

i Kaldvella. Reduksjon av elvebunnsheving kan være effektivt mot flom, men det er vanskelig å fastslå med sikkerhet grunnet det korte tidsrommet.

3.2 Befaring

Pascal E. Egli og jeg befarte Kaldvella nedbørsfelt den 4. mars 2024. Det var overskyet og 10 °C med lite vind. Det var en del vannføring i elva trolig grunnet snøsmelting. Flere jordbruksområder viste tegn til «pooling», altså at snø og vann eller is ligger igjen i forsenkninger i landskapet etter snøsmelting fordi bakken fortsatt er frossen (P. E. Egli, pers. kom., 2024²). «Pooling» er ikke tegn etter oversvømmelse. Disse faktorene gjorde det krevende å få et klart bilde av hvordan studieområdet utartet seg.

Vi besøkte ni lokaliteter (figur 12), se vedlegg 1. I dette underkapitlet vil jeg bare utheve tre av lokalitetene.



Figur 12. Kart over lokaliteter besøkt på befaring. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro.

² Samtale 04.03.2024 med Pascal Emanuel Egli, Førsteamanuensis ved Institutt for geografi, NTNU Trondheim.

Lokalitet to var myren nedenfor Langvatnet (figur 13). På grunn av snø- og islag, var det vanskelig å få et klart bilde av området. Myren lå i en forsenkning med variert vegetasjon samt noe bebyggelse i nærheten.



Figur 13. Myren nedenfor Langvatnet. Av Eline Grimsrud

Lokalitet syv viser relativt lite vegetasjon langs elvebredden, med bebyggelse og vei tett på elven. Det ligger et jordbruksareal med bratt terreng på høyre side utenfor bildet (figur 14).



Figur 14. Lite vegetasjon langs elven. Av Eline Grimsrud

På lokalitet ni i Ler sentrum stod det et skilt med planer om utbygging av nye boliger (figur 15). Vi observert flere steder der bebyggelse og veier var plassert svært nære elven (figur 16).



Figur 15. Plakat som viser planer om ny bebyggelse i Ler sentrum. Av Eline Grimsrud.



Figur 16. Bebyggelse og veg i Ler sentrum plassert nære elven. Av Eline Grimsrud

3.3 Datainnsamling

Koordinatsystemet som er benyttet i disse datasettene er ETRS 1989 UTM Zone 32N.

3.3.1 Hydrologiske data og elvenett

ELVIS er et landsdekkende datasett over elvenettet i Norge, laget av NVE (NVE, 2020). Datasettet viser elvenett i linjer basert på N50 Kartdata fra Kartverket (NVE, 2020). Datasettet inneholder kolonner med navn for vassdrag. Sidevassdrag som ikke har navn er merket med <null> i navnkolonnen. Datasettet er hentet fra GeoNorge (2024a).

NEVINA (2024) er en karttjeneste fra NVE der det velges et punkt på kartet og NEVINA beregner et nedbørsfelt og estimerer ulike vannføringer og feltparameter (NVE, 2022a). Se NEVINA (2024) beregningene i vedlegg 3. Jeg legger dette beregnede nedbørsfeltet som grunnlag i GIS-analysene.

Verdier om gjentakintervaller med 20 % klimapåslag er hentet fra Multiconsult (2023) sin rapport av Kaldvella.

3.3.2 Terreng og arealbruk

AR5 er et detaljert, landsdekkende arealressurskart laget med felles kartdatabase (FKB) (NIBIO, 2024a). FKB-AR5 over Kaldvellas nedbørsfelt er fra NIBIO (2024b) sine sider.

«Land» basiskartet på Norgeskart.no (2024) ble brukt for å finne lokalitet med drenerte myrer. Det vises som regel med hvit rette streker på kartet (L. Simonsen, pers. kom., 2024³).

Løsmassekartet til NGU er hentet fra GeoNorge (2024b).

Informasjon av lokalitet og faregrad for kvikkleireskred er hentet fra NVE Temakart kvikkleire (NVE, 2021).

3.3.3 Ekspertes

Melhus kommune (2022b) planlegger sikringstiltak i Kaldvella mot flom, erosjon isproblematikk i samarbeid med NVE. Jeg har derfor kontaktet Caroline Mevik, prosjektleder og rådgiver i naturfare i Melhus kommune, for informasjon om vassdraget, se vedlegg 2. Hun ga meg tilgang på interne rapporter om hendelsesforløpet og etterarbeid fra de to tidligere flomhendlesene i 2021 og 2022. Dette er ikke åpent tilgjengelig.

Jeg har kontaktet Anne Bruland Høyen i NVE, prosjektleder for tiltak i Kaldvella. Hun sendte en rapport av Multiconsult (2023) som vurderer muligheten for ulike sikringstiltak i Kaldvella. Den er ikke åpent tilgjengelig.

I utarbeidelsen av den konseptuelle modellen for myr (kapittel 3.6) har jeg fått hjelp av Stefano Basso (Førsteamanuensis ved Institutt for geografi, NTNU Trondheim), Pascal Emanuel Egli (Førsteamanuensis ved Institutt for geografi, NTNU Trondheim) og Aneli Hovland Skaar (Geografistudent, NTNU, Trondheim).

I flere deler av oppgaven har jeg fått innspill og kritikk av Leif Simonsen. Han er avdelingsleder for Energi-Miljø i Norconsult og arbeider bl.a. med myr-prosjekter i likhet med det jeg ser på i min oppgave.

³ Samtale 18.03.2024 med Leif Simonsen, avdelingsleder for Energi-Miljø i Norconsult.

3.4 Verdien av kantvegetasjon som flomsikring

Verdiene rundt effektivitet av etablering av kantvegetasjon er hentet fra modellering i doktoravhandlingen til Mason-McLean (2020). Studieområdet i avhandlingen er Tarland Burn, et sidevassdrag til elva River Dee nordøst Scotland, med et nedbørsfelt på 73 km² og elvelengde på 17 km.

Mason-McLean (2020) skriver at 10 m med grasvegetasjon som dekker 2.1 % av nedbørsfeltet vil redusere maksimal vannføring med 7,2 %. 50 m trevegetasjon som dekker 10.2 % av nedbørsfeltet vil redusere maksimal vannføring med 11 %. 50 m trevegetasjon reduserer vannføringen mest, men 10 m trevegetasjon er mest arealeffektivt.

Jeg presenterer senere to ulike scenarioer for plassering og arealbruk for etablering av kantvegetasjon. Scenario 2 består av en 10 m kantvegetasjon som dekker 2.2 % av Kaldvella nedbørsfelt (kapittel 4.2.1).

Siden areal av kantvegetasjon på 10 m grasvegetasjon dekker nesten samme prosentvise område i Kaldvella og Tarland Burn, vil jeg bruke en liknende verdi som et estimat av virkningsgraden til 10 m grasdekt vegetasjonssone. Jeg har derfor valgt å basere analysen på at 10 m med grasvegetasjon som dekker 2.2 % av Kaldvella nedbørsfelt vil reduserer maksimal vannføring med 7 %.

Det er trolig stor variasjon i virkningsgrad i de to nedbørsfeltene da de er av ulik størrelse og under ulike forhold. Resultatene av virkningsgrad i denne oppgaven vil derfor inneholde stor usikkerhet. Det trengs videre forskning for å få et sikrere resultat.

3.5 GIS

3.5.1 Drenerte myrer

I ArcGIS Pro eksporterte jeg alle figurer med «*torv og myr*» fra NGUs løsmassekart til et eget lag, der jeg lagde en ny kolonne kalt «*Drenert*». Jeg sammenliknet dette datasettet med Norgeskart.no basiskart «*land*» og markerte figurer som «*ja*» dersom myren fremsto som drenert (hvite streker i myrene) eller «*nei*» (ikke drenert) i den nye kolonnen.

«*Summary Statistics*» produserte en tabell med areal og antall drenerte og ikke drenerte myrer (tabell 3). Denne informasjonen brukte jeg videre i kapittel 3.6.

Tabell 3 Skjermbilde av tabell fra ArcGIS Pro som viser areal og antall drenerte og ikke drenerte myrer. SUM_Shape_Area er oppgitt i m². Av Eline Grimsrud med bruk av datasettet til NGU (GeoNorge, 2024b).

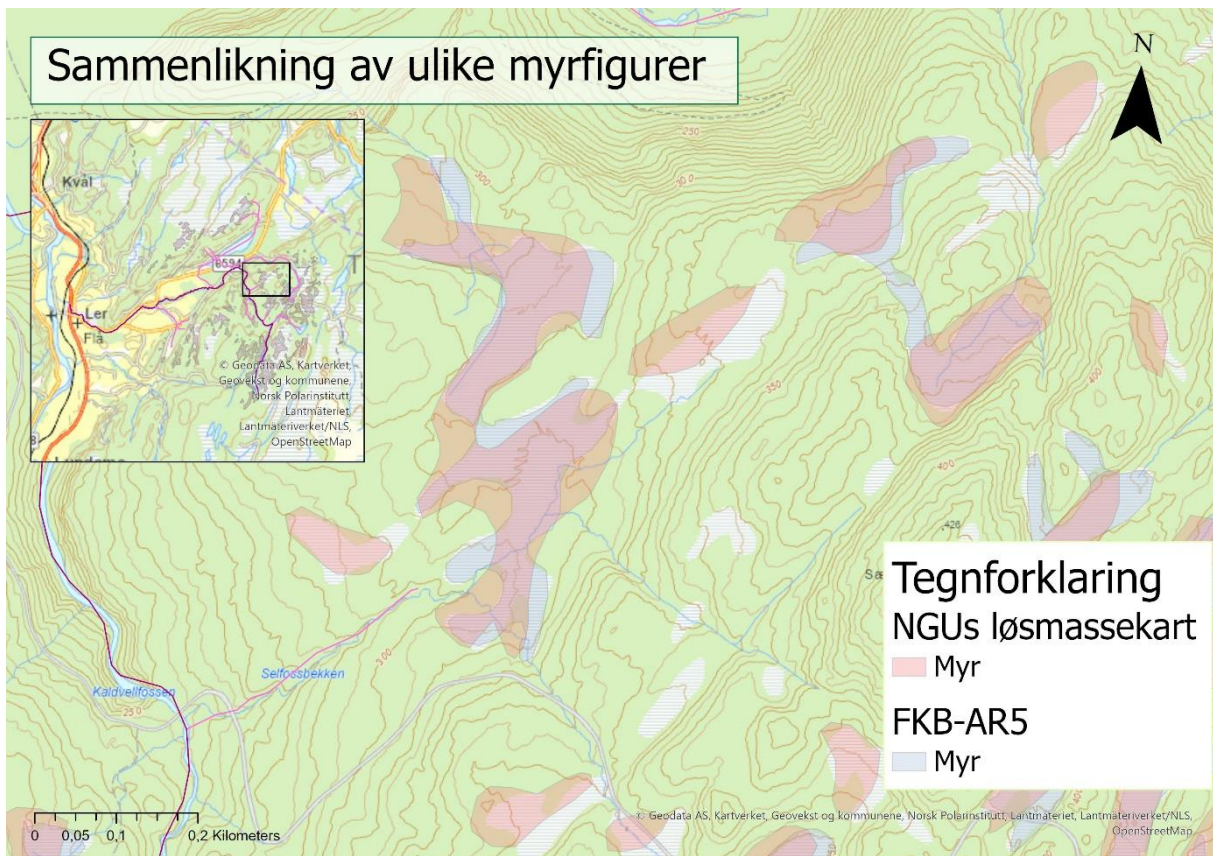
	OBJECTID *	Drenert	FREQUENCY	SUM_Shape_Area
1	1	Ja	12	671009,715126
2	2	Nei	120	2653245,015418

3.5.1.1 Diskusjon rundt valg av datasett

Norgeskart.no basiskart «Land» viser myrer som er drenert med hvite streker (L. Simonsen, pers. kom., 2024). Jeg legger dette kartet til grunn for min analyse og modell av virkningsgrad til restaurert myr som flomdempendetiltak. Det finnes flere kilder på drenerte myrer (f.eks. NIBIO Kilden og Naturbase), men jeg har valgt Norgeskart.no.

