

Farekartlegging av flom på oppdrag fra NVE

Kravspesifikasjon

Innhold

1	OPPDRAGSBESKRIVELSE	4
2	INNLEDNING	5
2.1	TIDSPUNKT FOR FELTARBEIDET	5
2.2	FELTARBEID OG DOKUMENTASJON	5
2.3	KONTAKTPERSON I NVE	5
2.4	PROSJEKTOPPFØLGING	5
2.5	UTTALELSER TIL MEDIA OG LOKAL BEFOLKNING	5
3	DATAKILDER	6
3.1	HYDROLOGISKE DATA	6
3.1.1	<i>Flomberegning</i>	6
3.1.2	<i>Kalibreringsdata</i>	6
3.1.3	<i>Klimafremskrivninger</i>	6
3.2	TOPOGRAFISK DATAGRUNNLAG	6
3.2.1	<i>Laserdata og terrengmodell</i>	6
3.2.2	<i>Terrengbeskrivelse under vann</i>	7
3.2.3	<i>Konstruksjoner</i>	7
3.2.4	<i>Flybilder</i>	7
4	HYDRAULISKE BEREGNINGER	7
4.1	KOMPETANSEKRAV UTFØRENDE	7
4.1.1	<i>Krav til utdanning</i>	7
4.1.2	<i>Krav til praksis</i>	8
4.2	KRAV TIL MODELLENS LØSNINGSMETODIKK	8
4.2.1	<i>Modellverktøy</i>	8
4.2.2	<i>Grensebetingelser</i>	8
4.3	KALIBRERING	9
4.4	KONSTRUKSJONER	9
4.4.1	<i>Bruer/kulverter</i>	9
4.4.2	<i>Elvekraftverk</i>	9
4.4.3	<i>Sikringstiltak</i>	9
4.5	MASSETRANSPORT OG IS	10
4.6	FØLSOMHETSANALYSE	10
4.7	USIKKERHET	10
4.8	SIKKERHETSMARGIN	10
5	FARESONER FLOM – ANALYSE	10
5.1	ANALYSEOMRÅDE	11
5.2	FARESONER FLOM	11
5.3	FLOMSONEANALYSE	11
5.3.1	<i>Vannstander</i>	12
5.3.2	<i>Lavpunktsanalyser</i>	12
5.3.3	<i>Dybdekart</i>	12
5.3.4	<i>Hastighetskart</i>	13
6	ANDRE FAREMOMENTER I OMRÅDET	13
7	RAPPORTERING OG LEVERANSEFORMAT	13
7.1	BEFARINGSNOTAT	13
7.2	HYDRAULISK MODELL OG NOTAT	14
7.3	FLOMSONE DIGITALT	14
7.4	RAPPORT	15
7.5	HYDRAULISK MODELL	15

8	VEDLEGG	16
8.1	BRUK AV NVES LOGO	16
8.2	EKSEMPEL FLOMSONEKART 200-ÅRSFLOM (2D)	16
8.3	EKSEMPEL HASTIGHETSKART (2D)	16

1 Oppdragsbeskrivelse

Arealplanlegging som tar hensyn til flomfare, er det viktigste verktøyet for å redusere faren for tap av menneskeliv og skader på infrastruktur ved flom. På oppdrag fra NVE, skal det utarbeides flomsonekart (farekart flom), som identifiserer flomutsatte områder med flomstørrelser gitt i byggteknisk forskrift (TEK10). Det forutsettes at oppdragstaker er godt kjent med TEK10, spesielt § 7-2, som fastsetter sikkerhetskravene mot flom og stormflo for ulike kategorier bygg.

Dersom oppdraget løses med 1D-modell, skal det utføres beregninger for normalvannføringen og alle flomverdier som NVE gjør tilgjengelig for prosjektet. Tilsvarende vil det dersom oppdraget løses med en 2D-modell, kun være nødvendig å beregne de gjentaksintervallene som det skal utarbeides faresoner for. Oppdragstaker skal uansett valg av modellverktøy, utarbeide faresoner for flom basert på beregnede vannstander med for hhv, 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en evt. 200-årsflom med klimaendringer.

Resultatet i form av flomsoner, viser per definisjon oversvømt areal ved en eller flere flommer med gitte gjentaksintervall. Faresonen for et gitt gjentaksintervall, viser oversvømmelse uavhengig av om oversvømmelsen skyldes flom fra elv, høy flomvannstand sjø (stormflo) eller innsjø. Det skal også utarbeides dybdekart, som viser flomdybder ved ulike gjentaksintervall. For 2D- og 3D-modeller skal det også utarbeides hastighetskart, som viser både de absolutte vannhastighetene og retningen til vannet.

Utarbeidelse av faresonekart omfatter gjennomgang av eksisterende datagrunnlag, feltarbeid for å undersøke forhold som har betydning for flomforholdene og modellering. Denne kravspesifikasjon gjelder særskilt krav som stilles til omfang av undersøkelser, analyser og beregninger, samt dokumentasjon og rapportering av resultater.

Oppdragsgiver ønsker høyt faglig nivå på rapporten og setter derfor krav om formell utdanning og erfaringer fra tilsvarende arbeid.

NVE forutsetter at kravspesifikasjonen benyttes både ved utarbeidelse av tilbud og under gjennomføring av oppdraget.

2 Innledning

2.1 Tidspunkt for feltarbeidet

Oppdragstaker skal planlegge og gjennomføre befarings(er) med gunstige observasjonsforhold med tanke på vær og vassdragsforhold (isfritt, vannføring, vannstand osv.). Oppdragsgiver skal informeres om planlagt tidspunkt for feltarbeidet i rimelig tid for å evt. møte oppdragstaker på stedet.

2.2 Feltarbeid og dokumentasjon

Den / de som skal utføre beregningene skal foreta en grundig befarings. Flomdempingen og potensialet for massetransport/erosjon i vassdraget skal vurderes spesielt under feltarbeidet. Befaringen skal dokumenteres i en befaringsrapport med bilder av hydrauliske forhold av relevanse, typisk bunnsstrat og vegetasjon langs vassdraget, for å underbygge valg av modelleringsmetodikk og at verdiene for falltapene er representative.

2.3 Kontaktperson i NVE

Oppdragstaker vil få navn, telefonnummer og e-post til minst en kontaktperson i NVE. NVE skal informeres om oppstart av oppdraget og planlagt gjennomføring av feltarbeidet.

