



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI



Fordrøyningsdammer i tilknytning til jordbruksarealer

Utvalg av egnete lokaliteter i 4 vannområder
Revidert rapport

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 16 | 2020



Jannes Stolte og Robert Barneveld

Divisjon for Miljø og naturressurser, avdeling Jordressurser og arealbruk

TITTEL/TITLE

Fordrøyningsdammer i tilknytning til jordbruksarealer

Revidert rapport

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Jannes Stolte og Robert Barneveld

DATO/DATE:

06.02.2020

**RAPPORT NR./
REPORT NO.:**

6/16/2020

TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:

Åpen

PROSJEKTNR./PROJECT NO.:

11233

SAKSNR./ARCHIVE NO.:

18/01179

ISBN:

978-82-17-02515-3

ISSN:

2464-1162

**ANTALL SIDER/
NO. OF PAGES:**

23

**ANTALL VEDLEGG/
NO. OF APPENDICES:**

3

OPPDRAKSGIVER/EMPLOYER:

Vannområde Morsa

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Carina Rossebø Isdahl

STIKKORD/KEYWORDS:naturbaserte løsninger, fordrøynning,
flomdempingnature based solutions, retention, flood
prevention**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

hydrologi

hydrology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Flom er et utbredt problem i Norge, særlig i snøsmeltingsperioder om våren og ved store nedbørmengder om høsten. Klimaendring i Norge betyr at det kan forventes større nedbørmengder og høyere nedbørintensitet. Dermed økes risikoen for både flom og erosjon, som fører til større skaderisiko for samfunnet. I små nedbørfelt er fordrøyningsdammer mest effektive for å redusere flomtoppene. Fordrøyningsdammene sitt formål er å håndtere kraftige nedbørepisoder for å forhindre flom og erosjon. Vannområdene Morsa, Glomma sør, Haldenvassdraget og Øyeren ønsker i samarbeid med NIBIO en tiltaksgjennomføring i landbruket for å dempe flomtoppene og unngå erosjon. Prosjektet har som mål å bidra til at tiltak forskningen har funnet effektive, blir tatt i praktisk bruk. Aktuelle områder ble identifisert med bruk av en beslutningssystem. Terrenganalysen resulterte i totalt 492 potensielle lokaliteter i de fire vannområdene. I mars 2019 har prosjektgruppen vurdert lokale forhold og egnethet til åtte potensielle lokaliteter i Spydeberg, Hobøl og Trøgstad kommune. Basert på feltvurderingen og samtale med grunneiere er det 4 områder som er aktuelt å jobbe videre med. En terrenganalyse på denne romslige skalaen gir et bra utgangspunkt for vurdering av enkelte lokaliteter. Feltbesøk har vist at plasseringer av damarealet som resultat av modellen ofte er riktige. En beregning av avrenning med bruk av LISEM modellen viste at for 3 av 4 feltene fordrøyningsområder med demning var svært effektive for å redusere flomtappen, særlig for relativ mindre nedbørepisoder. For ett av feltene ble det funnet en liten effekt, antakeligvis på grunn av en lokal forsenkning i terrenget oppstrøms av dammen.

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Akershus
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Ås
STED/LOKALITET: Ås

GODKJENT /APPROVED



ROALD SØRHEIM

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



JANNES STOLTE



Innhold

1	Innledning	5
1.1	Bakgrunn.....	5
1.2	Målsetning	7
2	Metoder	8
2.1	Områdebeskrivelse	8
2.1.1	Morsa	8
2.1.2	Glomma Sør	8
2.1.3	Øyeren.....	9
2.1.4	Haldenvassdraget.....	9
2.2	Identifisering av lokaliteter.....	10
2.3	Dimensjonering.....	10
2.4	Utformingen av fordrøyningsdammer.....	11
2.5	Vurdering av egnhet	12
2.6	Hydrologiske effektivitet	14
3	Resultater.....	17
3.1	Identifisering og nedbørsfelt	17
3.2	Dimensjonering.....	17
3.3	Feltvurdering	18
3.4	Utvalg.....	19
3.5	Kostnadsoverslag.....	19
3.6	Hydrologiske effektivitet	20
4	Konklusjoner	22
	Litteraturreferanse	23
	Appendix 1. Beskrivelse og lokalisering av utvalg	24
	Appendix 2. Beskrivelse og lokalisering av ikke utvalgte lokaliteter.....	28
	Appendix 3. Beregnetet vannføringskurver for 4 områder og 4 nedbørsepisoder	32

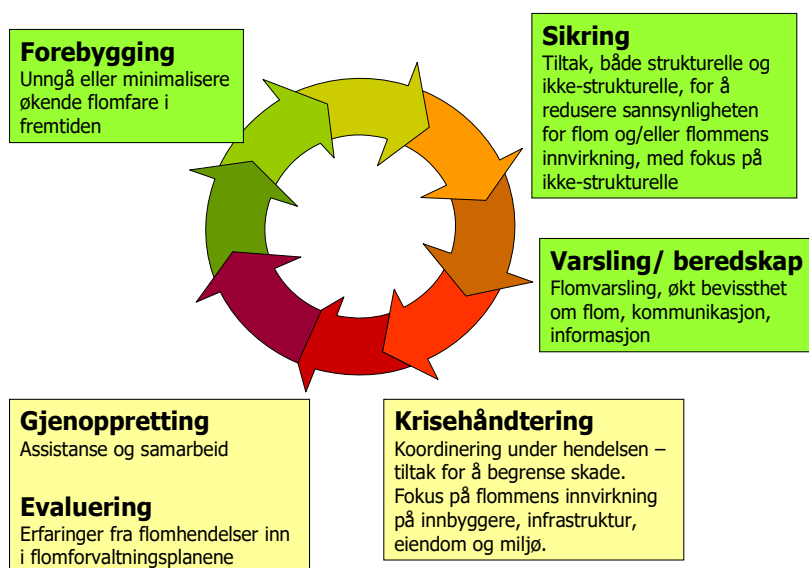
1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Flom er et utbredt problem i Norge, særlig i snøsmeltingsperioder om våren og ved store nedbørmengder om høsten. Klimaendring i Norge betyr at det kan forventes større nedbørmengder og høyere nedbørintensitet (Hansen-Bauer et al., 2015). Dermed økes risikoen for både flom og erosjon, som fører til større skaderisiko for samfunnet. Klimatilpasninger som tar utgangspunkt i naturbaserte løsninger for å forbedre vannkvalitet og dempe flom viser seg å være mer effektive og bærekraftige enn tradisjonelle tekniske, og prosjekterings-dominerte tiltak (e.g. SEPA, 2014). Denne tilnærmingen til problematikken krever en endring i paradigmet fra bare forsvar mot naturfarer til en mer adaptiv bruk og drift av naturlige ressurser (IUCN, 2016). Naturbaserte løsninger krever vanligvis større arealer enn lokale hydrotekniske tiltak, og man er avhengig av et godt samarbeid mellom grunneiere, kommuner, og andre interessenter for å oppnå ønsket reduksjon av flomrisiko og skadepotensial. (SNH, 2010).

I ExFlood prosjektet har det blitt undersøkt hvilke tiltak som kan dempe flom. Disse deles i organisatoriske og fysiske tiltak. Organisatoriske tiltak (totalt 66) kan deles inn i forebygging, sikring, varsling, krisehåndtering og gjenoppretting/evaluering (Fig. 1). Fysiske tiltak (totalt 101) kan deles inn i tiltak knyttet til bygninger, urbane områder, jordbruksområder og store infrastrukturelle tiltak.

Helhetlig flomforvaltning



Figur 1. Helhetlig håndtering av oversvømmelser kan deles i 5 trinn, og vil inneholde både organisatoriske og fysiske tiltak.

Både forskningen og vannområdene har i lengre tid hatt fokus på tiltak som kan redusere avrenningen fra jordbruksarealer, beholde matjorda på jordet og redusere de store flomtoppene i vassdragene.

En av løsningene er bruk av fordrøyningsdammer. Fordrøyningsdammene sitt formål er å håndtere kraftige nedbørepisoder for å forhindre flom og erosjon, og å sedimentere erodert materialer for å forbedre vannkvaliteten i en tilstøtende elv, bekk, innsjø eller bukt. Fordrøyningsdammer (eng: retention ponds) er lagt med bruk av en kunstig voll (f. eks. jordvoll eller gabionvoll), ofte med

vegetasjon. De kan etableres i bekkeløp eller elveløp, eller i terrenget ved siden av bekken, slik at vannet blir ledet dit kun i en flomsituasjon. Fordrøyningsdammer har smal utløpsterskel, eller bare en utløpsslisse, slik at vannstanden stiger raskt i dammen i en nedbørepisode. Slik vil de dempe flommene lenger nede ved å magasinere vann. Tiltaket vil først og fremst være nyttig i forbindelse med kortvarige ekstremepisoder, og ha mindre effekt ved langvarig regn; da vil fordrøyningsdammene være fylt opp og de virker ikke til ytterligere flomdemping.

I små nedbørfelt er fordrøyningsdammer mest effektive for å redusere flomtoppene. De anlegges vanligvis i skogen, rett oppstrøms landbruksarealer, hus eller annen infrastruktur, for å beskytte det gitte området. Små fordrøyningsdammer (eller retensjonsdammer) er lite studert i Norge, men det utføres nå forskning i regi av EU-prosjektet RECARE. Samt at det har vært noen grunneiere som har anlagt fordrøyningsdammer på sin eiendom.

Vannområdene arbeider aktivt med tiltaksgjennomføring i landbruket (i tillegg til i andre sektorer). I områdene der det er gjennomført omfattende tiltak i lang tid, ser en nå en bedring i vannkvaliteten. Det er likevel behov for ytterligere tiltak for å nå miljømålene i vannforekomstene, og med forventede klimaendringer er behovet for tiltak enda større. Vannområdene Morsa, Glomma sør, Haldenvassdraget og Øyeren ønsker derfor, i samarbeid med NIBIO, å se på muligheten for å gjennomføre tiltak utenfor selve jordbruksarealet som:

- i. Reduserer erosjonen på jordbruksarealet og dermed bevarer matjord og gir mindre avrenning til vassdragene
- ii. Bremser vannet ved nedbørshendelser, noe som bidrar til å redusere de store flomtoppene i vassdragene
- iii. Kan bidra positivt til biologisk mangfold ved at det skapes vannspeil i overgangen mellom jord og skog

Prosjektet er nært knyttet til vannområdenes prioriterte tiltak i henhold til lokale tiltaksanalyser, som illustrert i tabell 1. Tiltakene i tabellen er hentet fra lokal tiltaksanalyse for vannområde Morsa, men mange av tiltakene er også relevante for de andre vannområdene.

Tabell 1. Prioriterte tiltak i vannområde Morsa innenfor kategoriene "Avrenning fra landbruk" og "Biotoptiltak og hydromorfologi". Tiltaket som dette prosjektet spesifikt gjelder for er markert med mørk grønn farge, mens andre tiltak som indirekte har relevans er markert med lysere grønn.

Tiltak	Effekt	Kost/effekt (intervaller)	Prioritet
Avrenning fra landbruk			
Erosjonsklasse 2, 3 og 4 i stubb	Stor	Høy	1
Redusere fosforinnhold på korn- og engarealer til P-AL 7	Stor	Høy	1
Vegetasjonssoner langs vassdrag (bufferoner)	Stor	Høy	1
Grasdekte vannveier	Stor	Høy	1
Gras på særlig erosjonsutsatte og flomutsatte åkerarealer	Stor	Høy	1
Utbedring av hydrotekniske anlegg	Stor	Middels	1
Etablere fangdammer	Stor	Høy	1
Vedlikehold av fangdammer	Stor	Høy	1

Vannmiljørådgivning til bønder	Stor	Høy	1
Inngå miljøavtaler med bønder	Stor	Høy	1
Kontroll av gjødsellagre	Stor	Stor	1
Utbedre gjødsellager	Stor	Høy	1
Skjømte eksisterende kantvegetasjon langs vassdrag	Middels	Middels	2
Vurdere reetablering av kantvegetasjon langs vassdrag	Middels	Middels	2
Vurdere behov og metoder for overvannstiltak i landbruket			2
Biotoptiltak og hydromorfologi			
Erosjonssikring	Stor	Høy	1
Søke om endret manøvreringsreglement			1
Sikring og skjøtsel av bekkekanter	Middels - stor	Middels - høy	1-2
Vurdere flomforebyggende tiltak i Vansjø			2

Vannområdene har også fokus på overvannshåndtering fra urbane områder/tettsteder. Blant annet har utarbeidet vannområdene Glomma sør og Morsa i fellesskap en norm for overvannshåndtering for sine kommuner. Dette prosjekt skaper derfor en helhet ved at det setter fokus på fordroyning av vann også i landbruksarealene.

