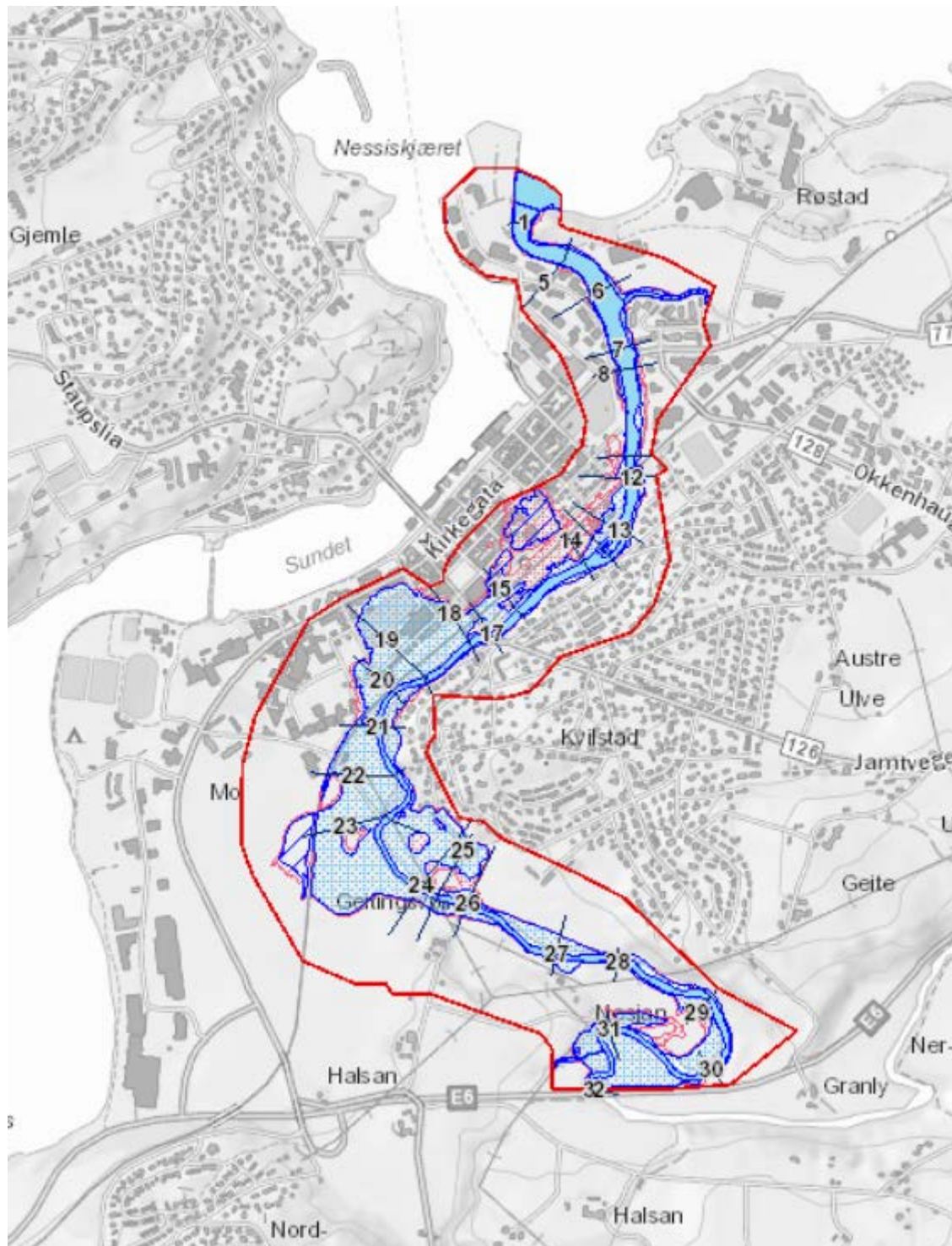


Farekartlegging av flom på oppdrag fra NVE - Kravspesifikasjon



Innhold

1	OPPDRAGSBESKRIVELSE	4
2	INNLEDNING	5
2.1	KONTAKTPERSON I NVE	5
2.2	FREMDRIFTSPLAN	5
2.3	PROSJEKTOPPFØLGING	5
2.4	UTTALELSER TIL MEDIA OG LOKAL BEFOLKNING	5
3	KOMPETANSEKRAV	6
3.1	KRAV TIL UTDANNING	6
3.2	KRAV TIL PRAKSIS	6
4	BEFARING	6
4.1	TIDSPUNKT FOR BEFARING	6
4.2	GJENNOMGANG AV GRUNNLAGSDATA	6
4.3	BEFARING	7
4.4	KALIBRERINGSDATA	7
5	GRUNNLAGSDATA	7
5.1	RETTIGHETER	7
5.2	HYDROLOGISKE DATA	8
5.2.1	<i>Flomberegning</i>	<i>8</i>
5.2.2	<i>Klimaframskrivninger</i>	<i>8</i>
5.3	TOPOGRAFISK DATAGRUNNLAG	8
5.3.1	<i>FKB-data vann</i>	<i>8</i>
5.3.2	<i>Flybilder</i>	<i>8</i>
5.3.3	<i>Terrengmodell land</i>	<i>9</i>
5.3.4	<i>Vanndekt areal</i>	<i>9</i>
5.3.5	<i>Planlagte tiltak</i>	<i>9</i>
5.3.6	<i>Hydrauliske konstruksjoner</i>	<i>9</i>
5.4	KALIBRERINGSDATA	9
6	HYDRAULISKE BEREGNINGER	10
6.1	MODELLVERKTØY	10
6.2	GRENSEBETINGELSER	10
6.2.1	<i>Utløp i sjø</i>	<i>10</i>
6.2.2	<i>Strømmende vann</i>	<i>11</i>
6.2.3	<i>Dammer og naturlige vatn</i>	<i>11</i>
6.3	KALIBRERING	11
6.4	HYDRAULISKE KONSTRUKSJONER	11
6.4.1	<i>Bruer og kulverter</i>	<i>11</i>
6.4.2	<i>Kraftverk og magasin</i>	<i>12</i>
6.4.3	<i>Flomverk</i>	<i>12</i>
6.5	FØLSOMHETSANALYSE	12
6.5.1	<i>Vannføring</i>	<i>12</i>
6.5.2	<i>Ruhet</i>	<i>12</i>
6.5.3	<i>Hastighetshøyde</i>	<i>12</i>
6.5.4	<i>Profilendringer</i>	<i>13</i>
6.6	ANDRE HYDRAULISKE MODELLER	13
6.7	USIKKERHET OG SIKKERHETSMARGIN	13
7	FLOMSONEANALYSE	13
7.1	ANALYSEOMRÅDE	13
7.2	FLOMVANNSTANDER (MOH.)	14

7.2.1	1D-modell	14
7.2.2	2D-/3D-modeller.....	15
7.3	FLOMSONER OG FLOMDYBDE	15
7.4	VANNHASTIGHETER	15