2.4 Prosjektoppfølgning

Oppdragstaker skal utarbeide en fremdriftsplan som presenteres for oppdragsgiver. Ved vesentlige avvik i framdrift og eventuelle forhold som har betydning for gjennomføringen og leveransen, skal NVE straks orienteres. Det skal avsettes tid til inntil to møter med oppdragsgiver i prosjektgjennomføringen. Arbeidsspråket skal være norsk.

NVE vil vurdere om det skal gjennomføres møte med presentasjon av foreløpige faresoner med oppdragstaker og andre relevante aktører. Det skal settes av tilstrekkelig tid til at foreløpige faresoner sendes kommunen via NVE, for gjennomsyn og tilbakemelding (ca. 2-4 uker), før endelig levering.

NVE informerer kommunen og evt. andre relevante aktører om oppstart arbeider.

2.5 Uttalelser til media og lokal befolkning

Spesielt i forbindelse med feltarbeidet vil oppdragstakeren kunne få henvendelser fra lokalbefolkningen og media.

På forespørsel fra lokalbefolkning, grunneiere osv. vil oppdragstaker stå fritt til å redegjøre for det faglige arbeidet som pågår, forutsatt at det nevnes at arbeidet skjer på oppdrag fra NVE og er en del av det nasjonale arbeidet med flomfarekartlegging av de potensielt mest utsatte områder med eksisterende bebyggelse. Oppdragstaker bør imidlertid ikke gå ut med foreløpige vurderinger eller kommentarer om lokale faresituasjoner. Ved forespørsler fra media (eks. intervju, filming osv.) skal oppdragsgiver varsles for avklaring om deltakelse og budskap.

Selv om oppdragstaker har avklart deltakelse i et intervju med oppdragsgiver, skal oppdragstaker ikke uttale seg om annet enn det aktuelle oppdraget, og skal henvise til oppdragsgiver ved spørsmål om flomfarekartlegging i statlig regi.

3 Datakilder

Dersom annet ikke er spesifisert, vil NVE vil levere nødvendig grunnlagsdata for å løse oppdraget. Dersom oppdragstaker finner vesentlige feil eller mangler i datagrunnlaget, som er av en slik art at oppdraget ikke kan løses i henhold til konkurransegrunnlaget, må oppdragstaker på et tidlig tidspunkt etter kontraktinngåelse orientere oppdragsgiver. Oppdragsgiver er ansvarlig for raskinnhenting av supplerende data. Alle data som genereres for å løse oppdraget, samt modellfiler og fult kjørbar modell, skal tilhøre NVE.

3.1 Hydrologiske data

3.1.1 Flomberegning

Flomberegning med kulminasjonsvannføringer for alle aktuelle gjentakintervall vil være en del av grunnlagsdata NVE forplikter seg til å levere for strekningen som skal kartlegges.

Flomberegningen skal inneholde vannstander for magasin eller naturlig vatn, som skal benyttes som initialvannstander og grensebetingelser.

Dersom to eller flere elver har samløp i området som skal modelleres, vil det i flomberegningen være spesifisert kombinasjoner av vannføringer som skal benyttes.

Lokaltilsig regnes som differanse mellom vannføring i øvre og nedre del av modellområdet. Lokaltilsiget legges inn som jevnt fordelte vannmengder (nedbør) langs elvestrengen eller vektet i forhold til Regineenheter langs elvestrengen.

3.1.2 Kalibreringsdata

Oppdragstaker vil få tilgang til kalibreringsdata der det er aktuelt.

3.1.3 Klimafremskrivninger

Oppdragstaker vil få overlevert det prosentvise klimapåslaget for år 2100, dersom det ikke er inkludert i flomberegningen for den strekningen som skal kartlegges. Beregninger for klimapåslag i år 2100, skal gjøres med en nedre grensebetingelse som beskrevet i avsnitt 4.2.2.

3.2 Topografisk datagrunnlag

Alle høyder skal oppgis i gjeldende høydesystem (vertikalt datum), normalt NN2000. Dersom oppdragstaker måler inn egne høyder, skal disse ha en absolutt horisontal- og vertikalnøyaktighet bedre enn $\pm 10\text{cm}$.

3.2.1 Laserdata og terrengmodell

Områdene omfattet av denne konkurransen er dekket av laserskannede data. NVE som oppdragsgiver sørger for tilgang til laserdata, samt FKB-data fra Kartverket. Data som gjøres tilgjengelig for oppdragstaker, skal ikke benyttes for andre formål enn gjennomføring av dette oppdraget.

Oppdragstaker skal utarbeide en terrengmodell basert på god kartografisk praksis med god oppløsning. Terrengmodellen skal være basert på beste tilgjengelige høydedata for strekningen som kartlegges.

3.2.2 Terrengbeskrivelse under vann

Der NVE leverer innmålte tverrprofiler som terrengbeskrivelse under vann, antar NVE at disse gir en tilstrekkelig beskrivelse av elven i horisontal- og vertikalplanet for å løse oppdraget. Oppdragstaker står fritt til å anvende disse data slik det er mest hensiktsmessig for å løse oppdraget.

3.2.3 Konstruksjoner

NVE gjør tilgjengelig tegninger med mål med nøyaktighet bedre enn $\pm 10\text{cm}$, av alle hydrauliske konstruksjoner som bruer, flomverk, kulverter m.m. på strekningen som skal kartlegges. I utgangspunktet skal alle hydrauliske konstruksjoner modelleres, men dersom oppdragstaker kan dokumentere at konstruksjoner har neglisjerbar hydraulisk effekt, kan disse utelates fra modellen.

NVEs sikringstiltak med avgrensning ligger tilgjengelig på NVE Atlas. Data om andre eventuelle relevante tiltak må fremskaffes av oppdragstaker, og oppdragsgiver må holdes orientert om dette.

3.2.4 Flybilder

NVE vil gjøre tilgjengelig flybilder fra Norge i Bilder el. i vanlige format ved behov.

4 Hydrauliske beregninger

Oppdragstaker skal utføre en hydraulisk beregning, som skal danne grunnlaget for farekart flom. Dersom oppdraget løses med 1D-modell, skal det utføres beregninger for alle flomverdier som NVE gjør tilgjengelig for prosjektet. Oppdragstaker skal på bakgrunn av de beregnede vannstander, utarbeide faresoner flom med for hhv, 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en 200-årsflom i et endret klima i år 2100. Oppdragsgiver oppgir i konkurransen om klimaframskrivning inngår i den enkelte kartlegging.