1.2 Målsetning

Prosjektet har hatt som mål å bidra til at tiltak forskningen har funnet effektive, blir tatt i praktisk bruk av forvaltningen ved å:

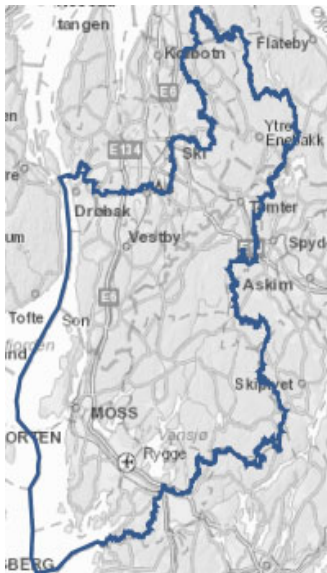
1. Utarbeide en effektiv metodikk for å kartlegge områder hvor naturbaserte løsninger mot flom og erosjon har høyest potensial med hensyn til flomdemping og å redusere erosjon.
2. Gjennom dialog med interessenter (grunneiere, kommuner) finne aktuelle områder for pilotprosjekter for å etablere denne typen tiltak.

Det er en ønske med ett område i hvert av de fire vannområdene. Når vi i samarbeid med interessentene har funnet aktuelle pilotområder, vil det bli utarbeidet en tiltaksplan for de aktuelle områdene som omfatter type tiltak, plassering, samt prosjektering med kostnadsoverslag. Det vil være et mål at tiltakene som foreslås og planlegges i pilotprosjektene skal realiseres gjennom SMIL-ordningen, og at områdene videre kan benyttes til å formidle nytten av slike tiltak samt vurdering av tiltakets effekt.

2 Metoder

2.1 Områdebeskrivelse

2.1.1 Morsa



Vannområdeutvalget Morsa er en videreføring av Morsa-prosjektet som startet opp i 1999 som et samarbeid mellom kommuner, regionale myndigheter og brukerinteresser for å bedre vannkvaliteten i Vansjø-Hobølvassdraget. Arbeidet ble fra 2007 organisert som et vannområdeutvalg innenfor Vannregion Glomma. Morsa var utpekt av miljøverndepartementet som et pilotprosjekt for praktisk gjennomføring av EUs Rammedirektiv for vann, men pilotfasen er over og vannområdet driftes på linje med alle andre vannområder. For dette området ble det utarbeidet en tiltaksanalyse allerede i 2001, og det er gjennomført omfattende tiltak for å bedre vannkvaliteten. I tråd med Vannforskriften som ble innført i 2007, ble området utvidet til også å omfatte kystområdene sør for Raet. Fra 2011 ble Hølenassdraget og kystområdene nord for Hølen innlemmet i vannområde Morsa. Ved den siste utvidelsen ble også tre nye kommuner med i vannområdet (total 11 kommuner).

Figur 2. Kart over Morsa vannområde

2.1.2 Glomma Sør



Glomma Sør er et samarbeid mellom de 11 kommunene Trøgstad, Spydeberg, Askim, Skiptvet, Eidsberg, Rakkestad, Sarpsborg, Råde, Fredrikstad, Hvaler og Halden. Glomma Sør startet opp i 2010 og støtter kommunene med organisering av vannforvaltningsarbeidet, kartlegging av forurensninger, tilstandsvurderinger av de ulike vannene, planlegging og gjennomføring av tiltak. Arbeidet med vannmiljø styres etter forskrift om rammer for vannforvaltningen (vannforskriften), som gjennomfører EUs vanddirektiv i norsk rett. Hovedformålet med vannforskriften er å sikre beskyttelse og bærekraftig bruk av vannmiljøet, og om nødvendig iverksette forebyggende eller forbedrende miljøtiltak for å sikre miljøtilstanden i ferskvann, grunnvann og kystvann. Vannforskriften legger opp til at det settes miljømål for alt vann (vannforekomster). Det generelle målet er at alle vannforekomster minst skal opprettholde eller oppnå "god tilstand" i tråd med nærmere angitte kriterier.

Figur 3. Kart over Glomma sør vannområde

2.1.3 Øyeren



Vannområde Øyeren ble opprettet januar 2012, og er et interkommunalt prosjektorgan som arbeider for å forbedre vannmiljøet etter Vannforskriftens føringer. Grovt avgrenset omfatter vannområdet de nærmeste nedbørsfeltene til vassdragene rundt Øyeren og Glomma i Akershus og Østfold, samt Glomma opp til Maarud i Hedmark. Vannområde Øyeren strekker seg over 1285 km² og krysser 13 kommunegrenser (se tabellen under) fordelt på fylkene Akershus, Østfold og Hedmark. Kommunene Enebakk, Fet, Nes, Sørum, Trøgstad og Ullensaker utgjør de største arealandelene. Alle kommunene bidrar til arbeidet for å gjøre et felles løft for vannmiljøet. Hovedutfordringene i vannområdets vassdrag er tilførsler av næringssalter, tilslamming og gjengroing. Vannområdet er mangfoldig, med alt fra små bekker i ravinelandskap under marin grense til skogssjøer med kalkfattig fjellgrunn. Glomma og Øyeren er de største resipientene i vannområdet.

Figur 4. Kart over Øyeren vannområde

2.1.4 Haldenvassdraget

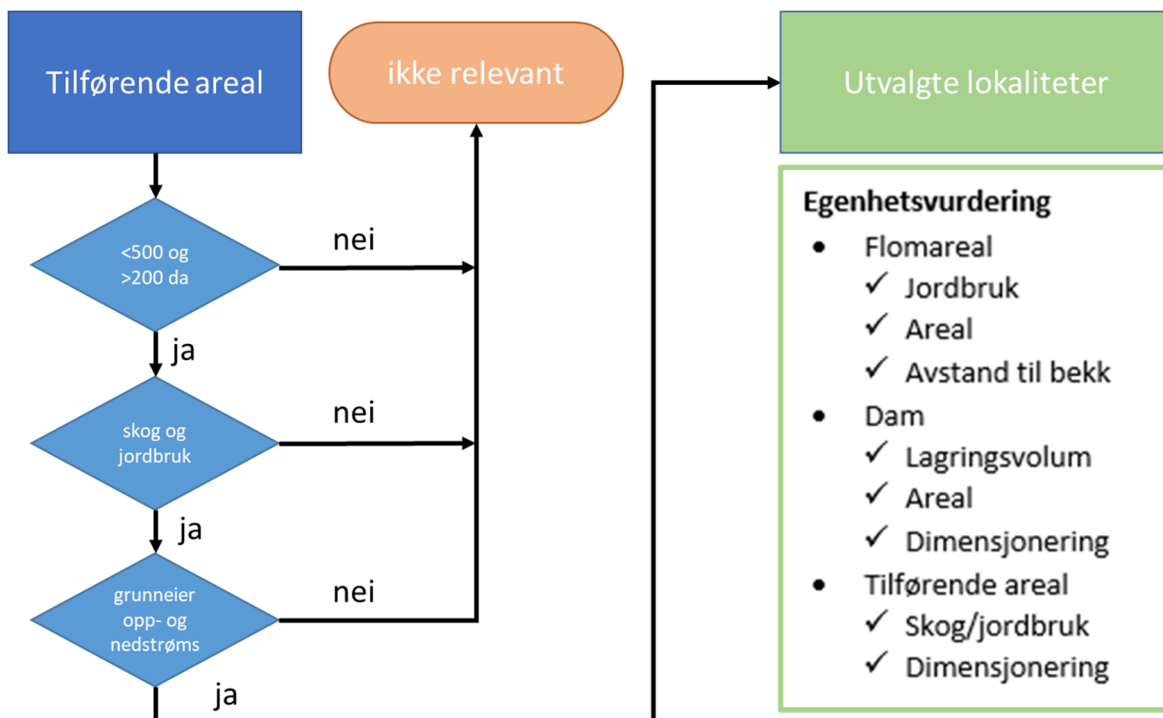


Haldenvassdraget løper gjennom 4 kommuner i to fylker før det renner ut i Iddefjorden. Vassdraget er totalt 150 km langt og består av 90 km med elveløp og 60 km med innsjøer. Det spesielle med dette vassdraget er store utfordringer med vannkvaliteten øverst og at vannet gradvis blir renere på sin vei mot Iddefjorden. Femsjøen, som siste store innsjø i løpet, er drikkevannskilde for befolkningen i Halden. Haldenvassdraget er et av de store elve- og innsjøsystemer i Østfold med et samlet nedbørsfelt på 1588 km². Kildene er ved Dragsjøhanken (268 moh.) sør for Årnes i Nes kommune i Akershus; utløpet er i Iddefjorden ved Halden. Vassdraget grenser mot Sverige i øst og er et typisk lavlandsvassdrag. Skog- og åslandskap sammen med utstrakte jordbruksområder på tidligere gammel havbunn (leire) preger nedbørsfeltet. Det karakteriseres ved store, forholdsvis grunne innsjøer (Bjørkelangen, Øgderen, Rødnessjøen, Øymarksjøen, Aremarksjøen, Asperen og Femsjøen) med korte elvestrekninger mellom. I Akershus ligger nedbørsfeltet hovedsakelig i Aurskog-Høland, mens det i Østfold omfattes av kommunene Marker, Aremark og Halden. Haldenvassdraget ble regulert med dammer, sluser og kanalisering allerede i 1850-70 med tanke på fløtning, båttransport og møllebruk.

Figur 5. Kart over Haldenvassdrag vannområde

2.2 Identifisering av lokaliteter

Det er mange flomutsatte arealer som kan beskyttes av fordrøyningsdammer. Vurderingen av kost/nytte er avhengig av formålet med dammen, og det er terrengets hydrologi som først og fremst bestemmer hvor den kan være effektiv. Skjemaet i Fig. 5 viser et eksempel på en fremgangsmåte for å identifisere damlokaliteter i en forholdsvis stor region (flere hundre kvadratkilometer).



Figur 5. Beslutningssystem for å identifisere potensielle lokaliteter til å anlegge en fordrøyningsdam

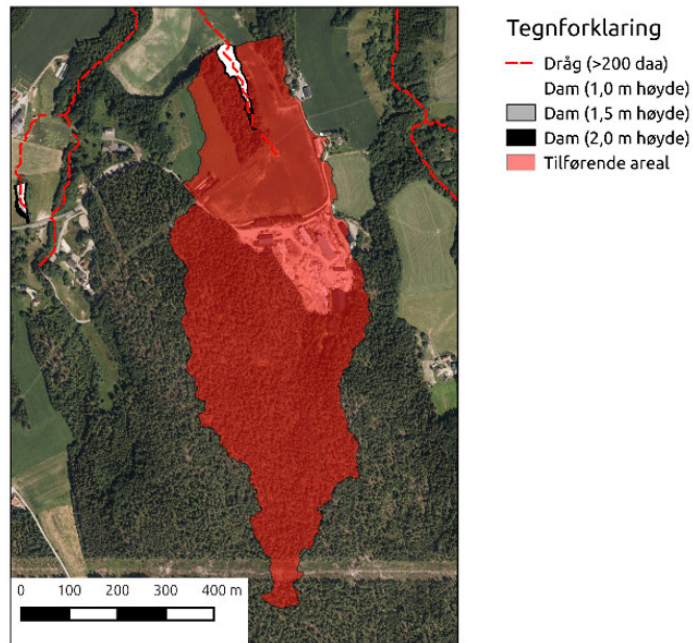
I første omgang identifiseres det steder der (1) vannet konsentreres (dråglinjer) og (2) der jordbruk grenser til skog og utmark. Beregning av tilførende areal er en første begrensning; areal skal ikke være større enn en viss terskelverdi (500 daa). Samtidig skal tilførende areal ikke være for lite, og i foreliggende prosjekt er en terskelverdi på 200 daa brukt. Dammen skal plasseres i skogsterreng for å unngå bruk av jordbruksareal. Lokaliteter der grunneieren oppstrøms og nedstrøms er den samme, i hvert fall delvis, anses som best egnet, spesielt m.h.p. planlegging.