7.5	EKSTREMVANNSTANDSANALYSE	15
7.6	LAVPUNKTSANALYSER	16
8	RAPPORTERING OG LEVERANSEFORMAT	17
8.1	BEFARINGSNOTAT	18
8.2	VANNLINJENOTAT.....	18
8.2.1	Kalibrering	18
8.2.2	Hydrauliske konstruksjoner	18
8.2.3	Spesielt om bruer.....	18
8.2.4	Spesielt om flomverk	18
8.2.5	Flomvannstander (moh.)	19
8.2.6	Spesielt for 2D-/3D-modeller.....	19
8.2.7	Kvalitetssikring	19
8.3	GIS-NOTAT	19
8.4	SLUTTRAPPORT	19
8.4.1	Oversiktskart	19
8.4.2	Flomberegning	19
8.4.3	Topografisk datagrunnlag.....	19
8.4.4	Hydraulisk modell.....	20
8.4.5	Kalibrering	20
8.4.6	Flomvannstander (moh.)	20
8.4.7	Vannhastigheter (m/s)	20
8.4.8	Kart i sluttrapport.....	20
8.4.9	Andre flomrelaterte farer i området	21
8.5	HYDRAULISK MODELL	21
8.6	GIS-LEVERANSER	21
9	VEDLEGG	22
9.1	FARGESKALAER	22
9.2	FLOMSONEKARTUSNITT 200-ÅRSFLOM (1D) MED KLIMAFRAMSKRIVNINGER	23
9.3	FLOMSONEKARTUSNITT 200-ÅRSFLOM (2D)	24
9.4	HASTIGHETSKARTUSNITT (2D).....	25
9.5	UTDRAG PRODUKTSPEKIFIKASJON FLOMSONE	26
9.5.1	FlomAreal:	26
9.5.2	Analyseområdet:	27
9.5.3	Tverrprofil:.....	28
9.5.4	Kurver med flomvannstand:	29

1 Oppdragsbeskrivelse

NVE har siden 1998 arbeidet med flomsonekartlegging av vassdrag. Detaljerte flomsonekart med høy nøyaktighet, er et viktig verktøy for god og riktig arealplanlegging. Videre er styring av arealbruken det absolutte viktigste tiltaket for å holde risikoen for flomskader på et akseptabelt nivå. På oppdrag fra NVE, skal det utarbeides detaljerte flomsonekart (farekart flom) som identifiserer flomutsatte områder. Det forutsettes at oppdragstaker er kjent med Byggeteknisk forskrift TEK17, spesielt § 7-2, som fastsetter sikkerhetskravene mot flom og stormflo for ulike kategorier bygg.