4.1 Kompetansekrav utførende

Utførende skal kunne dokumentere relevant utdanning og praksis for å kunne løse oppgaven. Utførende med NVE-godkjenning for Fagområde V for damsikkerhet er forhåndsgodkjent.

4.1.1 Krav til utdanning

Minimumskravet til utdanning for utførende er bachelor- eller mastergrad på ingeniørhøyskole eller universitetsnivå, med relevante fag innen vassdragsteknikk, strømningslære og hydraulikk i fagkretsen.

Minimumskravet til relevant fagkrets er grunnleggende kurs i hydromekanikk/fluid mechanics og i tillegg fag som gir fordypning i relevante hydrauliske problemstillinger. Fordypningsfagene bør normalt strekke seg over minst 1 semester og til sammen utgjøre en studiebelastning på et halvt semester (tilsvarende 15 studiepoeng ved NTNU).

Faget hydromekanikk/fluid mechanics forutsettes, med hovedvekt på vann, å dekke grunnleggende innføring i væskeegenskaper, hydrostatikk, dynamiske bevegelsesligninger, prinsippene om konservering av masse og energi og impulssetningen. Videre kommer grunnleggende anvendelsesområder som rørstrømning, kanalstrømning, lineær bølgeteori og drag- og løftekrefter på legemer og konstruksjoner.

Fagene i fagkretsen må dekke relevante hydrauliske beregninger deriblant hydrauliske beregningsmetoder for strømning i vassdrag (rør- og kanalstrømning). Fagene må blant annet gi kunnskap i beregning av forskjellige strømningstyper som ensformig og uensformig stasjonær strømning, samt beregning av flombølger (ikke-stasjonær strømning). Fordypningsfagene bør omfatte både analytiske og numeriske metoder for å beregne vannlinjer og flombølger i elver.

4.1.2 Krav til praksis

Prosjektansvarlig skal som et minimum ha 20 måneder med relevant praksis. NVE legger til grunn at praksisen må være variert og relevant for dette oppdraget. Videre må praksis dekke anvendelse av kunnskap ervervet i grunnleggende kurs i hydromekanikk. Relevant etterutdanning kan redusere kravet til praksis.

4.2 Krav til modellens løsningsmetodikk

Oppdragsgiver skal spesifisere i oppdragsbrevet hvilken modell som skal anvendes.

4.2.1 Modellverktøy

Dersom ikke annet er spesifisert i oppdragsbrevet, skal oppdragstaker vurdere hvilket modellverktøy som er være mest hensiktsmessig å bruke ut fra en totalvurdering av hydrauliske forhold, tilgjengelig datagrunnlag, nøyaktighet til sluttresultat og ressursbruk. Dersom det på deler av strekningen er komplekse strømningsforhold, som gjør det urimelig å anta at en 1D-modell vil gi gode nok resultat, skal disse strekningene modelleres i en 2D- eller 3D-modell.

Modellverktøyet skal for stasjonær strømning være basert på løsningen energilikningen og momentlikningen. For ikke-stasjonær strømning skal løsningen være basert på numerisk løsning av de dybdeintegrerte Navier-Stokes ligningene.

Dersom 2D- eller 3D-modeller nyttes, skal elementstørrelsen i beregningsnettet tilpasses, slik at signifikante hydrauliske elementer som bygninger, bruer, kulverter, infrastruktur, elvekanter, sikringstiltak m.m. representeres med tilstrekkelig nøyaktighet i modellen.

4.2.2 Grensebetingelser

Betydningen og relevansen til usikkerheten knyttet til grensebetingelsene skal vurderes og omtales i rapporten. Grensebetingelser i innsjøer eller magasiner fastsettes i flomberegningen, se Kapittel 3.1.1.

Ved utløp i sjø skal det benyttes *Høyvann med 1 års gjentaksintervall* (1-års stormflo) fra SeHavniva.no som nedre grensebetingelse, beregnet ved elven sitt utløp. Der det ikke finnes *Høyvann med 1 års gjentaksintervall*, kan det etter avtale med oppdragsgiver, benyttes Høyeste astronomiske tidevann (HAT).

For klimafremskrivninger skal nedre grensebetingelse i sjø settes lik beregnet 1-års stormflo i år 2100. Dette skal beregnes som summen av 1-års stormflo + prognosert havnivå (med hensyn på havnivåstigning) i år 2100 korrigeret for landheving. Havnivåstigningen finnes i rapporten «*Sea Level Change for Norway: Past and Present Observations and Projections to 2100*» (oppdatert utgave pr. 22.februar 2016), utgitt av Miljødirektoratet.

Grensebetingelser for elver med strømmende vann kan utledes, under forutsetning om at helningen til energilinjen tilsvarer helningen til vannlinjen eller elvebunnen. Fremgangsmåten forutsetter en hydraulisk vurdering, som tilsier at metoden er tilrådelig. Dersom det benyttes en annen grensebetingelse skal dette begrunnes. Grensebetingelsen bør ikke påvirke resultatet innenfor analyseområdet signifikant.

Dersom det ved modellens avslutning er forhold som tilsier at vannføringen kan være kritisk, skal det i beregningene benyttes *kritisk dybde* som grensebetingelse.

Der det er elvekraftverk ved en grensebetingelse skal NVE spesifisere hvilke grensebetingelser som skal benyttes.

4.3 Kalibrering

Den hydrauliske modellen skal kalibreres mot vannføringen ved oppmåling av tverrprofil/geometri. Der det er innmålte tverrprofiler med målt vannstand, bør modellen kalibreres ved hvert tverrprofil. Ved annen innmåling av elvegeometrien, bør modellen kalibreres mot minimum 1 punkt for hver 500m eller for hver meter endring i vannstand.

Kalibreringsdata for historiske flommer skal i sin helhet benyttes i arbeidet med å kalibrere modellen, dersom annet ikke er spesifisert. Det skal utøves faglig skjønn ved kalibrering. Det må begrunnes spesielt dersom beregnet vannstand avviker vesentlig fra observerte.

Dersom NVE ikke har kalibreringsdata, skal erfaringsbaserte verdier og/eller verdier fra relevant faglitteratur anvendes for den aktuelle modellen.

4.4 Konstruksjoner

Alle konstruksjoner som påvirker vannlinjeberegningene skal modelleres. Konstruksjoner innenfor analyseområdet trenger likevel ikke modelleres, dersom det vises samt dokumenteres at disse ikke påvirker beregnet vannstand (dybde), flomhastighet og strømforhold av betydning.