NGUs løsmassekart inneholder en klasse som heter «torv og myr». Disse figurene ser ut til å treffe flere lokaliteter på Norgeskart.no enn FKB-AR5, men figurgrensene sammenfaller ikke helt med Norgeskart.no (figur 17).

FKB-AR5 sammenfaller bedre med myrfigurgrensene til Norgeskart.no, men en mengde figurer som er definert som myr i Norgeskart.no, er ikke definert som myr i FKB-AR5 (figur 17).



Figur 17. Myrfigurer i datasett til FKB-AR5 (blå) og NGU (rosa), og basiskart med myr (hvit og blå striper). Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro med bruk av datasettet til FKB-AR5 og NGU (GeoNorge, 2024b; NIBIO, 2024b).

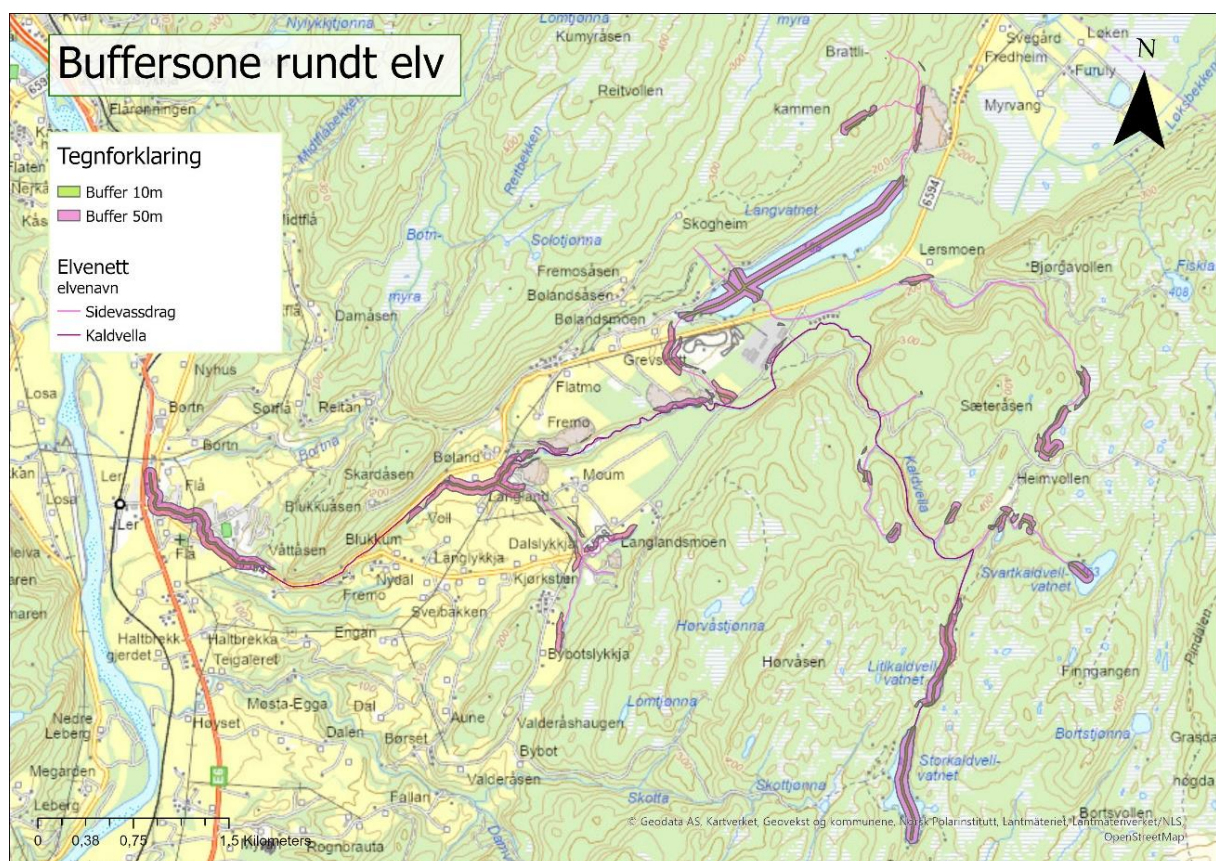
Arealstatistikk fra NEVINA (2024) oppgir at 6.3 % av nedbørsfeltet (23.3 km²) er myr. Arealberegninger med GIS og NGUs løsmassekart viser at arealene med torv og myr utgjør 14.3 % av nedbørsfeltet.

Jeg har valgt å benytte NGUs løsmassekart og arealberegninger, da det samstemmer med flere myrfigurlokaliteter i Norgeskart.no.

3.5.2 Buffersone med kantvegetasjon til vassdrag

I ArcGIS Pro eksporterte jeg alle arealer med egenskapen «skog» (*artype=30*) fra FKB-AR5 til et eget lag. Deretter lagde jeg en buffer (*Buffer*) rundt elvenettet fra NVE (*ELVIS*), en på 50 m og en på 10 m. Så brukte jeg det nye skoglaget til å klippe vekk bufferen (*Erase*). Dette ga meg polygon der det ikke var kantvegetasjon innen 50 m og 10 m fra elven (figur 18).

50 m og 10 m buffer er valgt basert på Mason-McLean (2020) funn i sin doktoravhandling.



Figur 18. Buffer på 50 m og 10 m rundt Kaldvella og sidevassdrag. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasettet ELVIS (GeoNorge, 2024a).

En feilkilde med dette er at jeg har brukt «skog» i FKB-AR5 for å klassifisere områder uten vegetasjon, men «skog» er definert som «Areal med minst 6 tre pr dekar som er eller kan bli 5 m høge, og som er jamt fordelt på arealet» (NIBIO, 2024c). På befaring observerte jeg flere steder med gras og enkelte trær langs elvekanten, men dette er ikke inkludert i datasettet. Jeg legger likevel resultatet av analysen av datasettet til FKB-AR5 til grunn for diskusjon av virkningsgrad til kantvegetasjon.

3.5.2.1 Areal til kantvegetasjon

For å hente ut arealstatistikken til de ulike vegetasjonssonene brukte jeg ArcGIS Pro til å isolere områdene jeg mente passer til kantvegetasjon. Resultater og diskusjon av disse finnes i kapittel 4.2.

3.6 Konseptuell modell av myr som flomdemper

3.6.1 Formål

Formålet med å lage denne svært forenklede modellen er å illustrere potensialet til restaurering av myr som flomdempingstiltak i nedbørsfeltet til Kaldvella.

Flere kilder peker på at myr vil ha lav virkningsgrad som flomdempende tiltak (Magnussen et al., 2017; Narmilan, 2018; Nordrum et al., 2020). Det er imidlertid lite forskning på dette, og for å forstå studieområdet bedre er det i samarbeid med A. Skaar, P. Egli og S. Basso utarbeidet en «modell» for å få en bedre forståelse av effekten til myr som flomdempingstiltak. Modellen tar utgangspunkt i at vannlagringspotensialet til myren er basert på volum-høyde-forholdet (Miljødirektoratet, 2021).

Å modellere den flomdempende effekten av myr er svært komplisert (Magnussen et al., 2017; Miljødirektoratet, 2021; Price et al., 2023). Modellen er derfor svært forenklet og resultatene inneholder stor usikkerhet grunnet utelatelsen av en lang rekke ulike lokalitetsbestemte faktorer, sesongvariasjoner og usikkerheten i dybde på vannspeilet. Modellen tar ikke hensyn til disse variablene da det er utenfor oppgavens omfang. Det trengs videre forskning og antagelig langt mer avanserte modeller for å minske usikkerheten.

3.6.2 Modellutviklingsprosess

3.6.2.1 Antagelser

I modellen antar jeg at myren er "tom" for vann og at den oppfører seg som en bøtte. Altså at vann ikke dreneres ut og kompleksiteten av hydrologi i myr ikke er tatt med. Jeg antar at alle

myrene er like dype med tanke på volum som kan holde på vann, og at sidene er rette slik at det er enkelt å regne volumet til myren.

Jeg antar i denne modellen at alt flomvann passerer gjennom myren og blir absorbert uansett mengde og hastighet, og når myren er «full» vil alt vann passere over myren uten å bli absorbert. Dette skaper urealistisk resultater da myrene i studieområdet er lokalisert i øvre del av nedbørsfeltet, og ikke alt flomvann passerer gjennom disse.

Flomhendelsen i denne modellen varer enten i et eller to døgn, og jeg antar at vannføring er konstant under hele hendelsen, selv om dette er svært urealistisk.

3.6.2.2 Identifisering av inngangsverdier

Modellen inneholder fire inngangsverdier.

Areal av drenert myr (m^2). Disse verdiene er hentet ut fra egen GIS-analyse av NGUs løsmassekart og norgeskart.no og er 671 009 m^2 .

Dybde av myr (m). Jeg bruker vannspeilet som verdi på bunnen av «bøtta». For at en naturtype skal bli definert som en myr må det være mist 30 cm dyp med torv og noen kilder peker på at vannspeilet kan nå helt ned til 50 cm (Artsdatabanken, 2016; Labadz et al., 2010; Price et al., 2023). Myrene i studieområdet er trolig dypere enn dette, men jeg velger allikevel å bruke 30 cm som nederste verdi av «bøtta».

Flere kilder tyder på at vannspeilet til myr ligger nære overflaten (Artsdatabanken, 2016; Miljødirektoratet, 2021; Narmilan, 2018; Nordrum et al., 2020). Jeg har derfor valgt to ytterligere verdier for vannspeil; 15 cm og 5 cm. Dette er for å illustrere hva slags flomdempende effekt en restaurert myr *kan* ha.

Flomverdier (m^3/s) er hentet fra beregningene til Multiconsult (2023) av gjentaksintervall med 20 % klimapåslag der $Q_{200} = 23.3 m^3/s$, $Q_5 = 14.1 m^3/s$, $Q_M = 11.1 m^3/s$. Disse verdiene er beregnet for Ler sentrum, men burde blitt beregnet like nedenfor myrområdet for å redusere feilkilder og usikkerhet i modellen.