2.3 Dimensjonering

Fordrøyningsdammer blir anlagt for å samle opp avrenning fra skogsområder for så å lede vannet i rør direkte ut i elva. Dimensjonene på dreneringsrøret avgjør vannføringen i avløpet ut til elva, noe som kan redusere vannføringen i elva. Overdimensjonerte utløp kan dermed forårsake økte flomtopper i elva. En måte å beregne utforming og effekten av fordrøyningsdammer på er ved bruk av hydrologiske modeller. Først lages en detaljert høydemodell for å beregne dammens nedbørfelt (Fig 6). Ved bruk av eksisterende modeller kan da effekten av demningen beregnes, altså hvilket volum demningen kan holde tilbake (Fig. 7). Ved å endre plassering og høyde på demningen, kan en tilpasse dammen, og øke eller minske volumet.

Prosjektet fokuserer på demninger i konsekvensklasse 0 (Damsikkerhetsforskriften §4-1).

Dimensjonering av demningen er derfor begrenset til en høyde på 2m og/eller et lagringsvolum på maksimalt 10,000 m³. I hver lokalitet er lagringsvolum med en 1m høy, en 1,5m høy og en 2m høy demning beregnet (Fig. 6.).



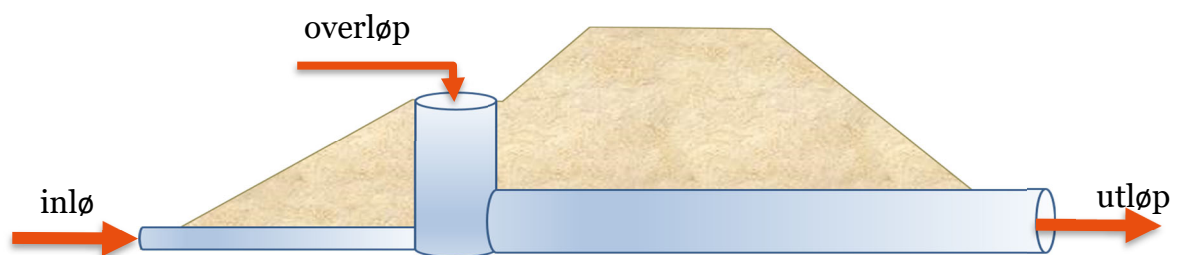
Figur 6. Beregning av nedbørfeltet basert på detaljert høydemodellen. Størrelsen av dammen vises ved forskjellige terskelhøyder.

2.4 Utformingen av fordrøyningsdammer

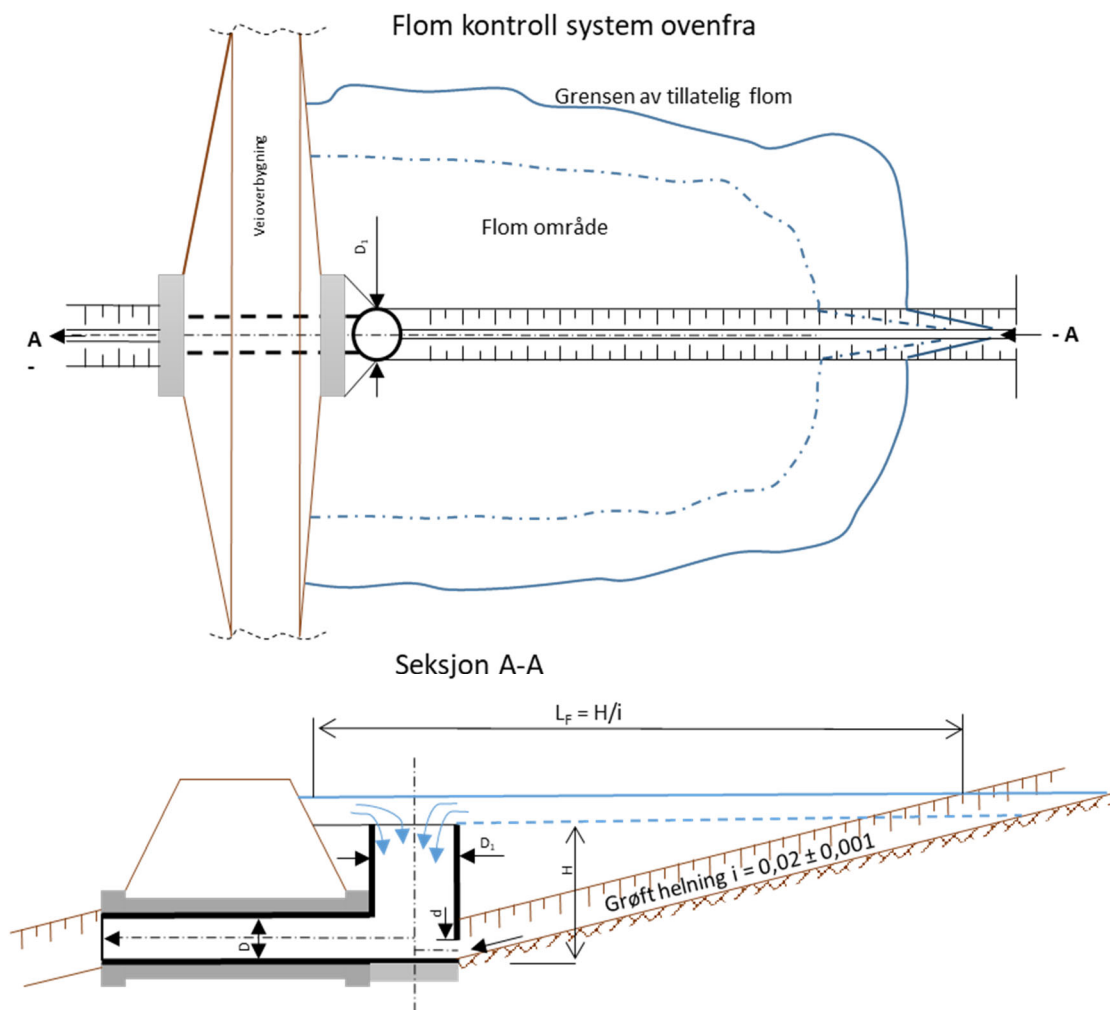
For å kunne etablere fordrøyningsdammer må en etablere en demning som kan holde tilbake vannet ved flom. Det må alltid være et utløp som er stort nok for normalvannføring, slik at volumet i dammen ikke brukes opp før en virkelig trenger det for å unngå flom. Ved en viss flomvannføring må utløpet begynne å begrense avløpet, slik at volumet i dammen begynner å fylles.

Det er mange mulige utforminger for å begrense utløpet. Vannet kan holdes tilbake ved at demningen er permeabel, ved at utløpet er innsnevret, eller ved at det legges rør gjennom en demning med begrenset kapasitet slik at røret tømmer bassenget i tørre perioder, men det er for lite når det kommer flom.

En må i tillegg ha et sikret avløp som fungerer når dammen er helt full, slik at en ikke får erosjonsskader når hele dammens volum er fylt, for eksempel et steinsikret overløp eller et større rør som ligger høyere oppe i demningen (Fig 8 og 9).



Figur 8. Oppbygging av demningen i en fordrøyningsdam



Figur 9. Detaljerte tegning av demningen i en fordrøyningsdam¹

Når det gjelder oppbygning av demninger for små dammer vises til NVE's veileder nr. 2/2006²

2.5 Vurdering av egnhet

Utvalget som er definert kan rangeres ut fra forskjellige egnethetsparametere, som for eksempel: hvor mye flomutsatt jordbruksareal beskyttes, hvor mye vann lagres i dammen og hvor mye må det til for å tilrettelegge terrenget? Hvor viktig eller relevant hver av disse er, kan være avhengig av hvem som utfører en slik vurdering og med hvilket formål. I foreliggende prosjekt kvantifiseres egnethet med tall mellom 0 (ikke egnet) til 1 (egnet), slikt at flere parametere kan kombineres etter formål eller preferanse. Tabell 2 viser de egnethetsparametere som ble beregnet til hver lokalitet.

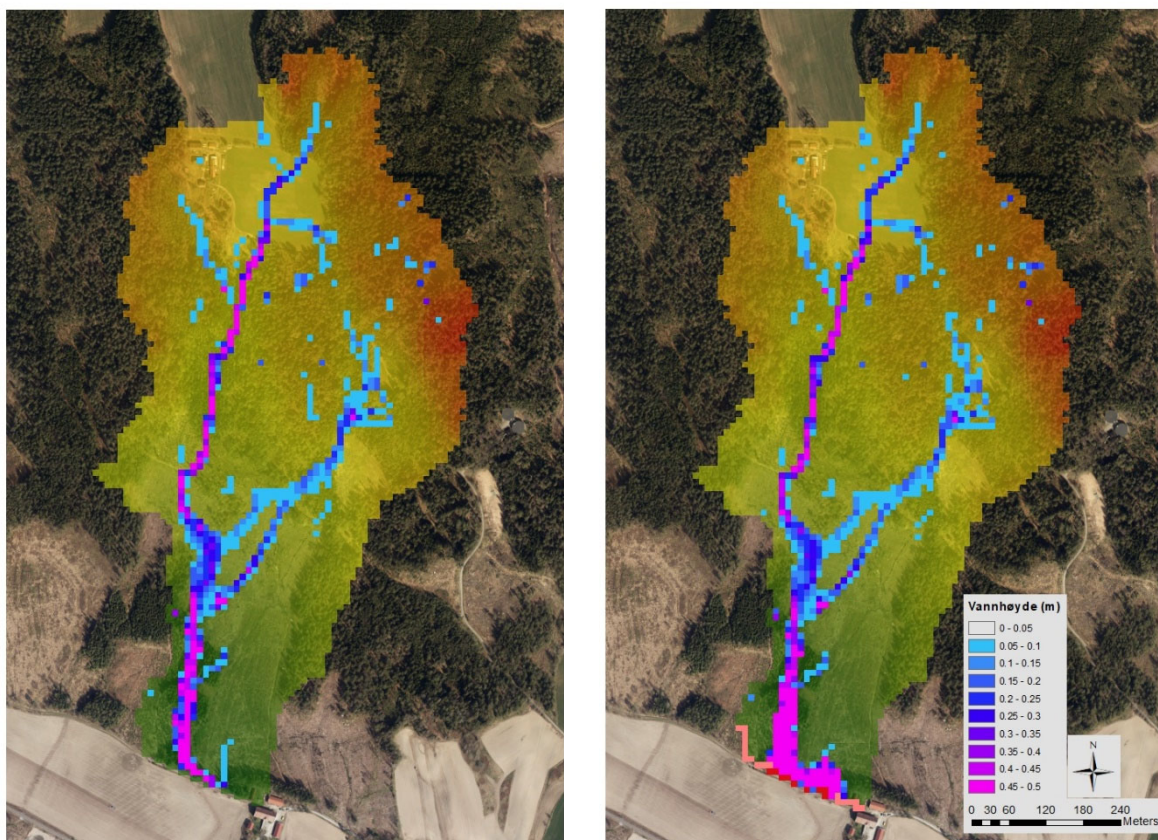
¹ Paluch., J., Paruch, A., Pulikowski, K., Palczyński, M., Wojtowicz, J., 2001. Preliminary estimation of effective use of retention of small catchment areas for flood protection. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Environmental Development, Volume 4, Issue 2.