4.4.1 Bruer/kulverter

Kapasiteten til bruer og kulverter skal dokumenteres. Bruer som har et fribord på mindre enn 50 cm til ulike flomstørrelser skal omtales i rapporten. Hensikten med fribordet er for å sikre tilstrekkelig sikkerhet mot oppstuvning som følge av drivgods, is, m.m., som kan redusere kapasiteten.

4.4.2 Elvekraftverk

NVE leverer data for flomløpskapasitet og slukeevne i kraftverkene. For flommer med inntil 50-års gjentakintervall, skal det regnes som om at kraftverket går - det vil si at full kapasitet benyttes. NVE skal i samråd med kraftverkseier vurdere mulighetene for drift av kraftverket og manøvrering av luker ved store flommer. For flommer med 200- og 1000-årsflom, samt en evt. 200-årsflom med klimapåslag, skal beregningene gjøres både med og uten at kraftverket går. Forskjellen skal dokumenteres i notat for vannlinjeberegning.

4.4.3 Sikringstiltak

Dersom det er utført sikringstiltak på strekningen som skal kartlegges, må disse vurderes særskilt. Sikringstiltak er en samlebetegnelse på ledevoller, erosjonssikringer og flomvoller, der både utførelsen, tilstanden og dimensjoneringen av tiltaket vil være avgjørende i forhold til funksjonen under flom.

Oppdragstaker får tilgang til tilgjengelige data fra oppdragsgiver for dimensjoneringen av sikringstiltak innenfor analyseområdet. For flomverk legges dimensjonerende høyde, uten sikkerhetsmargin, til grunn i beregningene. Videre skal det i beregningene antas at flomvollene beholder formen uten å kollapse, selv ved overtopping.

Oppdragstaker skal presentere en skisse til løsningsforslag for hvert enkelt sikringstiltak, som skal godkjennes av NVE.

Grunnvannstrømning mellom elv og elvesletter, samt infiltrasjon i grunnen på elveslettene, kan neglisjeres i beregningene.

4.5 Massetransport og is

Vannlinjeberegningene utføres under forutsetning om at det ikke er massetransport eller is i vannet (rent vann). Oppdragstaker skal ikke fullstendig kartlegge fare knyttet til massetransport og is, men skal beskrive kjente farer i vassdraget som kan påvirke fremtidige flomforhold.

Oppdragstaker skal beskrive evt. massetransport på strekningen som skal kartlegges, og vurdere potensialet for massetransport ved fremtidig stor flom. Eksempel på datagrunnlag som kan brukes i vurderingene er bilder fra vassdraget, erosjonssikringer, profilendringer ved målestasjoner i vassdraget, suspendert masse i vannet, kvartærgeologiske kart (løsmassekart) fra NGU og kalibreringsdata.

Flomfare knyttet til is-relaterte prosesser skal beskrives der det er kjente utfordringer knyttet til dette.

4.6 Følsomhetsanalyse

Oppdragstaker skal utføre følsomhetsanalyse for vannføringen og falltapene i modellen. Det skal også utføres følsomhetsanalyser på andre relevante modellparametere. Resultatene av følsomhetsanalysen presenteres i vannlinjenotatet og skal være med på å danne grunnlaget for fastsetting av et anbefalt påslag (sikkerhetsmargin) ved praktisk bruk av de beregnede vannstander.

I følsomhetsanalysen av flomberegningen skal 200-årsflommen økes med 10%. Tilsvarende skal falltapene økes med et faglig begrunnet påslag.

4.7 Usikkerhet

Nøyaktigheten og usikkerheten av en hydraulisk beregning avhenger av mange faktorer, som for eksempel flomberegningen, modellparametere, geometri og grensebetingelser. Usikkerheten i de beregnede vannstandene, vannhastighetene og de ulike feilkilder representerer skal vurderes og dokumenteres.

Utførende skal anbefale et faglig begrunnet påslag på de beregnede vannstander som skal anvendes som en anbefalt sikkerhetsmargin ved praktisk bruk av kartene.

4.8 Sikkerhetsmargin

Oppdragstaker skal vurdere nøyaktigheten til modellen og de viktigste feilkildene. Usikkerhetene skal beskrives kvantitativt. Følgende momenter skal omtales; usikkerhetsmomenter i modellen, samsvar med kalibreringsdata, massetransport i elven, fare for tilstopping av kulverter/bruer, høydeforskjell innersving/yttersving og fare for oppstuvning.

Basert på vurderingen av feilkildene og følsomhetsanalysen, skal modellens feilmargin angis kvantitativt. Oppdragstaker skal etter en totalvurdering av følsomhetsanalysen, flomberegningen, usikkerhetsmomenter, nøyaktigheten til kalibreringen og høydedata m.m., anbefale en sikkerhetsmargin for praktisk bruk av kartene. Sikkerhetsmarginen bør ikke være vesentlig større enn 1/3 av differansen mellom gjennomsnittlig vannstand for 20- og 200-årsflom.

5 Faresoner flom – analyse

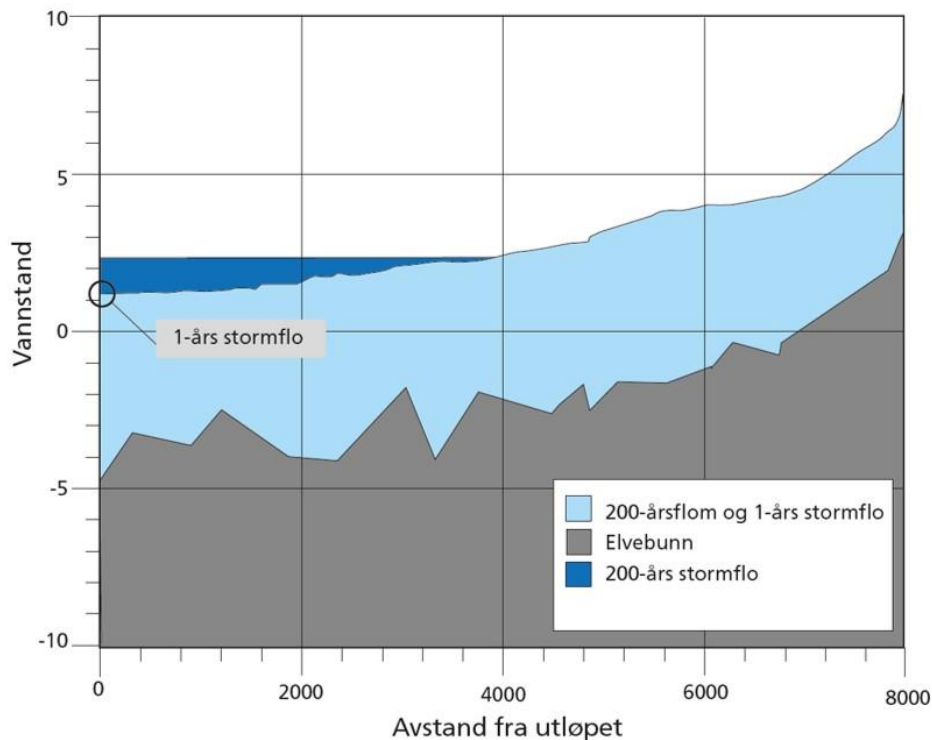
Oppdragstaker skal utarbeide flomsone som viser oversvømt areal basert på resultatet fra den hydrauliske modellen og terrengmodellen for hhv, 20-, 200- og 1000-årsflom, samt evt. 200-årsflom i et endret klima i år 2100.