Varighet av flom (s) er basert på at tidligere flomhendelser varte i to døgn. Dette er ikke tilfellet for alle flomhendelser og spesielt ikke for større flomhendelser, så et døgn varighet er også valgt for å simulere slike forhold.

3.6.2.3 Generelt om beregningene

Ved å multiplisere areal (A) med dybde (d) finner jeg volumet av myren, og dermed hvor mye vann som kan holdes tilbake fra flommen. Dette vil dermed gi volum av flomdempende effekt ($V_{buffer\ myr}$).

$$V_{buffer\ myr} = A_{myr} \cdot d_{myr}$$

Jeg finner total flomvannføring ($V_{flom\ total}$) ved å multiplisere vannføring (Q_{flom}) med tid (Δ_t).

$$V_{flom\ total} = Q_{flom} \cdot \Delta_t$$

Til slutt vil jeg se prosentvis endring (% buffer), eller da effekt av myr som flomdemper, ved å dividere flomdempende effekt av myr ($V_{buffer\ myr}$) på total flomvannføring ($V_{flom\ total}$).

$$\% \text{ buffer} = \frac{V_{buffer\ myr}}{V_{flom\ total}} \cdot 100$$

3.6.2.4 Diskusjon av modellen

Dybde på vannspeil verdiene, 5 cm, 15 cm og 30 cm, er valgt for å prøve å få en forståelse av myrens flomdempende effekt ved ulike vannspeildybder.

I lengre tørre perioder kan det tenkes at vannspeilet i myren er lavere da det ikke får tilførsel av vann i form av nedbør. Myren vil dermed ha større kapasitet for å holde tilbake vann, mens i våtere perioder har den lavere kapasitet (Miljødirektoratet, 2021). Dermed tenkes det at myren er mest effektiv som flomdemper i enten korte eller mindre kraftige nedbørsperioder etter lengre tørre perioder, da det vil ta lengre tid å fylle opp «bøtten». Ved kraftige regnperioder vil «bøtten» fylles raskt inntil vannspeilet når overflaten og kapasiteten for å absorbere mer vann er utnyttet. Ytterligere nedbør etter dette vil ikke bli hold tilbake i særlig grad og den flomdempende effekt er da ikke av betydning.

Resultater vil bli presenter og diskutert i kapittel 4.1 nedenfor

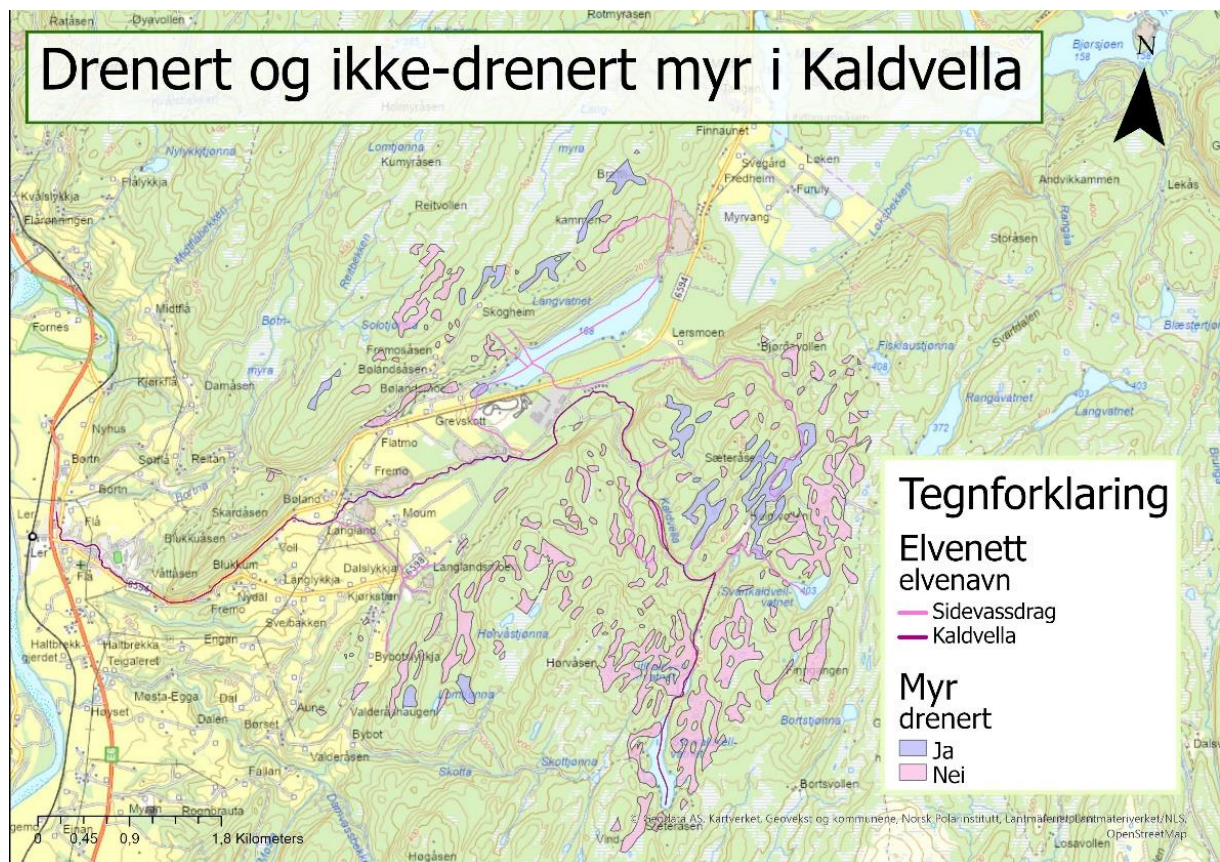
4 Resultater og diskusjon

4.1 Myr

4.1.1 Plassering

Figur 19 viser myrområdene i Kaldvellas nedbørsfelt basert på datasettet fra NGUs løsmassekart. De lilla figurene er drenerte myrer og de rosa figurene er ikke-drenerte myrer.

De lilla områdene er derfor aktuelle for restaurering av myr som et flomdempingstiltak.



Figur 19. Myr i studieområdet. Rosa: ikke drenert. Lilla: drenert. Av Eline Grimsrud, laget i ArcGIS Pro med datasettet til NGU (GeoNorge, 2024b).

Basert på NGUs løsmassekart er 0.7 km² drenert myr, altså 3 % av nedbørsfeltet består av myr som kan restaureres (tabell 4). Restaurerbar myr utgjør da en liten del av nedbørsfeltet.

Tabell 4. Myrareal og nedbørsfelt statistikk. Av Eline Grimsrud

Nedbørsfelt	
Nedbørsfelt størrelse	23,3 km ²
Areal til myr, NGU	
Drenert	671009,7 m ² 0,7 km ²
Ikke-drenert	2653245,0 m ² 2,7 km ²
Totalt myrareal	3,3 km ²
Prosentvis myrareal av nedbørsfeltet	14,3 %

4.1.2 Fordeler og ulemper

4.1.2.1 Fordeler

En fordel med restaurering av myr som flomdempingstiltak er at de gir flere økosystemtjenester og opprettholder lokal biodiversitet.

Restaurering av myr kan hjelpe mot klimaendringer, da drenerte myrer gir utslipp av klimagasser (Miljødirektoratet, 2021).

Multiconsult (2023) foreslo konstruere en dam ved Langvatnet, som et flomdempende tiltak. Myr i kombinasjon med dammen kan da være et godt forslag for å opprettholde noe habitat og biodiversitet slik at man kan «veie opp» for utbygging og drift av dammen.

4.1.2.2 Ulemper

Det er lite forskning på effekten av myr på flom i nordiske strøk, og dermed vanskelig å si noe om virkningsgrad (Magnussen et al., 2017). Flere kildene mener restaurering av myr vil ha liten virkning fordi jorden allerede vil være mettet med vann, ha et konstant vannspeil og derfor ikke kan holde mer flomvann (Magnussen et al., 2017; Nordrum et al., 2020).

Kostnad av myrrestaurering er varierende basert på størrelsene og plasseringen på prosjektet, men kan være på rundt 420 000 kroner per prosjekt, mens konstruksjon av dam ved Langvatnet er estimert til mellom 15 og 25 millioner kroner. Myrrestaurering kan derfor være mye billigere enn tradisjonell flomsikring, men har også en lavere virkningsgrad. Kost-effekt-forholdet kan derfor likevel være bedre med dam enn med restaurering av myr.

4.1.3 Vurdering av virkningsgrad

Tabell 5 viser resultatene fra modellen i kapittel 3.6.

Myr som flomdempingstiltak vil ifølge modellen og de inngangsverdiene og forutsetningene jeg har gjort, redusere Q200 med mellom 0.02 % - 10 % og Q_M med 3.5 % - 21 % (tabell 5). Dersom myren har et vannspeil på 30 cm dyp (kapasitet på 30 cm mer vann) vil restaurert myr redusere Q200 (23.3 m³/s) til ca. Q100 (21 m³/s), basert på denne modellen.

Tabell 5. Mulig reduksjon av flom etter restaurering av myr i Kaldvella nedbørsfelt. Av Eline Grimsrud.

Dybde på vannspeil	% reduksjon av flom	Reduksjon av flom	Resterende vannføring
Q200 i 1 døgn			
5 cm	0,02 %	0,00 m ³ /s	23,30 m ³ /s
15 cm	5,00 %	1,16 m ³ /s	22,14 m ³ /s
30 cm	10,00 %	2,33 m ³ /s	20,97 m ³ /s
Q5 i 1 døgn			
5 cm	2,75 %	0,39 m ³ /s	13,71 m ³ /s
15 cm	8,26 %	1,16 m ³ /s	12,94 m ³ /s
30 cm	16,52 %	2,33 m ³ /s	11,77 m ³ /s
Q_M i 1 døgn			
5 cm	3,50 %	0,39 m ³ /s	10,71 m ³ /s
15 cm	10,50 %	1,16 m ³ /s	9,94 m ³ /s
30 cm	20,99 %	2,33 m ³ /s	8,77 m ³ /s
Q_M i 2 døgn			
5 cm	1,75 %	0,19 m ³ /s	10,91 m ³ /s
15 cm	5,25 %	0,58 m ³ /s	10,52 m ³ /s
30 cm	10,50 %	1,16 m ³ /s	9,94 m ³ /s

Basert på litteraturen er noen av disse tallene urealistisk høye (Magnussen et al., 2017; Nordrum et al., 2020). Flere kilder sier at myr trolig vil ha lav flomdempende effekt grunnet mettet jord. Dette viser at modellen er forenklet og ikke tar hensyn til ulike miljø- og klimavariasjoner, og at det er mye usikkerhet i resultatene.