² NVE Veileder nr 2/2006 Små dammer. Veileder i planlegging, bygging og vedlikehold.

Tabell 2. Egenhetsparametere

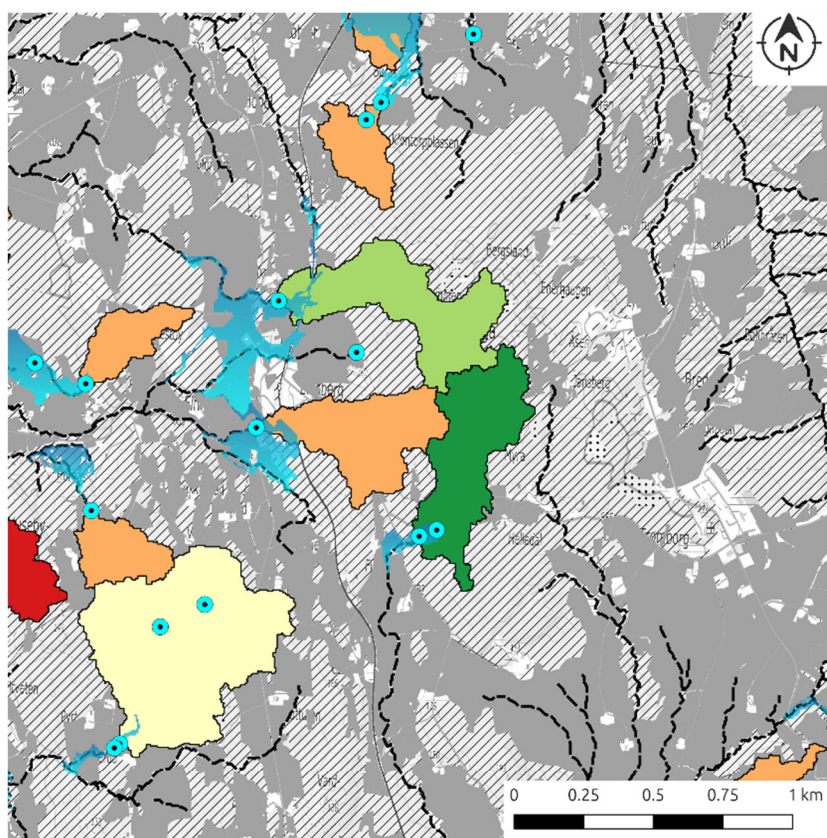
	parameter	enhet
Dimensjonering	lagringsvolum*	m ³
	demningslengde*	m
	tilførende areal	m ²
Plassering	avstand til bekk	m
	andel skog i tilf. areal	0 - 1
	andel jordbruk påvirket	0 - 1

* Demningshøyde på 1,0/1,5/2,0 m.



Figur 7. Eksempel fra beregninger av vannhøyden med (høyre) og uten (venstre) demning. Resultatet viser dammen i Vestre Løvestad, og nedbørsdata fra en 25-års frekvens nedbørsepisode ble brukt.

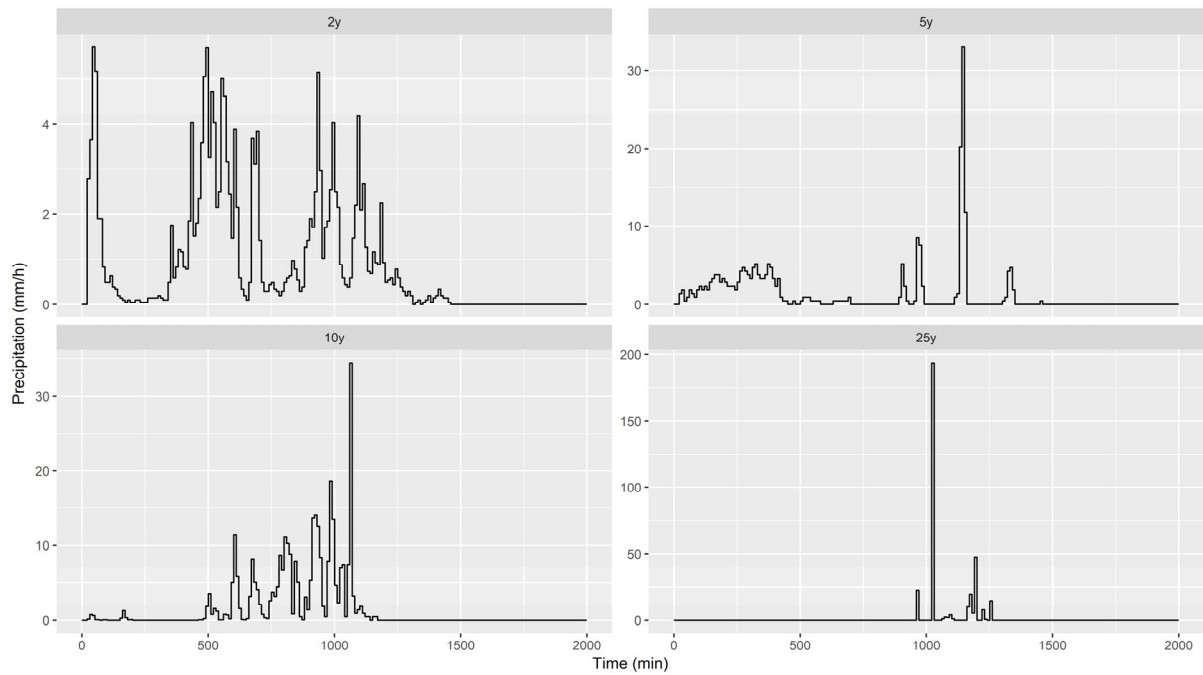
I tillegg ble potensielt oversvømt areal vurdert gjennom en terrengeanalyse. Kartlaget viser en verste fall-situasjon og er ikke basert på hydrologiske forhold eller flom-modellering. Kartet i bilde Fig. 8 viser fremgangsmåten i et område i Østlandet. Fargekoderingen tilsvarende den endelige egnethetsvurderingen som tilrettelegger for prioritering og aktuell planlegging.



Figur 8. Potensielle områder for en fordrøyningsdam som et resultat av beslutningssystemet.

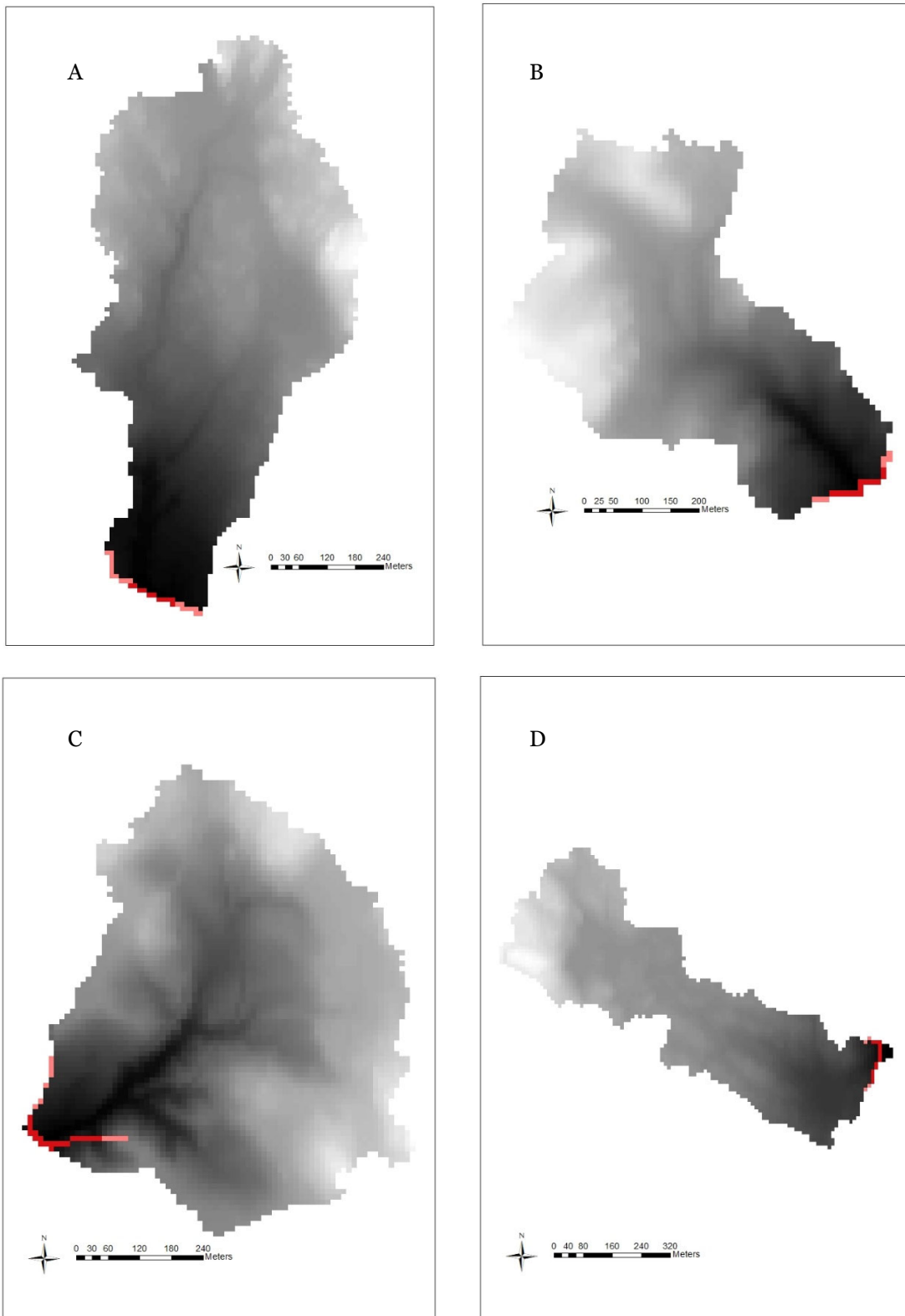
2.6 Hydrologiske effektivitet

For å estimere effektiviteten av fordrøyningsområdene brukes en hydrologisk modell (LISEM, Jetten 2002), som beregner avrenning og jordtap i et nedbørfelt for en nedbørsepisode. Modellen har blitt brukt i andre studier i Norge for å beregne effekten av tiltak på avrenning (Sauren, 2017), og beregninger av jordtap (f. eks. Kværnø og Stolte, 2012). For å beregne effektiviteten av demningen for forskjellige nedbørsepisoder har vi brukt 4 episoder med gjentakintervall (frekvens) på 2, 5, 10 og 25 år (Fig. 9). Prosedyren for å estimere disse episoder er beskrevet i Sauren (2017).



Figur 9. Nedbørepisodene (mm/t) med frekvens på 2, 5, 10 og 25 år brukt som input i LISEM modellen for å beregne avrenning av et nedbørfelt.

Demningene er plassert på grensen mellom skog og landbruksområder (Fig. 10), og i modellen er effekten av dem beregnet for nedbørfeltet oppstrøms for demningene.



Figur 10. Lokalisering av demninger i 4 fordrøyingsområder. Mørk rød er 2 meter høy demning, lysrød er 1 meter høy demning. A = Vestre Løvestad; B = Hvitsten; C = Slituveien; D = Hundstorp

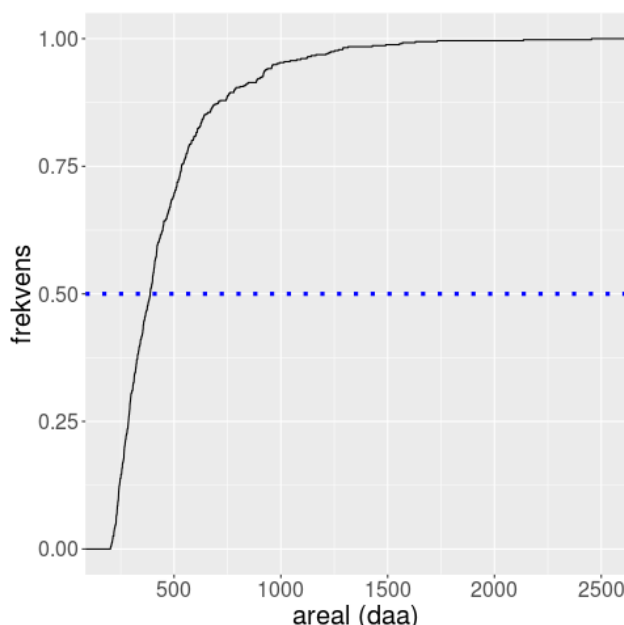
3 Resultater

3.1 Identifisering og nedbørsfelt

Terrenganalysen resulterte i totalt 492 potensielle lokaliteter i de fire vannområdene (tabell 3). Jordbruksintensiteten en sannsynlig forklaring for at i Glomma Sør er har et større antall lokaliteter.