Kartleveransen består av en avgrensning av analyseområdet, faresoner, terrengmodell, dybdekart, tverrprofiler eller vannstandskoter og lavpunktanalyse. Faresonene med avgrensning skal være glattet og utarbeidet i tråd med god kartografisk praksis.

Faresonene skal utformes med samme grafiske uttrykk som NVEs flomsonekart.

5.1 Analyseområde

Oppdragsgiver avgrensner analyseområdet. Dette er gitt i konkurransegrunnlaget for den enkelte kartlegging.



Figur 1: Den høyeste vannstanden for et gitt gjentaksintervall, uavhengig av om hendelsen skyldes flom i elven eller høy vannstand ved utløpet.

5.2 Faresoner flom

Det skal utarbeides flomsoner og flomdybdekart for 20-, 200- og 1000-årsflommen, i tillegg til eventuelle framskrivninger av klima for 200-årsflommen i et endre klima i år 2100. For 200-årsflommen skal det utføres en lavpunktanalyse for 2D modellering. For 1D- modeller skal flompolygoner som ikke henger direkte sammen med vannstrengen kodes som «lavpunkt» og markeres på kart i henhold til *Presentasjonsregler flomsone*.

Det skal være mulig å finne beregnede vannstander i rapporten enten ved å lese direkte av kotene i kartet eller fra tabeller. Dersom det nyttes koter skal disse glattes i samsvar med god kartografisk praksis uten at de krysser hverandre.

I kartanalysen skal faresoner med mindre utstrekning enn 50m² neglisjeres.

5.3 Flomsoneanalyse

Flomsoner skal vise den høyeste vannstanden for hvert gjentaksintervall, uavhengig av om det er flomutbredelse fra elv, innsjø eller sjø.

Dersom beregningene utføres med en 1D-modell, må vannstandene interpoleres mellom tverrprofilene. Flomsonen skal i størst mulig grad representere situasjonen i en fremtidig flom. Flomsonen eller tilgrensende areal skal ikke ha brå endringer i vannstander som ikke lar seg forklare hydraulisk. Tverrprofil skal ikke krysse hverandre eller dekke områder med opplagt ulik vannstand eller hastighet. Oppdragstaker skal forlenge og knekke eksisterende tverrprofil utenfor vanndekt areal der det er nødvendig, samt interpolere eller hente nye tverrprofil fra terrengmodellen. Dersom modifiserte tverrprofil nyttes i modellen, skal endringene beskrives samt at alle endrede og nye tverrprofil være med i leveransen.

Spesielle vurderinger av flomvannstander ved samløp, fordelingen av vann i de ulike løpene der elven deler seg og bakvannsanalyser skal være vurdert og analysert. En bakvannsanalyse er en analyse av hvor langt oppover i sidevasdrag flomvannstanden i hovedløpet påvirker.

Resultatet fra en 2D- eller 3D-modell kan brukes direkte som flomsone, såfremt flomsonen sin randsone blir glattet i henhold til god kartografisk praksis. I tillegg skal det ikke være vesentlig høydedifferanse mellom randsonen av flomsonen og terrengmodellen.

5.3.1 Vannstander

Dersom det benyttes en 1D-modell, skal alle tverrprofilene markeres med nummer på kart. Vannstander for alle gjentakintervallene som er beregnet, skal stå i tabellform i rapporten.

Tilsvarende skal resultatene for 2D- eller 3D-modeller fremstilles som vannstandskoter på kartet. Vannstanden skal være påskrevet for hver hele meter og hver halvmeter skal stiples med linjer.






5.3.2 Lavpunktanalyser

I flomsoneanalysen skal arealer som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden, men som er uten direkte forbindelse med elva markeres. Dette kan være områder som ligger bak flomverk, men også områder som har forbindelse via en kulvert eller via grunnvannet. Disse områdene tegnes i henhold til *Presentasjonsregler flomsone* for 200årsflommen og eventuelle framskrivninger av klima for 200-årsflommen i et endre klima i år 2100.

«Lavpunkt» skal ikke ha naturlige dreinsveier og skal derfor ikke ha fall. I en kartanalyse må «lavpunkt» sammenfalle med *sink*, som er område i terrengmodell grid som er avgrenset av høyereliggende celler. En *sink* vil kunne fylles med vann ved nedbør eller flom, men vannstanden vil ikke bli vesentlig høyere enn høyden til avløpet. I analysen skal vannstanden begrenses til høyden på utløpet og vannstanden i hele lavpunktet skal være lik.

5.3.3 Dybdekart







Ved fremstilling på kart skal flomdybden presenteres i henhold til gjeldene praksis i NVE. Flomdybder skal tegnsettas som vist i Figur 2.

Klassenavn	RGB-verdier	Symbol
<0.5	179 - 224 - 255	
0.5 - 1.0	128 - 199 - 255	
1.0 - 1.5	77 - 176 - 255	
1.5 - 2.0	51 - 163 - 255	
>2.0	0 - 105 - 191	

Figur 2: Fargeskala for flomdybde

5.3.4 Hastighetskart

Dersom hele eller deler av oppdraget er løst med en 2D- eller 3D-modell, skal det for områdene som er modellert med 2D- eller 3D leveres absolutte vannhastigheter og retninger for beregnede flomstørrelser. Dataene skal levers i et egnet format etter avtale med oppdragsgiver. Ved fremstilling på kart skal absolutte vannhastigheter presenteres i henhold til gjeldene praksis i NVE, se Figur 3.