Multiconsult (2023) skriver at ved å konstruere en dam i Langvatnet vil de redusere Q200 til Q5, altså redusere vannføringen med 39.9 %. Selv om resultatene fra myrmodellen trolig er høyere enn realistiske verdier, er det likevel ikke i nærheten av effekten til tradisjonell flomsikring.

Ved større flommer må det antas at flomdempingseffekten av restaurert myr er altfor liten. Vannmengden er så stor at tiltaket vil ha liten betydning.

Der det trolig kan ha effekt er ved kortvarige nedbørshendelser eller lengre hendelser med lite nedbør i perioder hvor det har vært tørre forhold. Myren vil være relativt tørr og ha større kapasitet til å absorbere vann («svamp»-effekt).

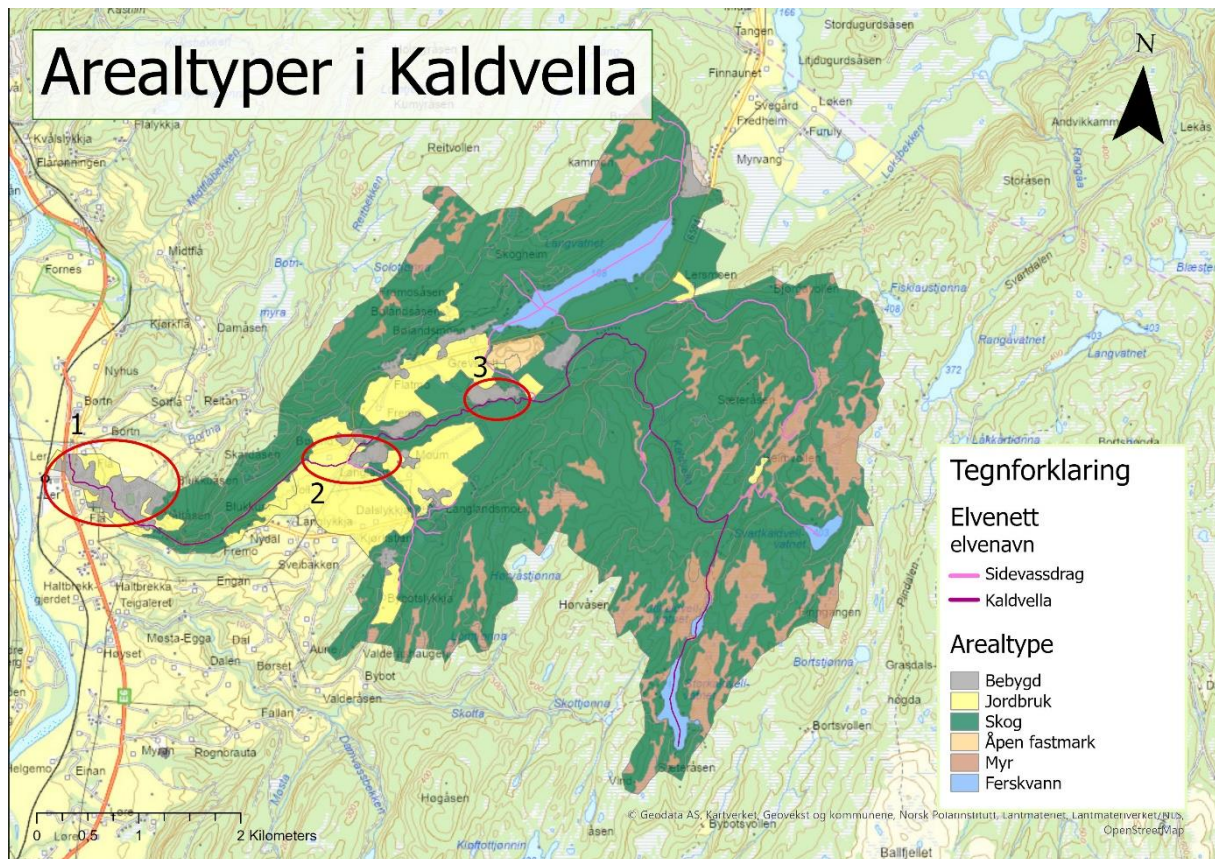
I tørre perioder har jordsmonnet en lavere kapasitet for å absorbere vann, da porene i jorden er lukket (Institutt for biovitenskap, 2023). Dersom det kommer kraftige nedbørshendelser vil det forekomme mye overflateavrenning og i slike tilfeller vil myr være et godt tiltak flom da det kan absorbere dette vannet.

4.2 Kantvegetasjon

4.2.1 Størrelse og plassering

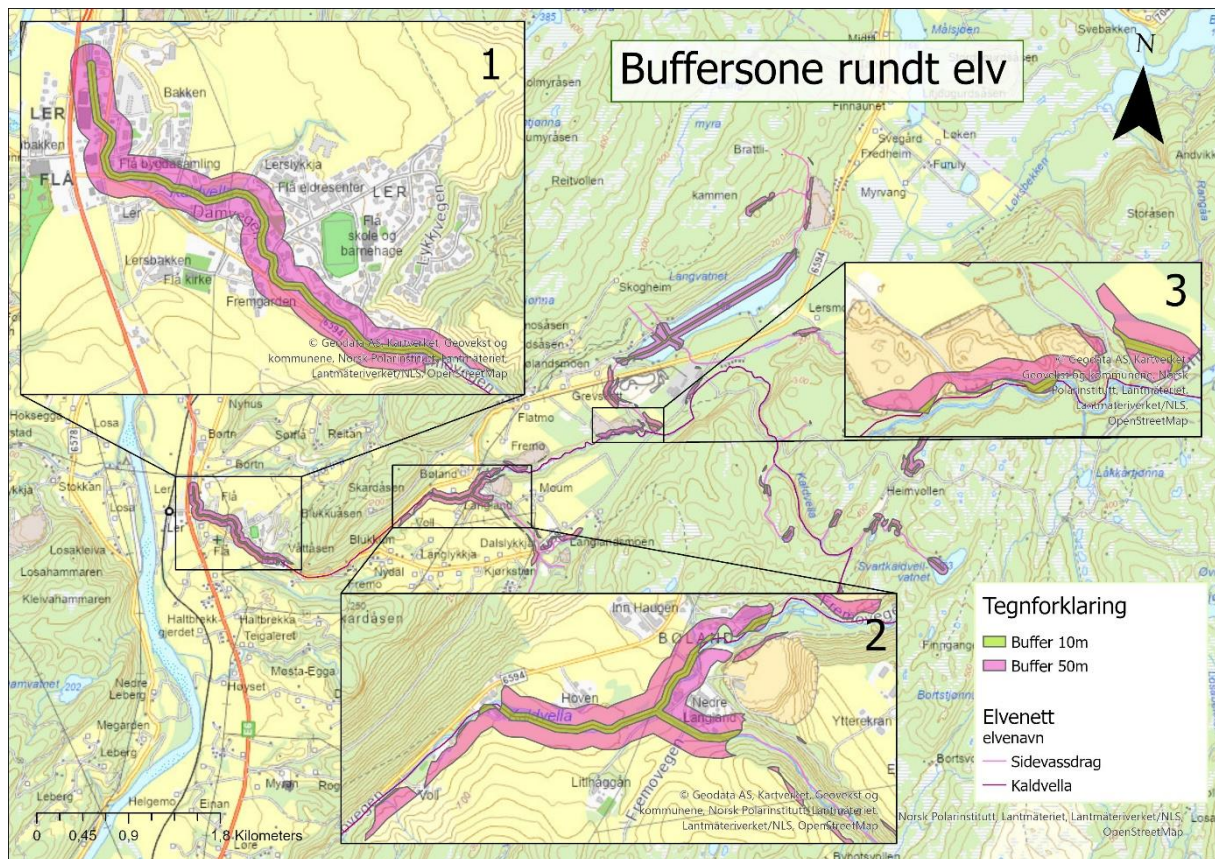
Figur 20 viser fordelingen av arealtyper i nedbørsfeltet til Kaldvella. Område 2 viser jordbruk som grenser til elven der det finnes lite vegetasjon. Område 1 og 3 viser at bebyggelse grenser tett til elven og det eksisterer lite vegetasjon der.

Disse områdene er derfor aktuelle for kantvegetasjon som et erosjonssikrings- og flomdempingstiltak.



Figur 20. Arealtyper i Kaldvella. De røde ringene viser aktuelle områder for etablering av kantvegetasjon. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett fra FKB-AR5 (NIBIO, 2024b).

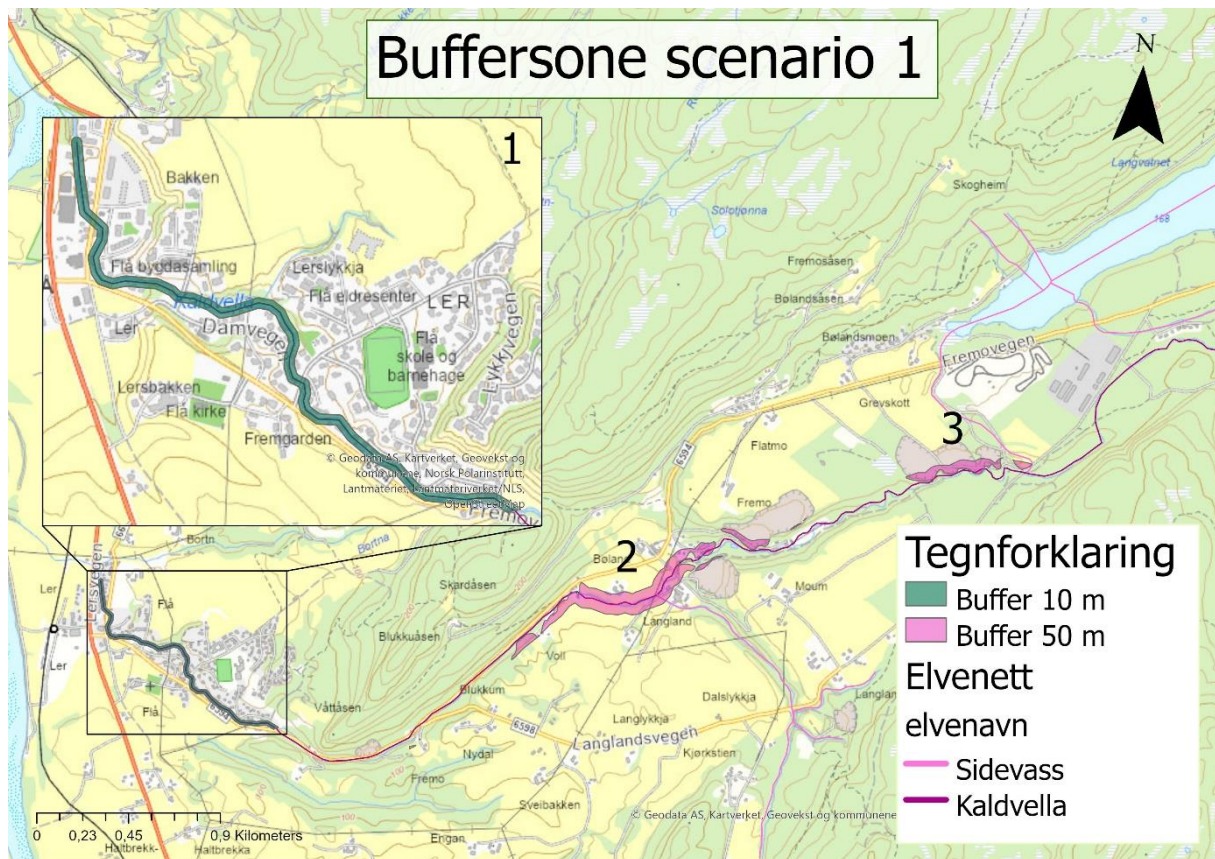
Figur 21 viser de aktuelle områdene for etablering av kantvegetasjon i nærmere detalj. Områder med buffer utenfor disse tre lokalitetene viser enten buffer rundt elv ved innsjøer, myr eller ravinelandskap og er derfor ikke aktuelle for etablering av kantvegetasjon.