Tabell 3. Antall egnete lokaliteter for etablering av fordrøyningsområder i 4 vannområder.

	Antall	Antall per km ²
Glomma Sør	230	0,08
Haldenvassdraget	76	0,04
Øyeren	55	0,04
Morsa	41	0,06



Figur 9. Fordelingsfrekvens av tilførende areal av 492 dammer.

Fig. 9 viser fordelingen av hvor stort tilførende areal de 492 dammene har. Dammenes tilførende areal er i gjennomsnitt 541 daa, mens halvparten av alle lokaliteter er under 388 daa. En av forutsetningene for terrenganalysen var at dammen skulle beskytte jordbruksareal fra avrenning fra skog og utmark. Det betyr i praksis at landbruk i tilførende areal til dammen er en blanding av skog, utmark og jordbruk. I gjennomsnitt utgjør skog/utmark 65% av nedbørsfeltenes areal og jordbruk 35%.

3.2 Dimensjonering

To egnethetsparametere ble beregnet ut av DTM1 høydemodellen; vannlagringsvolum og lengden til selve demningen (begge for tre høyder, tabell 4). Selv om DTM1 er et bra datagrunnlag, skal potensielt lagringsvolum og demningslengde som beregnet her, betraktes som indikative tall som ikke erstatter en vurdering ved befaring. Om lagringsvolum er tilstrekkelig eller ikke, er avhengig av tilførende arelets størrelse, terrengform og arealbruk. Verdien kan derfor best benyttes i sammenheng med simulert avrenning og modelmessige vurderinger av flomdempningskapasitet. Lengden av selve demningen kan være et nyttig tall for å skille ut lokaliteter som er plassert i flatt terreng. I slike

områder må det påregnes at større mengder jord/masse må flyttes ved bygging enn der hvor dammen er situert i en naturlig forsenkning eller i en langstrakt bekkedal.

Tabell 4. Gjennomsnittlig volum og demningslengde

	Volum (1000 m ³)	Lengde (m)
1,0 m	2,51	80
1,5 m	5,24	125
2,0 m	10,0	179

3.3 Feltvurdering

I mars 2019 har prosjektgruppen vurdert lokale forhold og egnethet til åtte potensielle lokaliteter i Spydeberg og Hobøl kommune (21. mars) og Trøgstad og Hobøl kommune (29. mars). Befaringen viser at metoden som beskrevet i foreliggende rapport har resultert i brukbare vurderinger, men at den ikke tar høyde for uforutsigbare lokale forhold. Noen utvalgte konklusjoner av samtaler med grunneierne og prosjektgruppen beskrives under for å gi et inntrykk av hvordan kartet fungerte og hvilke aspekter det ikke gjenspeilte. I Appendix 1 står i mer detalj de utvalgte lokaliteter beskrevet, og i Appendix 2 lokaliteter som viste seg ikke å være egnet til formålet.

I Spydeberg var en av to lokaliteter egnete. I **Nordre Dingstad** stemte terrengeanalysen ikke overens med virkeligheten: dammen var både dårlig plassert og lite egnet for å beskytte jordbruksareal mot oversvømmelse. Ifølge grunneieren ville en dam på foreslått lokalitet uansett vært lite hensiktsmessig for beskyttelse av jordbruksarealet. I stedet burde fordrøyning bidra til en løsning av flomproblematikken i Spydeberg sentrum. Dette krever en strategi for Hyllebekken i sin helhet.

Litt nærmere Spydeberg sentrum ligger **Vestre Løvestad** gård. Her var lokaliteten bra egnet på grunn av både plassering (lite masseflytting krevet), og aktualitet i forbindelse med flomdemping i bygda nedstrøms.

Estimert plassering av dammen på **Hvitsten** gård (Hobøl kommune), ved fylkesveien 120 ikke langt fra Hobøelva, var litt for langt ned. Cirka 150m oppstrøms finnes det en naturlig bekkedal med bedre plass for midlertidig vannlagring. Siden eiendomsgrensen ligger rett ved siden av bekken, er dammens prosjektering avhengig av de to grunneiernes konsensus og samarbeid.

I Våler kommune ligger **Nordre Paulstad** ved Bjørnerødvannet. Lokaliteten har en god plassering, men pga av en tilstrekkelig naturlig lagringskapasitet, og et vel fungerende dreneringssystem som fører vannet fra området til bekken i rør, er området ikke aktuelt i denne forbindelsen.

I Trøgstad kommune viste **Årstad** gård seg å være kompleks. Det var ingen synlige skader ved lokaliteten fra terrengeanalysen, grunnet fungerende kum og rør. Grunneieren hadde foreslått en dam like ved, som virker bra egnet.

Ved **Vassbånn**, like ovenfor Kallaksjøen var damlokaliteten plassert i et myrområde. Grunneieren foreslo til kommunen et alternativ, ca. 100m vestover ved siden av veien. Avrenningen fra dette punktet har kort vei til Kallaksjøen og virker som et bra alternativ.

Dammen som var foreslått på **Hundstorp** gård var allerede på plass. Restaurering av inntaksrør i en mindre dam noen hundre meter sørover/nedstrøms kreves, og grunneieren er interessert i utbedring.

Like ved Veikrysset Trøgstadveien/Slituveien er en lokalitet som er preget av kontinuerlig graving helt ned til selve fylkesveien. Prosjektering av dammen krever lite masseflytting på grunn av en naturlig forsenkning. Demningen må ta høyde for fremkommelighet til skogen på østsiden (eksisterende tømmervei).

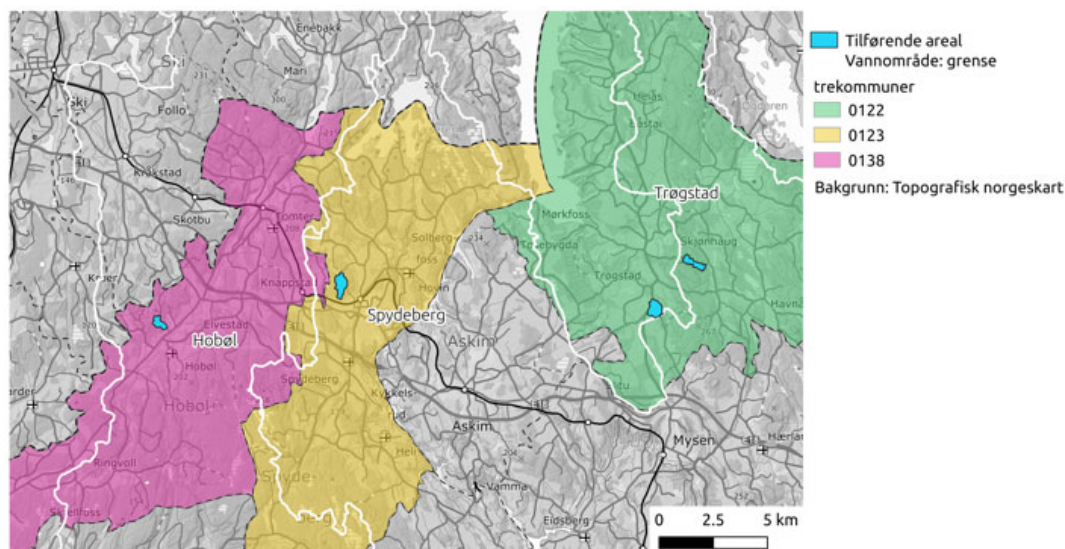
3.4 Utvalg

Basert på feltvurderingen og samtale med grunneiere er det 4 områder som er aktuelt å jobbe videre med (Fig. 10, Tabell 5). Det er **Vestre Løvestad** gård i Spydeberg kommune, **Hvitsten** gård i Hobøl kommune, og **Hundstorp gård** og **veikrysset Trøgstadveien/Slituveien** (Mannsrud).

Tabell 5. Nøkkeltall til fire utvalgte lokaliteter*

	Volum (1000 m ³)	Lengde (m)	Avstand til elv (km)	Areal (tilførende, daa)
Vestre Løvestad	0,38	125	0,97	240
Hvitsten	0,71	30	0,51	400
Hundstorp	0,34	25	0,11	291
Veikryss Trøgstad- /Slituveien	1,36	32	1,61	417

*Tallene er basert på terrengeanalysen og ikke oppdatert etter befaringen.



Figur 10. Lokalisering av 4 utvalgte områder for å implementere fordrøynings tiltak.

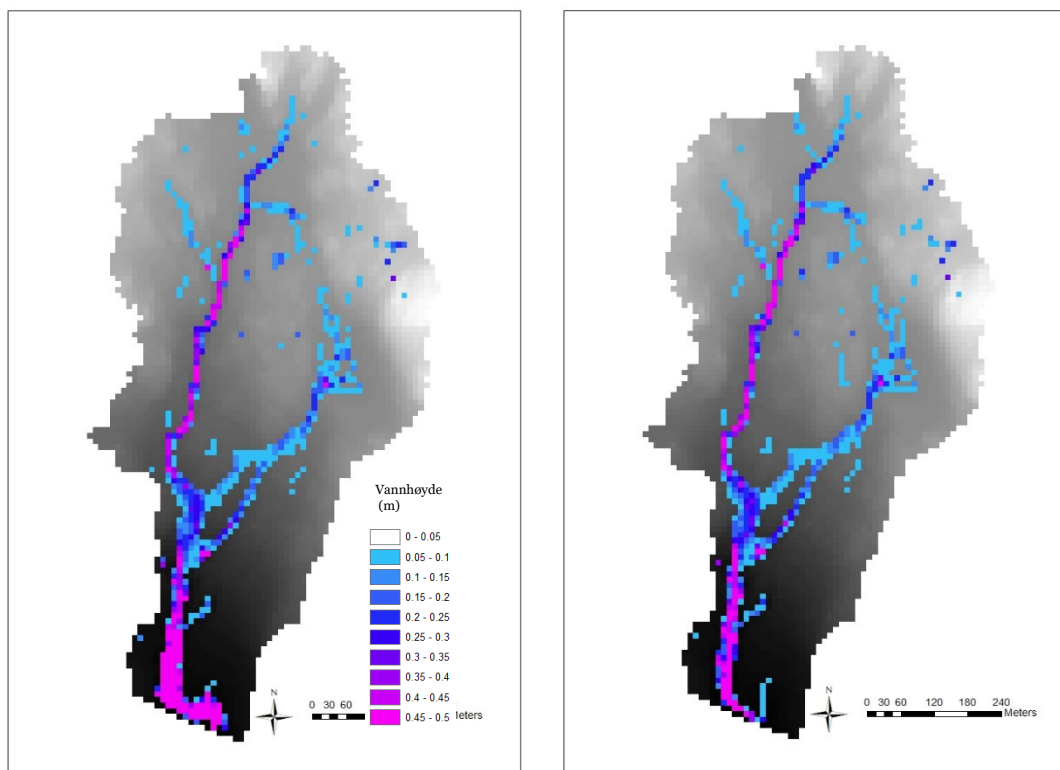
3.5 Kostnadsoverslag

Et estimat for kostnader basert på et eksisterende område i Svinndal er gjennomført i EU-prosjektet RECARE. Beløpet er avhengig av hvor mye grunneier kan gjøre selv, om grunneieren har maskiner disponibelt, eller om en entreprenør gjør alt arbeidet. Størrelsen på tilførende areal til dammen er omtrent 65 dekar, og demningens lengde er omtrent 11 meter, og høyden 2 meter. Denne dammen er mindre enn forslått i vår tilnærming, noe som innebærer at kostnadene antakeligvis også er mindre.