Klassenavn	RGB-verdier	Symbol
0.0-0.5	0 - 97 - 0	
0.5-1.0	99 - 154 - 0	
1.0-1.5	198 - 219 - 0	
1.5-2.0	255 - 215 - 0	
2.0-2.5	255 - 134 - 0	
>2.5	255 - 40 - 0	

Figur 3: Fargeskala for vannhastigheter

Retningen til vannet skal presenteres på kartet i rapporten i henhold til god kartografisk praksis. Dette innebærer blant annet at retningen på vannet må la seg bestemme med et tilstrekkelig detaljnivå på det trykte kartet. Vannretningen skal angis i kartet med piler.

6 Andre faremomenter i området

Andre faremomenter, som ikke skyldes typiske vassdragsprosesser relatert til flom, skal systematisk omtales og presenteres i rapporten. Dette kan typisk være isrelaterte prosesser, erosjon, sediment og masseavlagring. Disse problemområdene er det viktig å være klar over, for eks. i forbindelse med arealplanlegging. Områder som kan være potensielt utsatt for andre faremomenter skal avmerkes på et kart i rapporten og omtales.

7 Rapportering og leveranseformat

Leveransene skal publiseres i NVEs innsynsløsninger. Flomsonene skal leveres på gitt format for sammenstilling i NVEs temadatasett faresoner flom. Rapporten ha NVEs profil og publiseres i NVEs rapportserie. Rapporten skal skrives i NVEs mal for den type rapport. Oppdragstakers logo skal ikke være med i rapporten. Utførende skal krediteres på figurer og kart, med firmaets navn i en grafisk nøytral font plassert i tekstboksen. NVEs logo skal være i farge og plassert i tekstboksen til kartet. Rapporten skal ikke ha vannmerke, topp- og bunntekst eller inneholde markedsføring av oppdragstaker.

Rapporten og alle skriftlige leveranser skal være skrevet på norsk med presis og god språkføring, uten skrivebeskyttelse og leveres digitalt i et format som er støttet i Microsoft Office 2013. Rapporten kan skrives på nynorsk der dette er hovedmålføre, men kun dersom utførende har godt skriftlig uttrykk på nynorsk. NVE står fritt til å gjenbruke materiale i leveransen, herunder bilder og figurer. Kart, bilder og andre vedlegg, som inngår i rapporten, skal være i farge.

7.1 Befaringsnotat

Befaringen skal dokumenteres med bilder og et befaringsnotat. Oppdragstakeren skal levere bilder av alle konstruksjoner i vassdraget, samt hydraulisk kompliserende geometrier som er relevant for oppdraget. Der det ikke er kalibreringsdata, skal falltapene i vassdraget dokumenteres med et utvalg av bildematerialet fra befaringen. Bildene skal leveres digitalt i JPG-format med høy oppløsning.

7.2 Hydraulisk modell og notat

Hydraulisk beregning (vannlinjeberegning) skal dokumenteres i form av et vannlinjenotat. Hovedpunkter i dette notatet skal også inngå som del av sluttrapport. Sluttdokumentasjon skal være gjennomgått av kontrollør. Sluttrapporten skal blant annet inneholde;

Figurer som illustrerer alle hydrauliske konstruksjoner i vassdraget med mål. Der det foreligger brutegninger fra Statens Vegvesen eller Jernbaneverket, skal disse ligge vedlagt i vannlinjenotatet sammen med bilde av den aktuelle konstruksjonen. I vannlinjenotatet skal det dokumenteres hvordan bruene er modellert og det skal være plott av alle hydrauliske konstruksjoner med beregnede vannstander. For bruer/kulverter som ikke lar seg modellere med frispeilsstrømning, skal det dokumenteres på hvilken flomstørrelse bruene forlater frispeilsstrømning. For flomverk skal områder med for lav sikkerhet mot ulike flomstørrelser identifiseres.

Der det foreligger kalibreringsdata, skal observerte og beregnede vannstander, med samhørende vannføring, gjengis i tabellform i vannlinjenotatet. Beregnede og observerte vannstander sammenstilles i tabell. Valgte ruhetstall skal dokumenteres i vannlinjenotatet.

Navn og versjonsnummer på all anvendt programvare skal spesifiseres. Videre skal det fremgå hvordan oppgaven er løst med en detaljert beskrivelse og begrunnelse av løsningsmetoden. Alle relevante hydrauliske parametere og konstruksjoner, forgreninger, samløp, grensebetingelser m.m. skal være beskrevet i rapporten. Spesielle vurderinger av flomvannstander ved samløp, fordelingen av vann i de ulike løpene der elven deler seg og bakvannsanalyser skal være beskrevet i notatet. En bakvannsanalyse er en analyse av hvor langt oppover i sidevassdrag flomvannstanden i hovedløpet påvirker. Følsomhetsanalysen og sikkerhetsmarginen skal begrunnes.

For 2D- eller 3D-modeller skal det følge en detaljert beskrivelse av beregningsnettet og oppbygningen av denne. Det skal dokumenteres hvilken gjennomsnittlig elementstørrelse og elementtype som er benyttet.

Resultatene skal gjengis i tabellform med profilnummer, vannstand og gjentakintervall dersom det er benyttet en 1D-modell.

Foreløpig utgave kvalitetssikret rapport skal levers i Pdf-format til NVE for gjennomlesning. Oppdragstaker vil få klarsignal for ferdigstilling av den endelige leveransen med evt. rettinger og presiseringer, etter at foreløpig materiale er gjennomgått av NVE.

Oppdragstaker skal kvalitetssikre leveransen med sidemannskontroll av forutsetninger, beregninger og vurderingsgrunnlag og konklusjoner. Kontrolløren oppsummerer kvalitetssikringen i et eget notat som følger leveransen til oppdragsgiver.

7.3 Flomsone digitalt

Alle horisontale koordinater skal baseres på EUREF89 som geodetisk datum, og oppgis som metriske UTM-koordinater i gjeldende sone i Norge (32, 33, 35). Alle høyder skal oppgis i gjeldende høydesystem (vertikalt datum), normalt NN2000. Kartdata skal leveres i henhold til produktspesifikasjonen for flomsone, <http://sosi.geonorge.no/Produktspesifikasjoner/>. Dersom produktspesifikasjonen ikke omtaler den aktuelle faresonen, skal den leveres på format etter avtale med NVE.