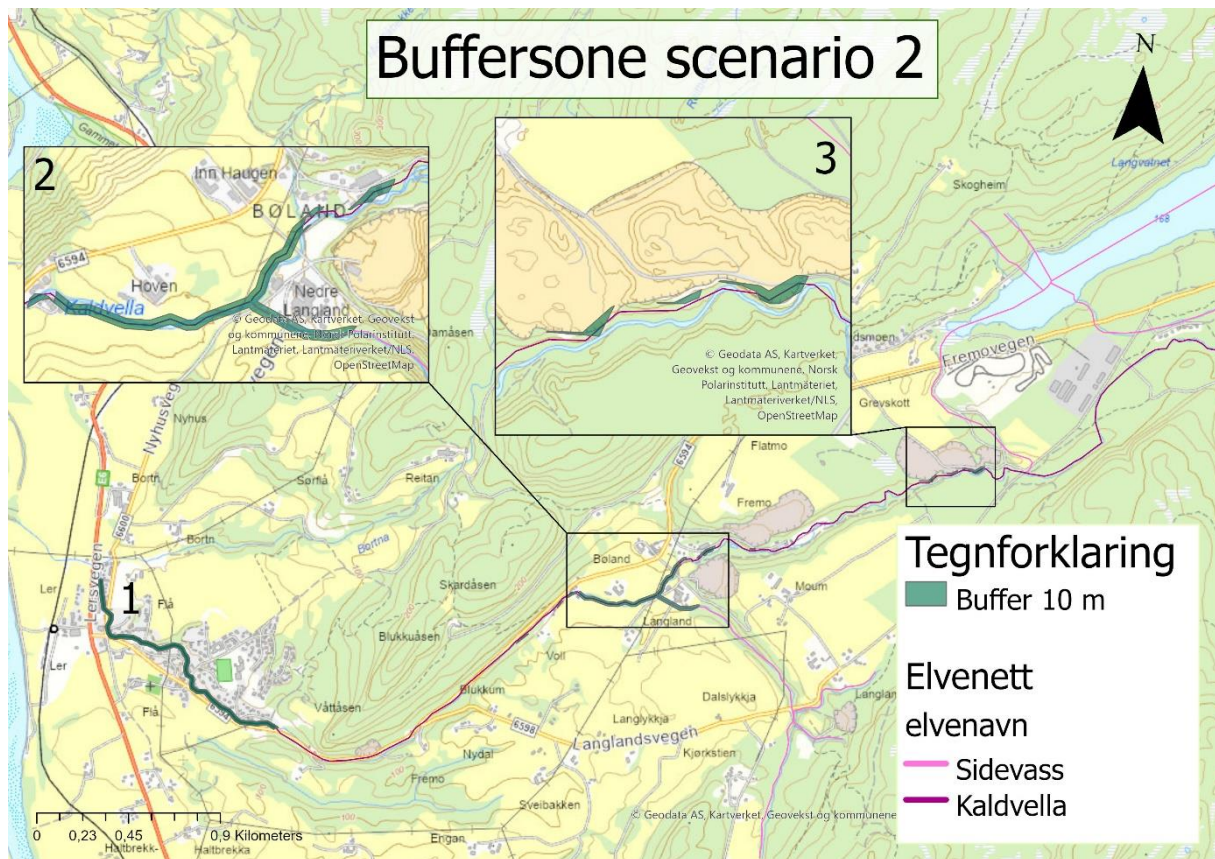
Figur 21. Utsnitt av de tre områdene der kantvegetasjon kan etableres. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimrud med datasett fra ELVIS (GeoNorge, 2024a).

Jeg har utarbeidet to ulike scenario for etablering av kantvegetasjon.

Scenario 1 etablerer 10 m grasvegetasjon i område 1 og 50 m trevegetasjon i område 2 og 3 (figur 22). Scenario 2 etablerer 10 m kantvegetasjon i område 1, 2 og 3 (figur 23). Altså at kantvegetasjon som i scenario 1 var klassifisert som 50 m med trevegetasjon, nå er 10 m med grasvegetasjon.



Figur 22. Buffersone scenario 1 viser områdene 1, 2 og 3. Av Eline Grimsrud laget i ArcGIS Pro med datasettet til ELVIS (GeoNorge, 2024a).



Figur 23. Buffersone scenario 2 viser områdene 1, 2 og 3. Av Eline Grimsrud laget i ArcGIS Pro med datasettet til ELVIS (GeoNorge, 2024a).

En sone med trevegetasjon på 50 m mellom elv og jordbruk vil føre til store tap av produktivt jordbruksareal og dermed økonomisk tap. En grasvegetasjon på 10 m vil skape mindre arealkonflikt.

En kantsone på 50 m gir størst flomsikring (Mason-McLean, 2020), men det vil også oppstå store arealkonflikt grunnet tap av jordbruksareal. I den videre diskusjonen har jeg derfor valgt å diskutere scenario 2.

4.2.2 Fordeler og ulemper

4.2.2.1 Fordel

All form for kantvegetasjon vil gi en flomsikringseffekt (Nordrum et al., 2020). Den økte ruheten i elven vil redusere vannhastigheten og dermed erosjonspotensialet (Mason-McLean, 2020; Nordrum et al., 2020). Ved å redusere erosjon, reduseres også sedimenter som kan bli transportert og masseavsetning lenger ned i elva kan dermed bli mindre (kapittel 2.1.2). Dette vil føre til mindre elvebunnsheving, som er et svært relevant problem i Kaldvella og trolig en bidragsyter til flomproblematikken (C. Mevik, pers. kom., 2024; Multiconsult, 2023).

Kostnad rundt etablering av kantvegetasjon er usikker, men trolig lav da etablering av, spesielt gras, er kostnadseffektiv. Vedlikehold og opprydning kan ta tid og dermed penger, men opprydning ville uansett blitt gjennomført grunnet flomskader.

Kantvegetasjon er flomsikring som er billig samtidig som det opprettholder biodiversitet og økosystemtjenester (Forbes et al., 2015; NIBIO, 2020; Staubo et al., 2019).

4.2.2.2 Ulemper

Ved stor vannføring er det fare for at vegetasjon og trær blir revet opp og fraktet med vannet. Videre kan store og tunge trær helle ut mot elven og etter hvert kan flomvann komme mellom røtter og jord og erodere slik at trær raser ut i elva. Når vegetasjonen forsvinner blir stabiliseringsevnen til røttene borte og jorden blir utsatt for flomvann og erosjon, noe vi har sett i tidligere flomhendelser. Vegetasjon i elven kan skape drivved som kan blokkere vannløpet og skape lokal oversvømmelse (Ruiz-Villanueva et al., 2014).

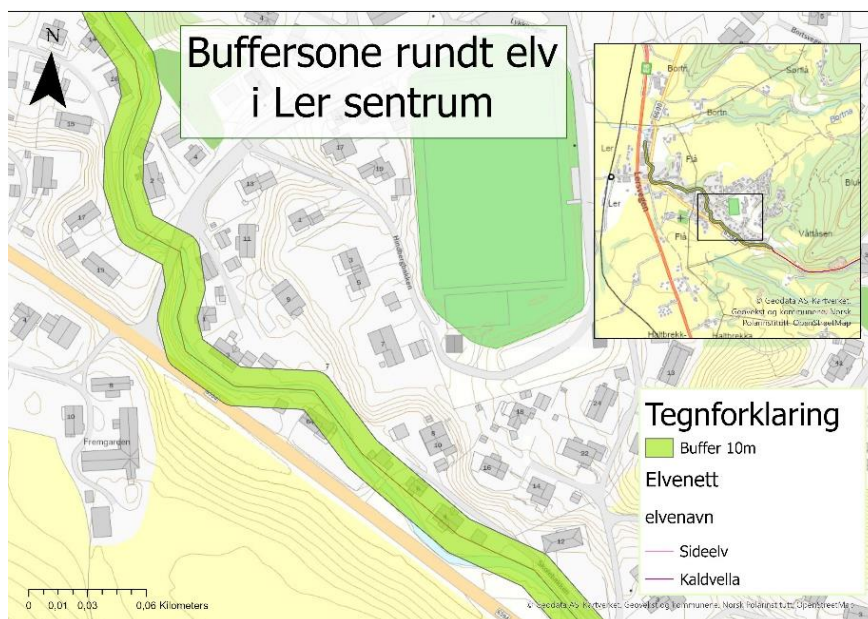
For å forebygge dette kan vegetasjonen friseres og vedlikeholdes slik at store trær ikke blir stående. Det er likevel fare for at vegetasjon vil bli dratt med i store flommer, da vannet har stor kraft. Derfor er det viktig å velge resistente vegetasjonstyper og forankre disse i tillegg, for å redusere sjansen for mer drivved.

Lokal oversvømmelse som følge av drivved som blokkerer vannstrømmen er et umiddelbart problem som kan skape store skader før mannskap kan rydde det vekk.

Det er ikke plass til 10 m med kantvegetasjon alle steder i Ler sentrum (figur 24 og figur 25) og det kan hende bøndene ikke er villig til å gi fra seg jordbruk til kantvegetasjonsbruk. Kantsonen vil dermed være smalere i flere områder og dermed ha mindre effekt. Dersom noe bebyggelse eller veier skal flyttes for å få plass til kantvegetasjon vil dette være dyrt og skape arealkonflikter.



Figur 24. Bruaplassen 6 på vestre siden i bilde. Viser liten plass til kantvegetasjon i Ler sentrum. Av Eline Grimsrud



Figur 25. Buffersone på 10 m i Ler sentrum overlapper med flere bygninger. Laget i ArcGIS Pro av Eline Grimsrud med datasett til ELVIS (GeoNorge, 2024a).

Det er mange faktorer som spiller inn når det gjelder virkningsgrad av kantvegetasjon som flomsikring, og det trengs mer forskning på dette feltet for å oppnå kunnskap (Nordrum et al., 2020). Derfor kan det være vanskelig å vurdere virkningsgraden av dette tiltaket, men jeg har forenklet det for å vise en mulig virkningsgrad.