Til Svinndal-dammen er det brukt omtrent 35 000 NOK for etablering av selve dammen, men arbeidet er gjort av grunneier. Et estimat for vedlikeholdskostnader er satt til 10 000 NOK årlig, størstedelen av det er til rydding av området. Som sagt er Svinndal-dammen mindre enn foreslått i denne prosessen, og i tillegg er hvert område forskjellige med hensyn til topografi, grunnforhold og tilgjengelighet. Derfor er det vanskelig å estimere et generelt kostnadsoverslag, som beskrevet i prosjektplanen. Tiltaksplanen omfatter i denne rapporten ikke en detaljert dimensjonering av selve tiltaket, dette bør utarbeides i forbindelse med SMIL-søknaden.

3.6 Hydrologiske effektivitet

Vi har vurdert effektene av demningene for de fire nedbørsfeltene som grenser til demningene (skogsområder). Et eksempel av modellberegningen for vannhøyden i dammen foran demningen er vist i Fig. 11. Denne figuren viser beregninger for Vestre Løvestad området, for en nedbørsepisode med 25 år frekvensintervall, med og uten demning i fordrøyningsområdet. Lagringskapasitet for vann i området med demning er større enn sammenlignet med området uten demning. Det ble beregnet 18087 m³ vann lagret for området med demning, og 12078 m³ for området uten demning.

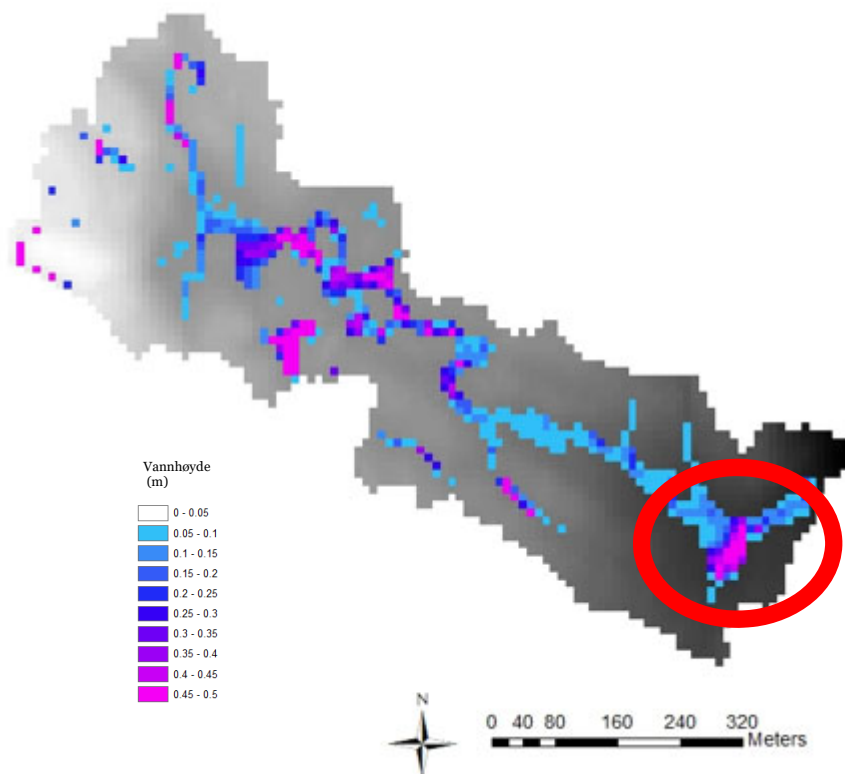


Figur 11. Vannhøydeberegning med bruk av LISEM modellen for Vestre Løvestad med demning (venstre) og uten demning (høyere). Beregningen er gjort med bruk av en nedbørsepisode med 25 års frekvens

For alle episoder, og alle områder er vannføringskurver beregnet med og uten demning i nedbørfeltet, ved utløpet av fordrøyningsområde. Disse vannføringskurver er presentert i Appendix 3. Resultatene viser at 3 av 4 dammer hadde en positiv effekt ved å redusere flomtoppen i nedbørfeltet for alle de 4 episodene med bruk av demninger. Tabell 5 viser effektiviteten av demninger på beregnede flomtoppen sammenlignet med områder uten demning (i prosent). Tabellen viser at demningene er minst effektive for en 10 års nedbørsepisode. Det skyldes antakeligvis på grunn av store nedbørsmengde over enn lengere periode (total 51 mm), i motsetning til 25 års episoden hvor nedbørsmengden er litt høyere (55 mm) men hvor større intensitet fører til en kortere periode med nedbør. Effektiviteten av Hundstorp fordrøyningsområdet med demning er minimal sammenlignet med situasjonen uten demning for alle nedbørsepisodene. Forklaringen på dette skyldes at det er en forsenkning i terrenget litt oppstrøms i nedbørfeltet som ikke var synlig ved befaringen i feltet. Forsenkningen er vist i Fig. 12. Denne forsenkningen tar imot største del av avrenningen, slik at den etablerte demningen har en minimal effekt.

Tabell 5. Beregnete flomtoppen for områdene med demning (i prosent av beregnete flomtoppen uten demning). Tall < 100 betyr mindre flomtopp for områder med demning.

	2 år	5 år	10 år	25 år
Vestre Løvstad	1	1	74	24
Hvitsten	8	9	59	20
Slituveien	2	65	64	37
Hundstorp	64	93	85	74



Figur 12. Lokalisering av forsenkingen i Hundstorp fordrøyningsområde som påvirker effektiviteten av plasserte demning.

4 Konklusjoner

En terrengeanalyse på romslige skalaen som i dette prosjekt gir et bra utgangspunkt for vurdering av enkelte lokaliteter. Feltbesøk har vist at plasseringer av damarealet som resultat av modellen ofte er riktige. Plassering av selve demningen er mer avhengig av andre faktorer enn bare terreng. De mest viktige av disse er eksisterende hydrauliske anlegg (kummer, stikkrør) og infrastruktur (veier). Samtidig er det flere lokale forhold som fysiske og geografiske data ikke kan ta høyde for. Eksempler er eiendomsforhold (på hvem sin jord skal vannet bli stående), og andre praktiske faktorer (hvordan endrer dammen fremkommelighet til omkringliggende areal). Forekomst av vegetasjon og tilgjengelighet av fyllemasse er andre faktorer som kan vurderes med hjelp av kunnskap om lokale forhold.

Kunnskap om lokalhydrologi hos gårdeierne som har deltatt i de to feltbefaringene har vist seg å være avgjørende for endelige vurderinger av lokaliteten (plassering og dimensjonering).

Kartet som kombinerer hydrologiske grunnbegrep og aktuelle terrengforhold med en problemstyrt søkealgoritme har vist seg å være et bra utgangspunkt for diskusjoner og bevisstgjørelse av gårdeiere. Kartet er i mindre grad egnet som et detaljert planleggingsverktøy på kommune- eller vannområdeskala.

En beregning av avrenning med bruk av LISEM modellen viste at for 3 av 4 fordøyningsområder med demning var svært effektive for å redusere flomtoppen, særlig for relativt mindre nedbørsepisoder. Også for store episoder ble flomtoppen redusert ved bruk av demninger. For ett av feltene (Hundstorp) ble det funnet en liten effekt, antakeligvis på grunn av en lokal forsenkning i terrenget oppstrøms av dammen.

Litteraturreferanse

Hansen-Bauer et al. (red.). 2015. Klima i Norge 2100. NMI

Jetten, V., 2002. LISEM, Limburg Soil Erosion Model, User's Manual. University of Utrecht.

Kværnø, S.H., Stolte, J., 2012. Effects of soil physical data sources on discharge and soil loss simulated by the LISEM model. *Catena* 97, 137–149.

Sauren, I.J.M.H., 2017. Modelling flood mitigation measures under multiple climate scenarios in an ungauged catchment in southeast Norway with the LISEM model. MSc thesis Wageningen UR.

Appendix 1. Beskrivelse og lokalisering av utvalg

Befaringer 21. og 29. mars 2019

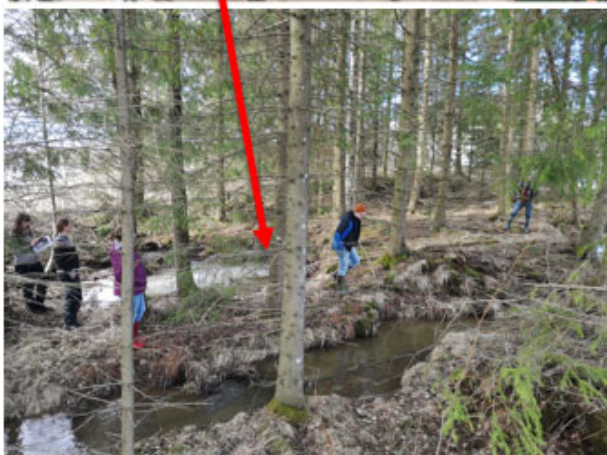
Deltakere: Lars Selbekk (Haldenvassdraget); Maria Ystrøm Bislingen (Glomma Sør); Carina Rossebø Isdahl og Marit Nes Kjeve (Morsa); Jannes Stolte, Robert Barneveld (NIBIO); Peder Unum (Våler Kommune)

Vestre Løvestad (Spydeberg/Glomma Sør)



Lokalitet og tilførende areal litt nord for Spydeberg sentrum.

Her er det mye naturlig vannlagringspotensiale. Det forventes at demningen i et endelig design ikke trenger å være høy.

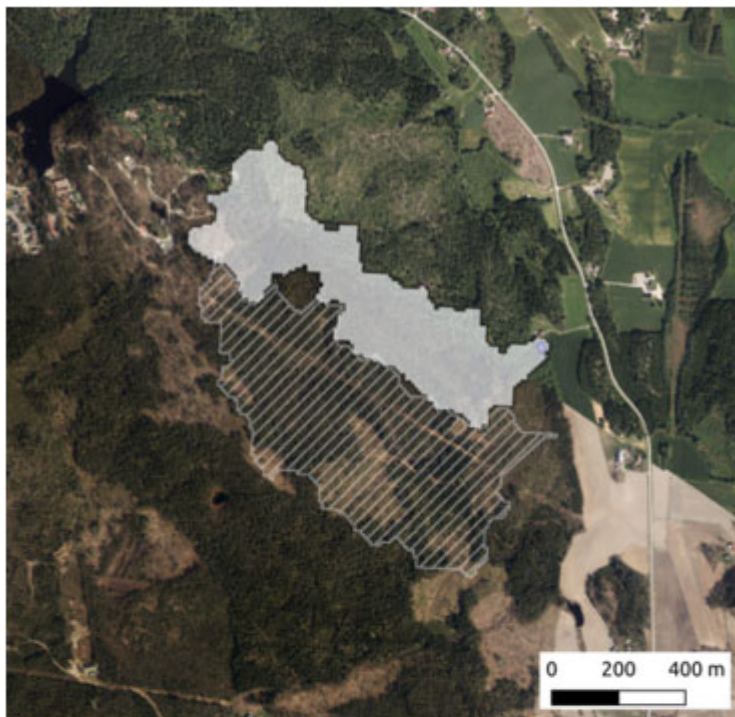


Hvitsten (Hobøl/Morsa)



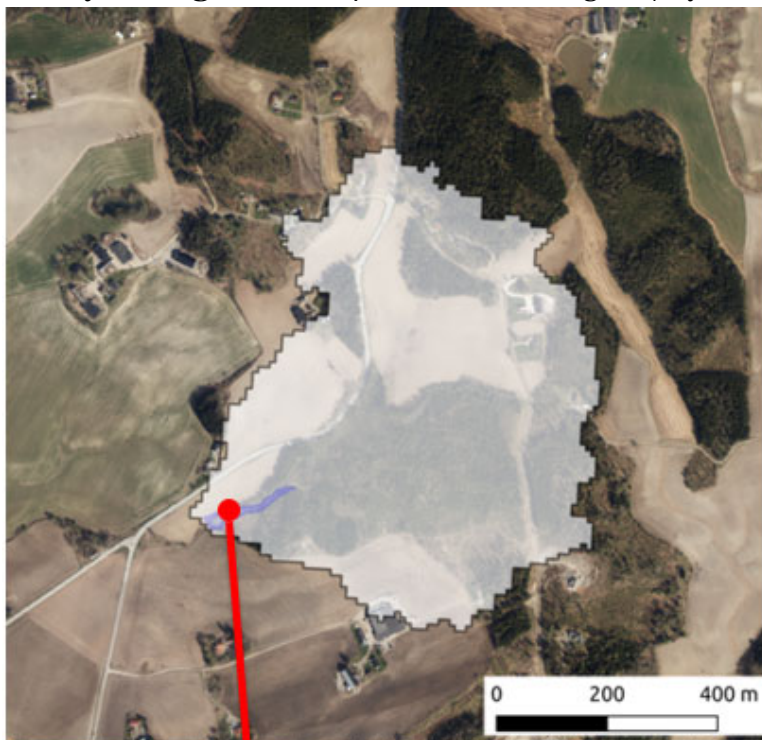
Dammens plassering var ikke optimal i forhold til terrenget. Et bedre alternativ ligger litt oppover (rødt punkt i kartet). Her ligger bekkens i en liten ravine, som gjør at en kort demning kan skape forholdsvis stort vannlagringsvolum. Eventuelt kan volumet deles opp i en kaskade. Bekkens ravine sammenfaller med eiendomsgrensen. Eiernes villighet til å bygge dam er avhengig av akkurat hvor vannet skal bli stående under nedbørsepisoder. En kjapp feltvurdering viste at det er en risiko for at vannet havner mest på jorda til naboen i nord-vest.