Digital levering av data skal være i henhold til produktspesifikasjonen (Norge Digitalt, DOK). Terrengmodellen, dybder og hastigheter skal leveres som raster med henholdsvis høyde, dybde og hastighet som verdier. Hastigheter skal også levers som et datasett for retningen til hvert beregningspunkt og eventuelt datasett brukt i kartpresentasjonen. Dybderaster skal ha samme oppløsning som terrengmodellen.

Kart og data som skal inngå i leveransen er listet nedenfor:

- 1) Kart som viser avgrensningen av det kartlagte området.
- 2) Leveransen skal inneholde beregnede vannstander og vanndybder. Dersom det er gjort 2D- eller 3D-beregninger, skal også vannhastigheter og vannretninger levers. Alle resultater skal være georefererte og leveres på format etter avtale med oppdragsgiver.
- 3) Faresoner for 20-, 200- og 1000-årsflom, samt evt. faresone for 200-årsflom i et endret klima år 2100. Leveres på digitalt format (SOSI eller shape-format).

7.4 Rapport

Rapporten skal inneholde en beskrivelse av oppgaven, hvordan den er gjennomført og evt. beskrivelse av spesielle forhold ved gjennomføringen. Spesielle forhold kan for eksempel være usikkerhet knyttet til fordeling av vann i løpene, der elven deler seg i to eller flere løp.

Rapporten med alle vedlegg skal være i stående A4-format. Faresonen for 20- og 1000-årsflommen skal vises separat i rapporten, mens 200-årsflommen skal vises sammen med evt. klimafremskrivning av 200-årsflommen i år 2100. Flomdybdene skal vises med blå fargeskala for flomdybde, se avsnitt 5.3.3.

Faresonen for klimafremskrivningen av 200-årsflommen skal vises med rosa farge. De skal være mulig å identifisere flomutsatte bygninger direkte fra kartet.

Kartene skal, avhengig av analyseområdets avgrensning, være på en side eller dekke midtsider i rapporten (tilsvarende liggende A3-format). Målestokken til kartene skal gjøre det mulig å se avgrensningen av flomsone i forhold til berørte bygninger og infrastruktur. *GeocacheGraatone* fra Geodata Online eller liknede kart med samme detaljeringsgrad, skal brukes som bakgrunnskart. Kartene i rapporten skal følge tegnereglene for nyeste wms.

Videre skal rapporten inneholde en beskrivelse av gjennomføringen av prosjekt og hvilke data som er benyttet. Det skal også være med et utdrag fra flomberegningen, som belyser de viktigste forholdene i flomberegningen. Dersom oppdragstaker har gjort oppmålinger i felt, skal det henvises til aktuell dokumentasjon.

Oversiktskart skal vise beliggenhet av eventuelle profiler med profilnummerering. Dersom det ikke er benyttet tverrprofil for å løse oppgaven, skal utstrekningen til modellen vises i kart.

I rapporten skal flomutsatt areal og verdier for flommer med 20-, 200- og 1000-års gjentaksintervall beskrives, samt ved et evt. endret klima for 200-årsflommen i år 2100.

7.5 Hydraulisk modell

Modelloppsettet, inkludert alle filer som er brukt under utarbeiding og kjøring av en evt. modell, skal følge leveransen. Modellen skal være fullt kjørbart og NVE skal kunne bruke den videre i sitt arbeid. Modellen skal være NVEs eiendom.

8 Vedlegg

8.1 Bruk av NVEs logo

- NVEs Logo skal plasseres øverst, og sentrert, i "boks" for kartinformasjon
- Nederste felt i boksen skal leverandør synliggjøres på følgende måte: "Kartet er utarbeidet av "leverandør", på oppdrag fra NVE.
- Logo ligger vedlagt i EPS-format. Logoen skal ha en minimums bredde på 16 mm. Høyden på logoen skal skaleres proporsjonalt med bredden.
- Logo skal ikke plasseres på eller i kart.