4.2.3 Vurdering av virkningsgrad

Tabell 6 viser hvilken andel av nedbørsfelt som blir tatt opp av kantvegetasjon i de forskjellige scenarioer med gras- og trevegetasjon langs elva. Tabell 7 viser virkningsgrad av etablering av 10 m grasvegetasjon i scenario 2.

Tabell 6. Areal av etablering av kantvegetasjon for scenario 1 og scenario 2. Av Eline Grimsrud.

	Vegetasjons buffer	Areal	Prosentvis del av nedbørsfeltet
Scenario 1	10 m grasvegetasjon	0,3 km ²	1,2%
	50 m trevegetasjon	1,2 km ²	5,0%
Scenario 2	10 m grasvegetasjon	0,5 km ²	2,2 %

Tabell 7. Virkningsgrad av scenario 2. Av Eline Grimsrud.

	Resterende flomvann etter reduksjon med 7%	7% av Q er lik
Q200	21,7 m ³ /s	1,6 m ³ /s
Q5	13,1 m ³ /s	1,0 m ³ /s
Q _M	10,3 m ³ /s	0,8 m ³ /s

Dersom dette tiltaket reduserer en Q200 (23,3 m³/s) med 7 % ville det bli nær en Q100 (21,7 m³/s) i stedet. 7 % er ikke mye når det gjelder store skadeflommer. Kaldvella er utsatt for mange mindre flomhendelser, og i disse tilfellene kan kantvegetasjon som flomsikring være nyttig.

Sammenliknet med tradisjonell flomsikring som en dam i Langvatnet, der Multiconsults estimerte at det ville redusere flom fra Q200 til Q5, er ikke en reduksjon fra Q200 til Q100 mye. Men dette kan være hjelpsomt på mindre flommer, som er hyppig i Kaldvella. Videre kan det være et godt tiltak i kombinasjon med tradisjonelle tiltak, grunnet økosystemtjenester og erosjonskontroll. Men arealkonflikter kan komme i veien for dette.

4.3 Fremtidig arbeid

En grundigere kvantifisering av virkningsgrad til de ulike tiltakene vil redusere usikkerheter og feilkilder grunnet forenkling av modeller i denne oppgaven.

Dette kan gjøres ved grundigere befaring og feltarbeid. Der en gjør ulike målinger av areal, hydrologi, infiltrasjonsevne m.m. av myr og kantvegetasjon. Deretter grundigere modellering

av flomsikringseffekten i Kaldvella nedbørsfelt med Hec-HMS, Hec-RAS eller SWAT. Videre kan ulike tiltak testes i laboratoriet i redusert størrelse.

5 Oppsummering og konklusjon

Klimaendringer fører til flere og kraftigere regnflommer, der små og urbane elver er sterkt påvirket av økning i avrenning (Hisdal et al., 2021; Miljødirektoratet, 2023a; NVE, 2019, 2022b). Kaldvella i Ler, Melhus kommune, faller inn under små og flomutsatte vassdrag. Mye av flomproblematikken i dette nedbørsfeltet kommer av lokalitet og plassmangel. Ler sentrum er lokalisert på en flomslette og bebyggelse og veier ligger svært nær elven. Dette gjør det krevende å iverksette flomsikringstiltak. God arealplanlegging er viktig for å forhindre flomskader, men dette er krevende i Ler sentrum siden byen allerede er bygd på en flomslette.

Denne bacheloroppgaven presenterer to naturbaserte flomsikringstiltak (NBF), restaurering av myr og etablering av kantvegetasjon, og vurderer deres effekt og verdi som flomsikringstiltak i Kaldvella nedbørsfelt.

Flomsikringskategorien til restaurering av myr er flomdemper. Bieffektene til tiltaket er ulike økosystemtjenester og opprettholdelse av biodiversitet, og kostnaden er varierende. Nedbørsfeltet til Kaldvella består av 3.3 km² myr, der 0.7 km² er drenert. Restaurerbar myr i studieområdet er da 3 % av nedbørsfeltet. For å vurdere virkningsgraden av dette NBF-tiltaket er det utviklet en svært forenklet modell.

Modellen viser teoretisk effekt av restaurert myr som flomdemper basert på de valgte inngangsverdiene. Dette er kun for å illustrere potensialet til myr som flomdempingstiltak i Kaldvella nedbørsfelt, da resultatene fra modellen inneholder mye usikkerhet.

Basert på modellen vil restaurert myr i Kaldvella maksimalt redusere en Q200 til en Q100, minimalt vil den redusere Q200 med 0.02 % som er en ubetydelig endring. Effekten på mindre flomhendelser, slik som Q5 eller Q_M er mer betydelig.

Videre tyder flere kilder på at myr vil ha liten flomdempende effekt da den har et relativt konstant høyt vannspeil. Det er mye usikkerhet rundt effekten til myr som flomdemper, men det kan være et akseptabelt tiltak for Kaldvella da det kan minske mindre flomhendelser som er hyppige i nedbørsfeltet. Det erstatter likevel ikke tradisjonell flomsikring.

Flomsikringskategorien til etablering av kantvegetasjon er erosjonssikring og flomdemping. Bieffektene til tiltaket er økosystemtjenester og opprettholdelse av biodiversitet og kostnaden

er lav. Etablering av en grasdekt vegetasjonssone på 10 m i utvalgte steder mellom elv og bebyggelse, og elv og jordbruk vil kreve 0.5 km², altså 2.2 % av nedbørsfeltet. Basert på doktoravhandlingen til Mason-McLean (2020) kan dette muligens gi en reduksjon av maksimal vannføring på 7 %, altså redusere en Q200 til en Q100. Kaldvellas nedbørsfelt består av en del jordbruk og urbane områder som skaper mye overflateavrenning, samt et behov for erosjonssikring. Etablering av kantvegetasjon kan være et godt tiltak for Kaldvella og Ler da det ikke nødvendigvis trenger mye plass. Det erstatter likevel ikke tradisjonell flomsikring.

Multiconsult har foreslått å bygge en dam ved Langvatnet. De estimerte at dette tiltaket ville redusere flom fra Q200 til Q5, altså reduserer vannføringen med 39.9 % og koste mellom 15 og 25 millioner kroner.

Tiltakene jeg foreslår i denne oppgaven synes å ha liten effekt sammenliknet med Multiconsults forslag. Tradisjonell flomsikring er godt etablert, forsket på og har større flomsikringseffekt en NBF. Det betyr imidlertid ikke at NBF bør avskrives. Ved mindre flomhendelser kan NBF-tiltak være tilstrekkelig flomsikring. Det er relevant for Kaldvella der mindre flomhendelser forekommer hyppig. Dessuten er NBF-tiltak med på å opprettholde økosystemtjenester, biodiversitet og motvirke klimaendringer, mens tradisjonell flomsikring ofte er skadelig for økosystemer. Begge typer hovedtiltak kan benyttes i kombinasjon med hverandre.

Det bør forskes videre på NBF-tiltak. Dette kan gi NBF-tiltak muligheten til å utvikles, forbedres og kanskje en dag brukes på lik linje som tradisjonell flomsikring.

Referanser

- Artsdatabanken. (2016, 27. juni 2016). *Naturtyper*. Retrieved 16. april from <https://artsdatabanken.no/Pages/213272>
- Artsdatabanken. (2017). *Vassdragsregulering*. Retrieved 12. mai from <https://www.artsdatabanken.no/Pages/235291/Vassdragsregulering>
- Artsdatabanken. (u.å). *Våtmark*. Retrieved 16. april from <https://www.artsdatabanken.no/pages/259099>
- Bjerkelund, I. O. (2022, 24. mai). *Hvordan påvirker klimaendringene framtidens flommer?* <https://www.mn.uio.no/geo/studier/geopraksis/2022/Hvordan-pavirker-klimaendringene-framtidens-flommer.html>
- Braskerud, B. C., Hoseth, K. A., Israelsen, T., Kval, T., Myrabø, S., Nordlien, S.-H., & Skauge, J. (2014). ” Kvistdammer” i Slovakia. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_28.pdf
- Forbes, H., Ball, K., & McLay, F. (2015). *Natural Flood Management Handbook*.
- GeoNorge. (2024a). *ELVIS elvenett*. <https://register.geonorge.no/inspire-statusregister/elvis-elvenett/3f95a194-0968-4457-a500-912958de3d39>
- GeoNorge. (2024b). *Løsmasser WMS 2*. <https://kartkatalog.geonorge.no/metadata/loesmasser-wms-2/1e3fab7c-a5c3-4534-923c-b6ecace61ea8>
- GOV.UK. (2022). *Research and analysis*
- Natural Flood Management Programme: evaluation report*. Retrieved 24. januar from <https://www.gov.uk/government/publications/natural-flood-management-programme-evaluation-report/natural-flood-management-programme-evaluation-report>
- Hind, L. J. (2018, 08.september). *Omgraving av myr er fortsatt aktuelt*. Retrieved 30. april from <https://www.nibio.no/nyheter/omgraving-av-myr-er-fortsatt-aktuelt>
- Hisdal, H., Vikhamar-Schuler, D., Førland, E. J., & Nilsen, I. B. (2021). Klimaprofiler for fylker. *Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. Norsk klimaservicesenter.
- Holden, J., Chapman, P., & Labadz, J. (2004). Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Progress in physical geography*, 28(1), 95-123. <https://doi.org/https://doi.org/10.1191/0309133304pp403r>
- Institutt for biovitenskap. (2011, 8. januar 2024). *Myr*. Universitetet i Oslo. Retrieved 16. april from <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/m/myr.html>

- Institutt for biovitenskap. (2023). *Tørkestress*. Retrieved 10. mai from <https://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/t/torkestress.html>
- Juarez, A., Alfredsen, K., Stickler, M., Adeva-Bustos, A., Suarez, R., Seguí-García, S., & Hansen, B. (2021). A conflict between traditional flood measures and maintaining river ecosystems? A case study based upon the river Lærdal, Norway. *Water*, 13(14), 1884. https://doi.org/https://ui.adsabs.harvard.edu/link_gateway/2021EGUGA..23.9838J/doi:10.5194/egusphere-egu21-9838
- Kyrkjeide, M. O., Lunde, L. M. F., Lyngstad, A., & Molværsmyr, S. (2021). *Restaurering av myr. Overvåking av tiltak i 2021* (2051). <https://brage.nina.no/nina-xmllui/bitstream/handle/11250/2831816/ninarapport2051.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Labadz, J., Allott, T., Evans, M., Butcher, D., Billett, M., Stainer, S., Yallop, A., Jones, P., Innerdale, M., Harmon, N., Maher, K., Bradbury, R., Mount, D., O'Brien, H., & Hart, R. (2010). Peatland Hydrology. https://www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/sites/www.iucn-uk-peatlandprogramme.org/files/Review%206%20Peatland%20Hydrology_0.pdf
- Lane, S. N. (2017). Natural flood management. *WIREs Water*, 4(3), e1211. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/wat2.1211>
- Magnussen, K., Wifstad, K., Seeberg, A. R., Aarrestad, P. A., Hagen, D., Rusch, G., Løset, F., Sandsbråten, K., Bakken, S. E., Stålhammar, K., & Banach, A. (2017). Naturbaserte løsninger for klimatilpasninger. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2017/oktober-2017/naturbaserte-losninger-for-klimatilpasning/>
- Mason-McLean, L. (2020). *Riparian buffer strips and their effectiveness as a natural flood management measure* [Heriot-Watt University]. <http://hdl.handle.net/10399/4305>
- Melhus kommune. (2021). *REFERAT DEBRIEFING – FLOM I KALDVELLA. Intern rapport*.
- Melhus kommune. (2022a). *Flomhendelse 16.-17. september 2022 – Kaldvella – Oppsummering. Intern rapport*.
- Melhus kommune. (2022b). *Sikringstiltak i Kaldvella*. Retrieved 16. februar from <https://www.melhus.kommune.no/sikringstiltak-i-kaldvella.582991.no.html>
- Miljødirektoratet. (2021). Plan for restaurering av våtmark i Norge (2021-2025); Med mål om reduserte klimagassutslipp, tilpasning til klimaendringene og bedret økologisk tilstand.