Hundstorp (Trøgstad/Glomma Sør)



Dammens opprinnelige plassering. Her fantes det en eksisterende demning i bra stand. Alternativ plassering og tilførende areal i linjemønster. Her er det også en eksisterende dam, men den er underdimensjonert. Bildet viser avrenning fra demningens overløp ut mot jorda. Ifølge gårdseieren skjer det flere ganger i året.

Veikryss Trøgstadveien/Slituveien (Trøgstad/Øyeren)



Demningen er plassert i kort avstand fra fylkesveien. Det observeres ofte graving langs bekken nedstrøms fra foreslått demning. Dammen har stort vannlagringspotensiale. Konstruksjon av demning må ta høyde for at det går en tømmervei akkurat der demningen er mest egnet.



Appendix 2. Beskrivelse og lokalisering av ikke utvalgte lokaliteter

Under befaringene 21. og 29. mars var noen lokaliteter lite egnet og andre ikke egnet i det hele tatt. Kort beskrivelse inkluderes her som veiledning, ved siden av oversiktskartet med de 492 lokalitetene.

Nordre Dingstad (Spydeberg/Glomma Sør)

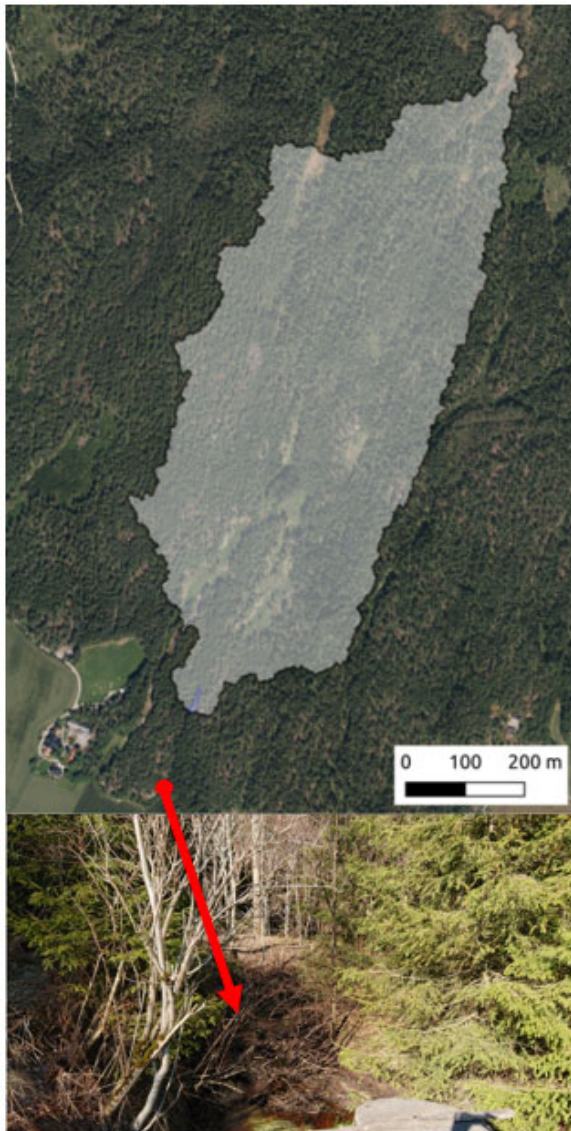


Plassering av dammen og tilførende areal. Alternativ plassering ved rødt punkt.

Lokaliteten var lite egnet, både med hensyn til plassering av selve dammen og beskyttende effekt. Alternativ plassering er litt nedstrøms (rødt punkt i kartet). Her møter bekken Hyllebekken, og en eventuell fangdam kan bidra til flombeskyttelse av Spydeberg sentrum. Flomdempning i Hyllebekken bør betraktes i større geografisk sammenheng for å oppnå et visst effektivitetsnivå.



Nordre Paulstad (Våler/Morsa)



Lokaliteten har en god plassering, men pga av en tilstrekkelig naturlig lagringskapasitet, og et vel fungerende dreneringssystem som fører vannet fra området til bekken i rør, er området ikke aktuelt i denne forbindelsen.

Årstad (Trøgstad/Glomma Sør)



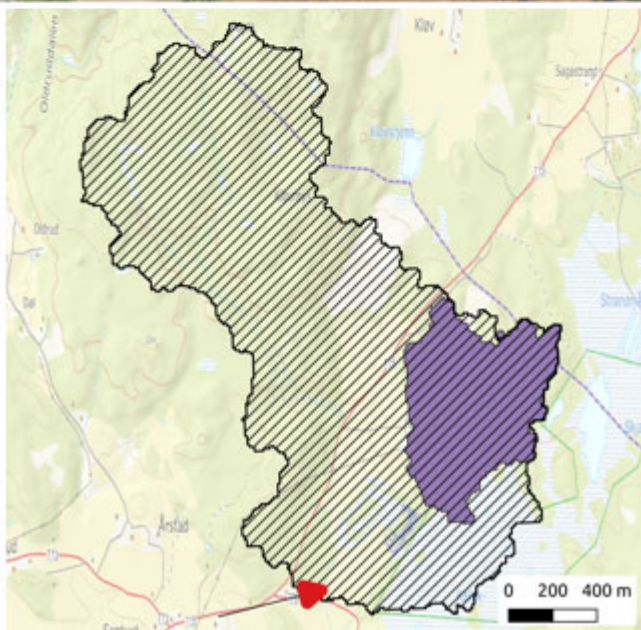
Situasjonen i Årstad var kompleks. Originalplasseringen var egnet, men det finnes fungerende inntak til stikkrør. Ingen synlige skader på befaringstidspunktet.



Vassbånn (Trøgstad/Glomma Sør)

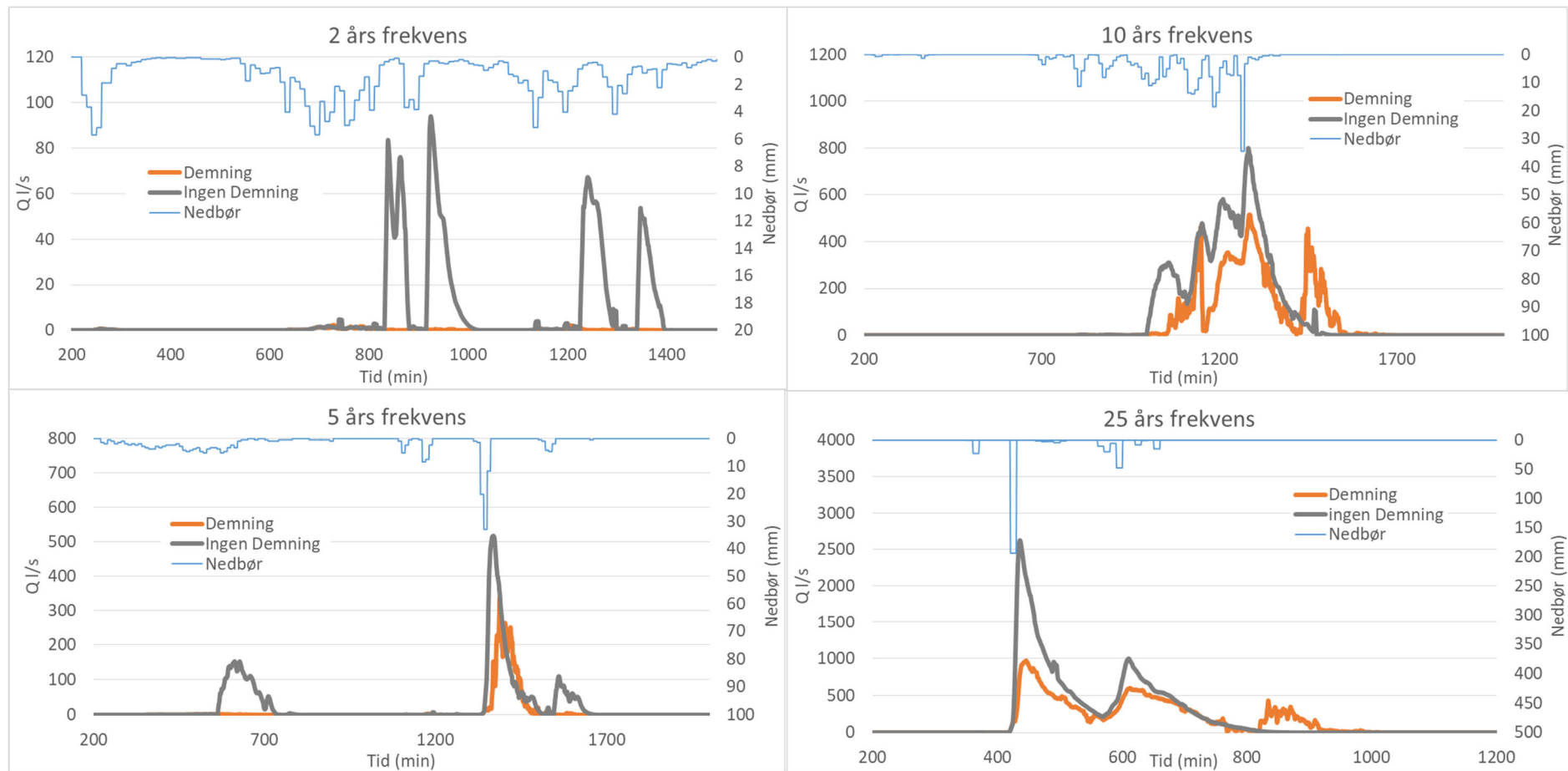


Som synlig på luftbildet er dammen plassert i et myrområde (Kallakmosen). Gårdseierens forslag til alternativ plassering er et nedbørsfelt til vestsiden av opprinnelige forslag (se område på høyre i bildet). Feltvurderingen viser at det kort avstand fra utløpet til Kallaksjøen (del av Hæra naturreservat), og aktiv graving. Det alternative nedbørsfeltet er ca. fem ganger større, og dimensjonering krever derfor en bedre vurdering.