8.2 Eksempel flomsonekart 200-årsflom (2D)

8.3 Eksempel hastighetskart (2D)

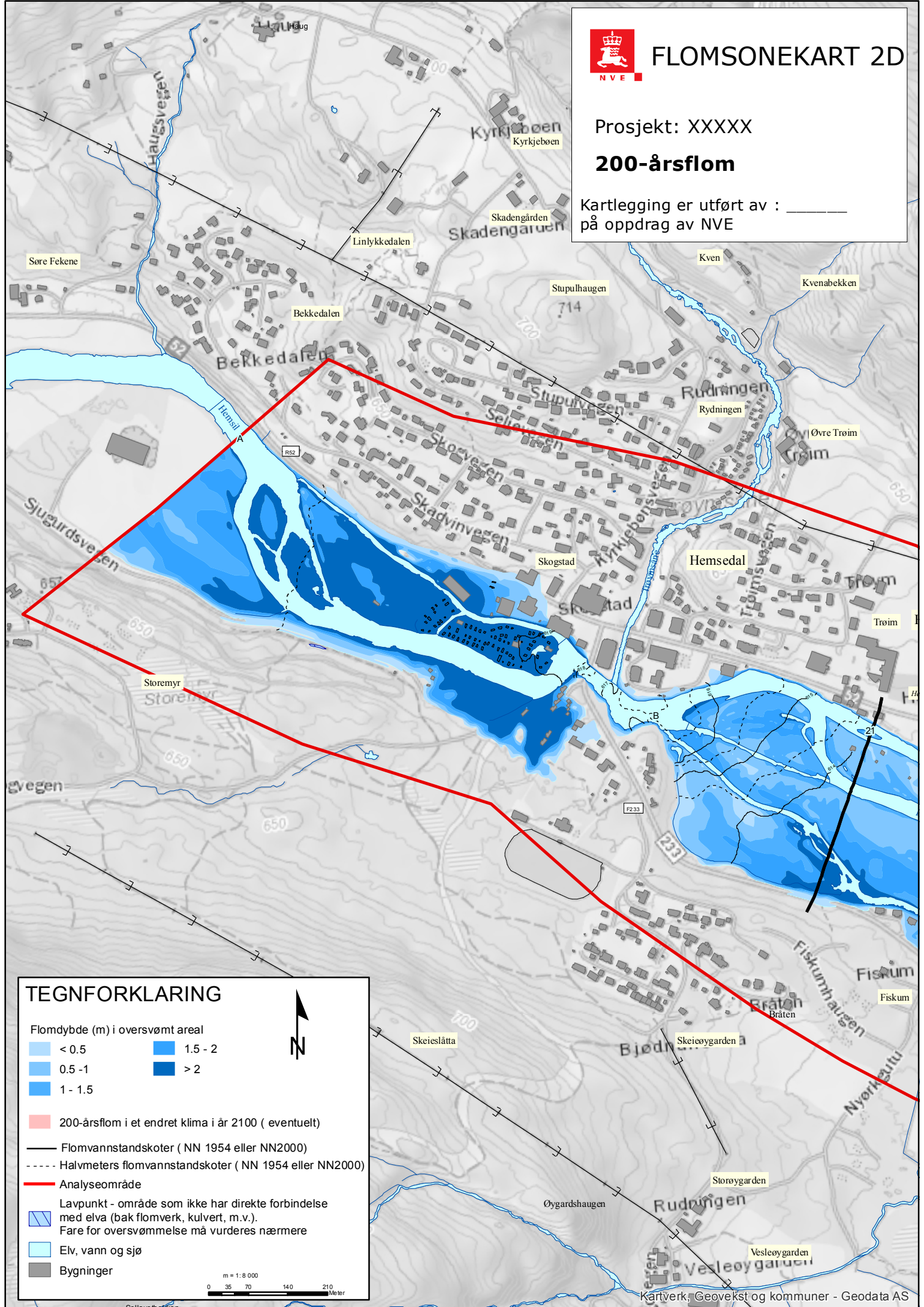


FLOMSONEKART 2D

Prosjekt: XXXXX

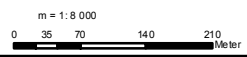
200-årsflom

Kartlegging er utført av : _____
på oppdrag av NVE



TEGNFORKLARING

- Flomdybde (m) i oversvømt areal
 - < 0.5
 - 0.5 - 1
 - 1 - 1.5
 - 1.5 - 2
 - > 2
- 200-årsflom i et endret klima i år 2100 (eventuelt)
- Flomvannstandskoter (NN 1954 eller NN2000)
- Halvmeters flomvannstandskoter (NN 1954 eller NN2000)
- Analyseområde
- Lavpunkt - område som ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert, m.v.). Fare for oversvømmelse må vurderes nærmere
- Elv, vann og sjø
- Bygninger



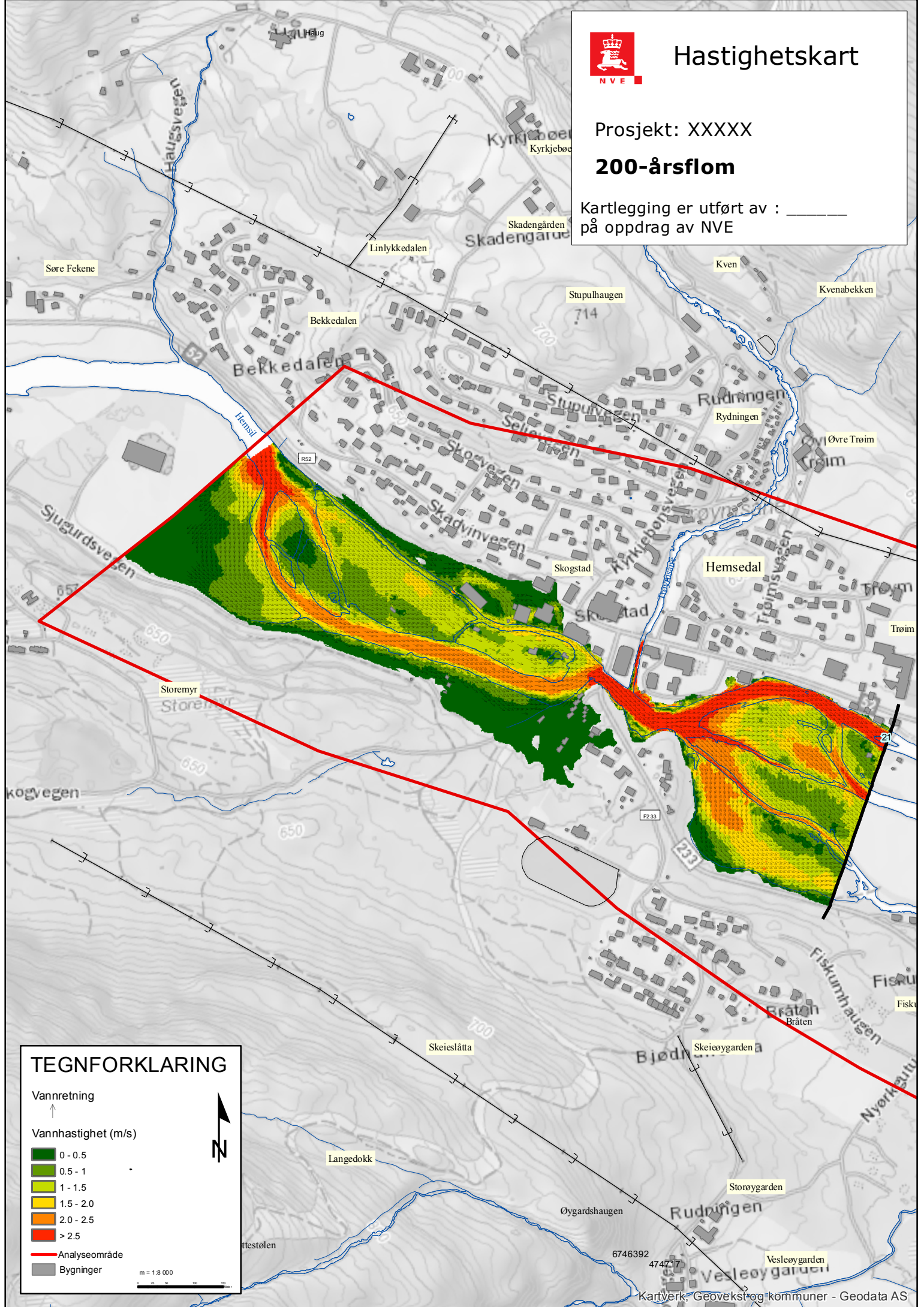


Hastighetskart

Prosjekt: XXXXX

200-årsflom

Kartlegging er utført av : _____
på oppdrag av NVE



TEGNFORKLARING

Vannretning

Vannhastighet (m/s)

- 0 - 0.5
- 0.5 - 1
- 1 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- 2.0 - 2.5
- Analyseområde
- Bygninger



m = 1:8 000