- <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/april-2021/plan-for-restaurering-av-vatmark-i-norge-2021-2025/>
- Miljødirektoratet. (2023a). *Klimautfordringer; Klimaendringene gir nye og endrede utfordringer for natur og samfunn*.
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpasning/klimatilpasning-krever-kunnskap/klimautfordringer/>
- Miljødirektoratet. (2023b). *Restaurering av natur*. Retrieved 16. april from
<https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/arter-naturtyper/naturrestaurering/>
- Multiconsult. (2023). *Kaldvella gjennom Ler sentrum - tiltak mot flom og is - Melhus kommune*.
- Narmilan, A. (2018). Structural measures for flood risk mitigation in the agricultural field: a review. <http://ir.lib.seu.ac.lk/handle/123456789/3348>
- NEVINA. (2024). <https://nevina.nve.no/>
- NIBIO. (2020, 09. oktober). *Kantsoner*. Retrieved 05. mars from
<https://www.nibio.no/tema/miljo/tiltaksveileder-for-landbruket/vannmiljotiltak/kantsoner>
- NIBIO. (2024a). *AR5*. Retrieved 17. april from
<https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5>
- NIBIO. (2024b). *Filnedlasting - bestilling*. <https://kart8.nibio.no/nedlasting/dashboard>
- NIBIO. (2024c). *Klassifikasjonssystem AR5*. the Groundwater Project. Retrieved 06. mai from
<https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressurskart-ar5/klassifikasjonssystem-ar5>
- Nilsson, C., & Berggren, K. (2000). Alterations of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation: Dam operations have caused global-scale ecological changes in riparian ecosystems. How to protect river environments and human needs of rivers remains one of the most important questions of our time. *BioScience*, 50(9), 783-792.
[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2000\)050\[0783:Aorecb\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2000)050[0783:Aorecb]2.0.Co;2)
- Nordrum, R., Jensen, O. A., Lindgaard, A., & Nilsen, J. E. (2020). *Skog som vern mot naturfarer - Kunnskapssammenstilling og tilpasning til Natur i Norge (NiN)*.
https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_20.pdf
- Norgeskart.no. (2024).
<https://norgeskart.no/#!?project=norgeskart&layers=1002&zoom=3&lat=7197864.00&lon=396722.00>

- NVE. (2016). *Urbanhydrologiske målinger*. Retrieved 22. april from <https://www.nve.no/vann-og-vassdrag/hydrologiske-data/maalinger-og-maalenett/urbanhydrologiske-malinger/>
- NVE. (2019). Modul F1.300: Mulige tiltak mot flom og oversvømmelse. <https://veiledere.nve.no/sikringshandboka/moduler/modul-f1-300-mulige-tiltak-mot-flom-og-oversvømmelse/#pageSection-0>
- NVE. (2020, 17.06.2021). *Elvenettverk / ELVIS*. NVE. Retrieved 17. april from <https://www.nve.no/kart/kartdata/vassdragsdata/elvenettverk-elvis/>
- NVE. (2021). *Om kartlegging av fare for kvikkleireskred*. Retrieved 22. april from <https://www.nve.no/naturfare/utredning-av-naturfare/om-kart-og-kartlegging-av-naturfare/om-kartlegging-av-fare-for-kvikkleireskred/>
- NVE. (2022a). NEVINA; Beregninger av lavvannsindekser og flomverdier; Brukerveiledning. https://nevina.nve.no/help/Brukerveiledning_NEVINA_versjon_3.pdf
- NVE. (2022b). *Regnflom*. Retrieved 18. april from <https://www.nve.no/naturfare/laer-om-naturfare/flom/regnflom/>
- NVE. (2022c). Sikkerhet mot flom; Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf
- NVE. (2023, 14. mars). *Kartlegging av kritiske punkt i bekker og vassdrag*. Retrieved 13. februar from <https://www.nve.no/naturfare/oekonomiske-stoetteordninger-til-miljoetiltak-kartlegging-og-sikring-mot-naturfare/kartlegging-av-kritiske-punkt-i-bekker-og-vassdrag/>
- Price, J. S., McCarter, C. P. R., & Quinton, W. L. (2023). Groundwater in Peat and Peatlands. <https://doi.org/https://doi.org/10.21083/978-1-77470-015-0>
- Reite, A. J. S., Harald; Eriksen, Eyolf. (1999). GRÅSTEINEN. <https://www.ngu.no/publikasjon/trondheim-fra-istid-til-natid-landskapshistorie-og-losmasser>
- Ruiz-Villanueva, V., Bodoque, J., Díez-Herrero, A., & Bladé, E. (2014). Large wood transport as significant influence on flood risk in a mountain village. *Natural hazards*, 74, 967-987.
- Statsforvalteren i Innlandet. (2024). *Myrrestaurering*. Retrieved 16. april from <https://www.statsforvalteren.no/innlandet/miljo-og-klima/restaurering-av-natur/myrrestaurering/>

Staubo, I., Carm, K., Høegh, B. Å., L'Abée-Lund, J. H., & Solheim, S. Å. (2019).

Kantvegetasjon langs vassdrag.

https://publikasjoner.nve.no/veileder/2019/veileder2019_02.pdf

Sulebak, J. R. (2018). *Landformer og prosesser*.

The Royal Society. (2014). *Resilience to extreme weather*. Royal Society.

<https://royalsociety.org/~media/policy/projects/resilience-climate-change/resilience-full-report.pdf>

Vedlegg

Vedlegg 1; Befaring i Kaldvella nedbørsfelt

Vedlegg 2; Epost med Caroline Mevik

Vedlegg 3; NEVINAs nedbørsfeltberegninger

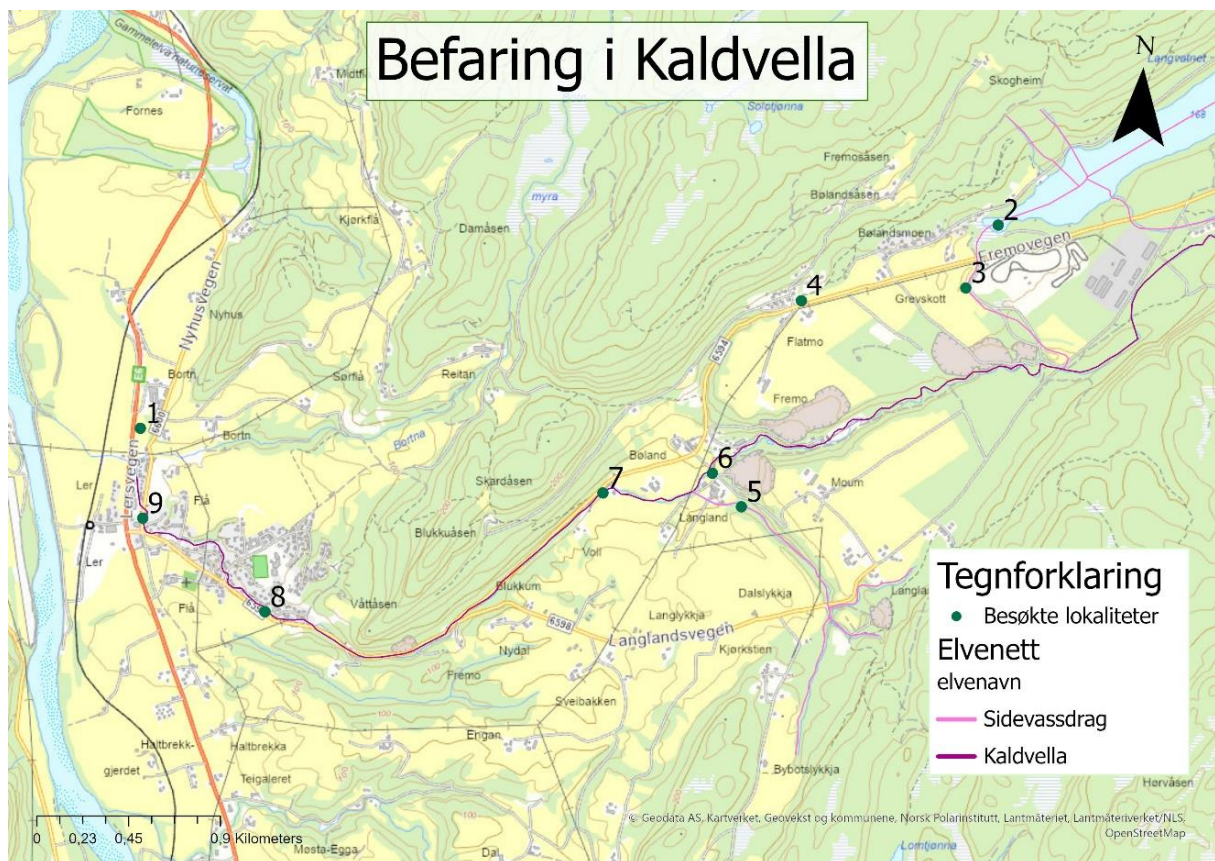
Vedlegg 1; Befaring i Kaldvella nedbørsfelt

Formål: Besøke studieområdet for å ta bilder og utforske områder der det er mulig å etablere naturbaserte flomsikringstiltak.

Informasjon

- **Dato for felt:** 04.03.2024
- **Deltakere:** Pascal Egli og Eline Grimsrud.
- **Tidsrom:** 12.30 til 15.00 (fra Dragvoll til Dragvoll, NTNU, Trondheim)
- **Vær og temperatur:** overskyet og 10 °C. Blåste lite, ganske stille. Mye is. Masse snø som hadde smeltet så det var en del vannføring i elva. Observerte «pooling» - der vann ligger på jordene, ikke pga. oversvømmelse, men smeltet snø/is som blir liggende i ei grop (pers. kom. P. Egli, 2024).

Lokaliteter



Figur V1 Kart over lokaliteter besøkt på befaring. Av Eline Grimsrud i ArcGIS Pro.

Vi kjørte fra Trondheim til Ler.