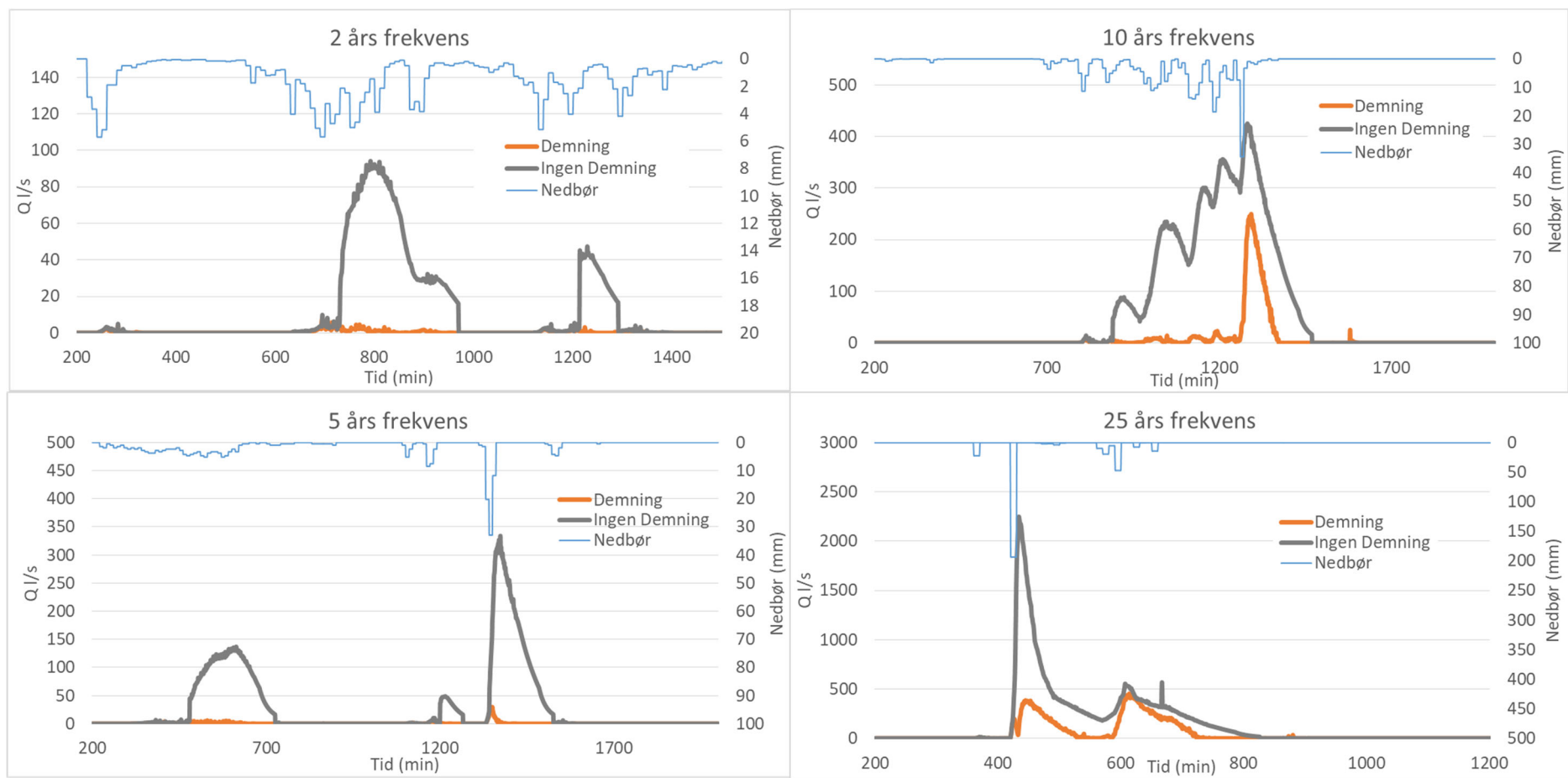


Appendix 3. Beregnet vannføringskurver for 4 områder og 4 nedbørsepisoder

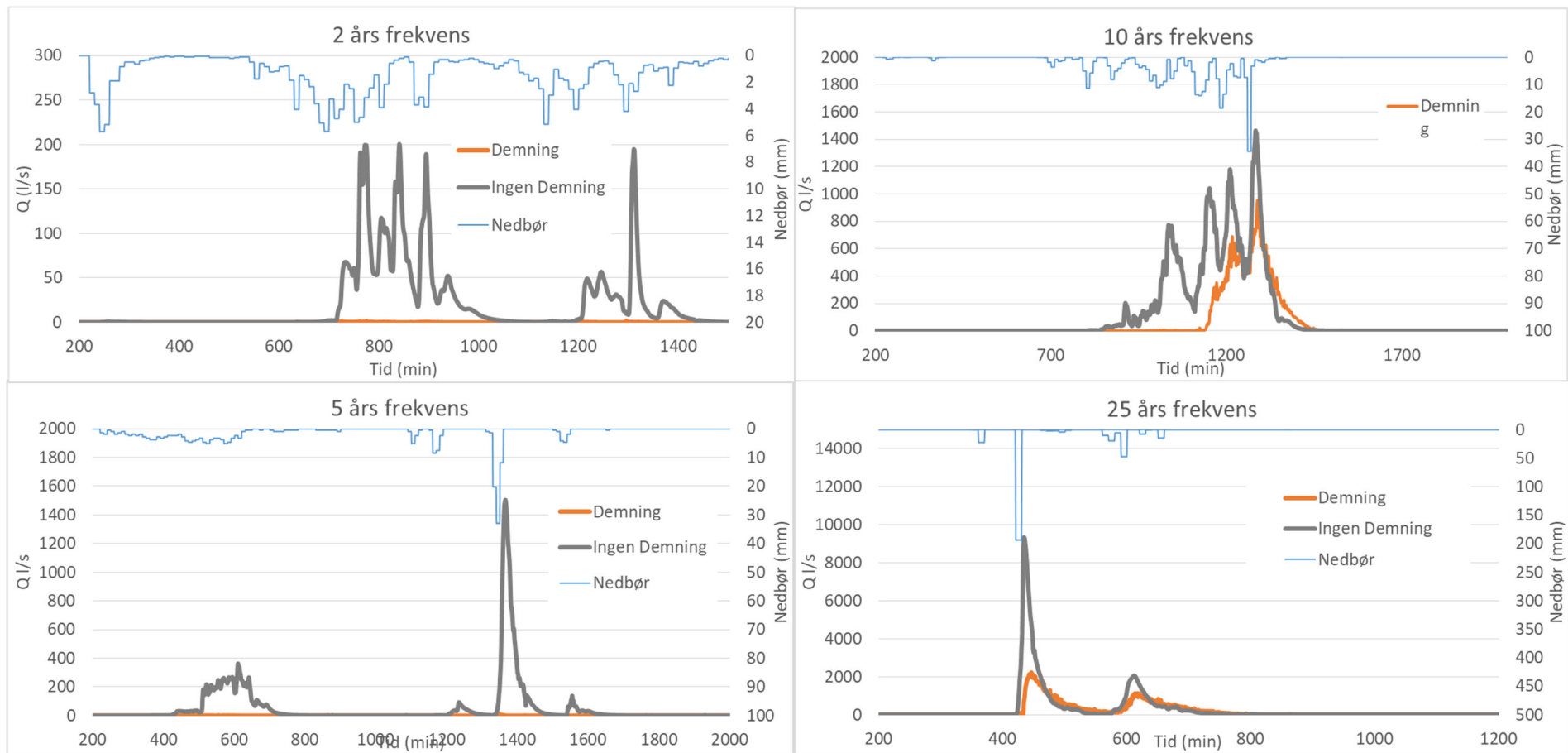
Figurene viser vannføringskurver for 4 områder. Tallene er indikativ, og ikke absolut.



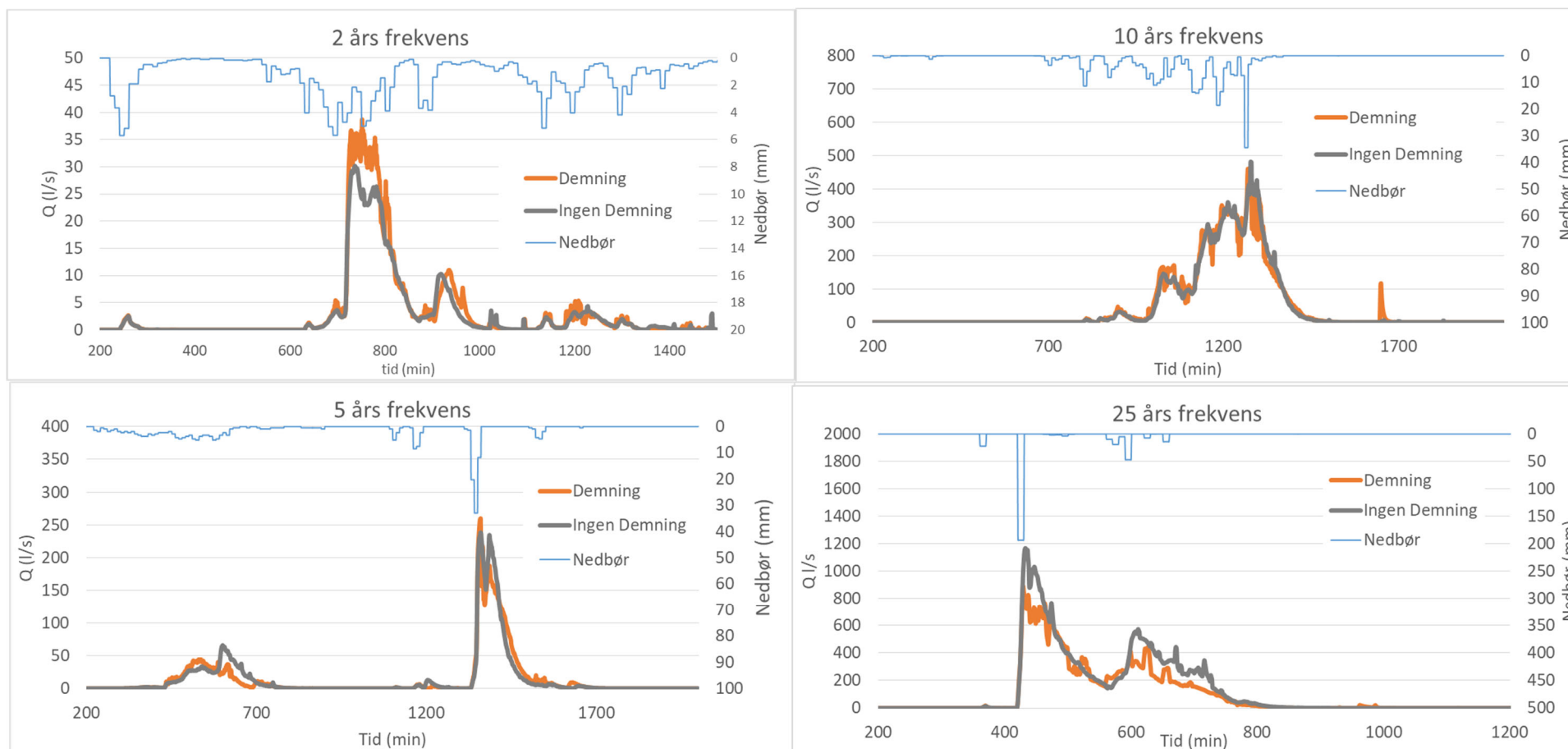
Figur 3.1. Beregnede vannføringskurver (l/s) for område Slituveien for 4 forskjellige nedbørsepidoser (mm/t) med frekvens på 2, 5, 10 og 25 år med bruk av LISEM modellen.



Figur 3.2. Beregnede vannføringskurver (l/s) for område Hvitsten for 4 forskjellige nedbørsepidoser (mm/t) med frekvens på 2, 5, 10 og 25 år med bruk av LISEM modellen.



Figur 3.3. Beregnede vannføringskurver (l/s) for område Vestre Løvestad for 4 forskjellige nedbørsepidoser (mm/t) med frekvens på 2, 5, 10 og 25 år med bruk av LISEM modellen.



Figur 3.4. Beregnede vannføringskurver (l/s) for område Hundstorp for 4 forskjellige nedbørsepidoser (mm/t) med frekvens på 2, 5, 10 og 25 år med bruk av LISEM modellen.

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

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

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

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