Lokalitet 1

Bilde av jordbruk ved Ler sentrum. Da jeg besøkte området var det mye is samlet der, men dette kan være fra «pooling» istedenfor fra flom.



Figur V2 Jordbruksområde. Av Eline Grimrud.

Lokalitet 2

Myren var dekket av snø og is, så det var vanskelig å se vegetasjon. Det virket som det var en fordypning og dermed mulighet for oppbevaring av vann i denne fordypningen. Det var et hus og en liten hytte som lå rett på kanten av denne fordypningen. Det var også litt vegetasjon og trær rundt fordypningen.



Figur V3 Myr nedenfor Langvatnet. Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 3

Elven lå under bakken og dermed ikke aktuell for etablering av kantvegetasjon. Motorklubben hadde bane her, og jeg observerte flere fordypninger her. Dette kan bli oversvømt ved en eventuell flom.



Figur V4 Elv under jorden. Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 4

Da vi kjørte forbi dette jordet så vi en del is liggende oppå. Dette er et mulig retensjonsområde for flom, men vanskelig med tanke på jordbruk og arealkonflikter.



Figur V5 Jordbruksområde. Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 5

Eksisterende vegetasjon i form av ravine-landskap. Mye vegetasjon og større trær. Grunn elv, med store sedimenter. Potensiell problematikk med drivved. Flere pinner lå i elva da vi var der. Landskapet var veldig bratt, det kan dermed være rask overflateavrenningen her. Det lå et hus like nedenfor ravinen, her lå elven svært tett på huset. Elven var grunn og smal så oversvømmelse skjer trolig raskt her.



Figur V6 Ravine-landskap langs elven. Av Eline Grimsrud.



Figur V7 Elv ved siden av bebyggelse. Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 6

Stor vannføringen her. Elven gikk under ei bru. Observerte «step pools» her.



Figur V8 Elv under bru med synlige «step pools». Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 7

Lite vegetasjon langs elveløpet, men det eksisterte noen trær og gras. Bura like ved hadde en flate av betong langs elvebunnen for å skape høyere vannhastighet under brua slik at drivved ikke skulle sette seg fast. På siden av elven var det bratt terreng med jordbruk og det er sikker mye overflateavrenning her.



Figur V9 Vegetasjon langs elvebredden. Av Eline Grimsrud.



Figur V 10. Bratt terreng og jordbruk like ved elveløpet. Av Eline Grimsrud.

Lokalitet 8

Parkeringsplass stod relativt ubrukt og dette kunne blitt benyttet til å gi elva mer plass, som retensjonsområdet eller oppbevaring i form av permeable terskeldammer. Bilder av sedimentstørrelse ble tatt. Sedimentene var svært heterogene, varierende fra sand og kanskje silt til stor stein. Blokker ble også observert, men trolig er disse plassert der som flomsikringstiltak.



Figur VII. Parkeringsplass like ved elvebredden. Av Eline Grimsrud.



Figur V12. Sedimenter i Kaldvella ved lokalitet 8. Av Eline Grimsrud.



Figur V13. Sedimenter i Kaldvella ved lokalitet 8. Av Eline Grimsrud.



Figur V14. Sedimenter i Kaldvella ved lokalitet 8. Av Eline Grimsrud.



Figur V15. Store blokker i elvekanten. Trolig plassert der som et flomsikringstiltak.

Lokalitet 9

Det er vanskelig å etablere NBF her fordi det er så trangt om plassen. Da vi var der så vi en plakat om nye bygg som skulle på plass.



Figur V16. Plakat av planer om utbygging i Ler sentrum. Av Eline Grimsrud.

Vedlegg 2; Epost med Caroline Mevik

17.04.2024, 15:16

E-post – Eline Grimsrud – Outlook

Sv: Tidligere flomhendelser i Kaldvella

Caroline Mevik <Caroline.Mevik@melhus.kommune.no>

on. 06.03.2024 13:41

Til:Eline Grimsrud <elingri@stud.ntnu.no>

Kopi:Pascal Emanuel Egli <pascal.e.egli@ntnu.no>

Hei Eline!

Det er veldig spennende at du har Kaldvella som ditt studieområde i bacheloroppgaven din. Forstår at du allerede har vært i kontakt med Anne Bruland Høyen i NVE om det planlagte sikringstiltaket og sikkert fått litt informasjon fra henne?

Det er NVE som utreder og bistår kommunen med planlegging, prosjektering og gjennomføring av sikringstiltak. Per nå er vi fremdeles i utredningsstadiet og har ikke landet på valg av sikringsalternativ enda, men vi nærmer oss. Det har blitt utarbeidet rapporter fra hydrologi/vassdragsteknikk og miljø, disse kan du spørre NVE om å få oversendt, hvis du ikke allerede har gjort det.

Det stemmer at det har vært flere flomhendelser i Kaldvella de siste årene. Siste flomhendelser (alle med påfølgende oversvømmelser):

- 2019, september
- 2021, august
- 2022, januar (ekstremværet "Gyda")
- 2022, september

I september 2023 fjernet vi sedimenter i elva som et strakstiltak i påvente av det permanente sikringstiltaket, i området oppstrøms/nedstrøms nye Litjksjeet bru. Dette på grunn av at det hadde bygget seg opp mye masser her slik at elvebunnen hadde hevet seg. Brua vet vi har lav flomkapasitet fra før, så sedimenter ble fjernet i forsøk på å gi elva mer kapasitet ved høy vannføring. Dette har nok gitt en effekt, da vi ikke har hatt oversvømmelser i Ler sentrum etter dette. Men vi ser samtidig at masser har bygget seg opp på elvebunnen igjen etter kort tid. Så det er tydelig at det foregår mye sedimenttransport i elva.

Det er positivt at det transporteres mye elvegus ut til Gaula (som har mangel på dette), men det fører også til økt sedimentasjon i Kaldvella med påfølgende oversvømmelser og skader på bebyggelse/infrastruktur.

Jeg kan gi dere tilgang til litt bilder og skaderapporter fra augustflommen i 2021 og septemberflommen i 2022 via [denne koblingen](#). Skaderapporter og debriefingsreferater er merket som INTERN, dvs at de ikke kan publiseres eller gjengis i sin helhet. Men dere kan hente informasjon fra dem, når bacheloroppgaven skal skrives. Navn i referater kan ikke gjengis av personvern hensyn. Bruk av bilder krediteres med Melhus kommune.

Bare ta kontakt om du lurer på noe eller trenger mer informasjon.

Med vennlig hilsen,



MELHUS
KOMMUNE | Teknisk drift

Caroline Mevik
rådgiver naturfare

17.04.2024, 15:16

E-post – Eline Grimsrud – Outlook

Mobil 41501660

www.melhus.kommune.no

Fra: Eline Grimsrud <elingri@stud.ntnu.no>

Sendt: fredag 1. mars 2024 09:56

Til: Caroline Mevik <Caroline.Mevik@melhus.kommune.no>

Kopi: Pascal Emanuel Egli <pascal.e.egli@ntnu.no>

Emne: Tidligere flomhendelser i Kaldvella

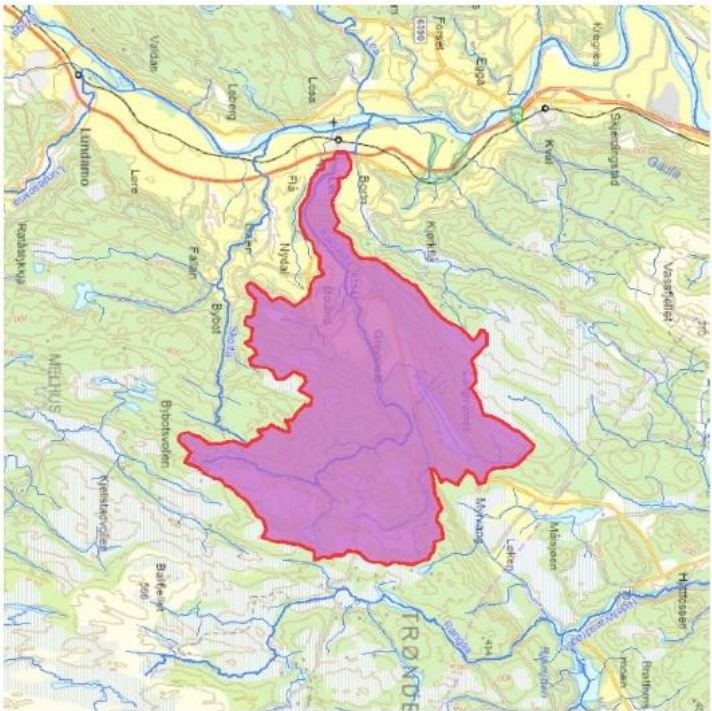
Hei,

Jeg ser etter informasjon om tidligere flomhendelser i Kaldvella. Jeg leste at det hadde vært en flom i 19. sept. 2022 og ønsker gjerne mer informasjon av omfang og ødeleggelse.

Jeg legger ved min veileder i kopi.

Mvh Eline Grimsrud

Vedlegg 3; NEVINAs nedbørsfeltberegninger



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Kartbakkgrunn: Statens Kartverk
Kartdatum: EUREF89 WGS84
Projeksjon: UTM 33N
Beregn punkt: 263855 E
7016409 N

Nedbørsfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.
Resultatene må kvalitetstjekkes.

Nedbørsfeltparametere

Vassdragsnr.: 122.A4Z
Kommune.: Melhus
Fylke.: Trøndelag
Vassdrag.: Kaldvella

Feltparametere		
Areal (A)	23.3	km ²
Effektiv sjø (A _{SE})	0.71	%
Elvleengde (E _L)	12.0	km
Elvegradient (E _G)	32.1	m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (E _{G,1085})	39.4	m/km
Helning	10.5	°
Dreneringstetthet (D _T)	1.3	km ⁻¹
Feltlengde (F _L)	8.0	km

Arealklasse		
Bre (A _{BRE})	0	%
Dyrket mark (A _{JORD})	9.1	%
Myr (A _{MNR})	6.3	%
Leire (A _{LEIRE})	9.8	%
Skog (A _{SKOG})	76.1	%
Sjø (A _{SJO})	3.2	%
Snaufjell (A _{SF})	0	%
Urban (A _U)	1.4	%
UKlassifisert areal (A _{NEST})	3.8	%

Hypsografisk kurve		
Høyde _{MIN}	25	m
Høyde ₁₀	149	m
Høyde ₂₀	175	m
Høyde ₃₀	192	m
Høyde ₄₀	241	m
Høyde ₅₀	290	m
Høyde ₆₀	321	m
Høyde ₇₀	355	m
Høyde ₈₀	398	m
Høyde ₉₀	428	m
Høyde _{MAX}	525	m

Klima- /hydrologiske parametere		
Årsnøfall 1961-90 (Q _N)	20.5	l/s*km ²
Sommernedbør	415	mm
Vinternedbør	545	mm
Årstemperatur	3.7	°C
Sommertemperatur	9.8	°C
Vintertemperatur	-0.7	°C