Dersom annet ikke er spesifisert, står oppdragstaker fritt til selv å velge hydraulisk modellverktøy og arbeidsmetode, såfremt kravene i konkurransegrunnlaget og denne kravspesifikasjonen oppfylles. Oppdragstaker er ansvarlig for å velge en modell eller kombinasjon av modeller, som gir en detaljert beskrivelse av hvor vannet renner og flomhøydene (moh.) for alle gjentakintervall innenfor analyseområdet. I dette ligger det at dersom hydrauliske konstruksjoner som f.eks. bruer gir oppstuvning, skal oppdragstaker kartlegge oversvømmelse som følge av oppstuvningen og hvor vannet evt. renner.

NVE vil angi øvre og nedre avgrensing eller på annen måte angi strekningen som skal kartlegges. Oppdragstaker er ansvarlig for å foreta en nærmere avgrensing og justere avgrensningen i forhold til hvilke områder som er analysert og flomutsatt som følge av flom i hovedelv, stormflo og flomvannstander (moh.) i vatn/magasin. Områder i sidevassdrag som er flomutsatte som følge av flom i hovedelven, skal være inkludert i avgrensningen. Dersom tilstøtende områder i sidevassdrag har lav eller ingen helning, slik at flommen i hovedelven får en unaturlig stor utbredelse, skal avgrensningen til analyseområdet fastsettes i samråd med NVE.

Resultatet i form av flomsoner, skal vise oversvømt areal for flommer med gitte gjentakintervall. Faresonen for et gitt gjentakintervall, skal vise oversvømmelse uavhengig av om oversvømmelsen skyldes flom fra elv, høy vannstand i sjø (stormflo) eller høy vannstand i vatn/magasin. Det skal også utarbeides flomdybder for alle beregnede gjentakintervall. For 2D-/3D-modeller skal det i tillegg utarbeides kartprodukter, som viser de absolutte horisontale vannhastighetene og retningene. Alle flomsoner skal være glattet tilsvarende NVEs eksempelkart og være kodet i henhold til produktspesifikasjonen for flomsone. Rapportering og leveranse er nærmere omtalt i kapittel 8.

Utarbeidelse av faresonekart innebærer en gjennomgang av eksisterende datagrunnlag, befaringsforhold for å undersøke forhold som har betydning for flomforholdene, modellering og en detaljert kartanalyse som identifiserer flomutsatt areal. Denne kravspesifikasjon gjelder særskilt krav som stilles til omfang av undersøkelser, analyser og beregninger, samt dokumentasjon og rapportering av resultater.

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

2 Innledning

2.1 Kontaktperson i NVE

Oppdragstaker vil få navn, telefonnummer og e-post til minst en kontaktperson i NVE.

2.2 Fremdriftsplan

Oppdragstaker skal ved kontraktsinngåelse ha klar en fremdriftsplan som viser når og hvordan oppdraget tenkes gjennomført.

I denne fremdriftsplanen skal det som minimum inngå når feltarbeidet er planlagt gjennomført og inneholde fristene satt i konkurransegrunnlaget:

- Levering av befaringsnotat og bilder fra befaring
- Levering av vannlinjenotat, hydraulisk modell og foreløpige flomsoner
- Levering av endelig rapport med faresoner og alle vedlegg.

Andre milepæler som oppdragstaker setter kan også tas med i fremdriftsplanen.

2.3 Prosjektoppfølgning

Ved avvik i framdrift og andre eventuelle forhold som har betydning for gjennomføringen og leveransen, skal NVE straks varsles både muntlig og skriftlig. Det skal avsettes tid til inntil to møter i NVEs lokaler for prosjektgjennomføringen, i tillegg til deltakelse på overleveringsmøte med kommunen og evt. andre relevante aktører. Dersom annet ikke er spesifisert i konkurransegrunnlaget, skal det gjennomføres et oppstartsmøte og et møte der oppdragstaker presenterer modellen og de foreløpige flomsonene. Arbeidsspråket skal være norsk.

Det skal settes av tilstrekkelig tid til at kommunen kan gi tilbakemelding på de foreløpige flomsonene (ca. 2-4 uker) før endelig levering. NVE oversender foreløpige faresoner til kommunen og videresender kommunens tilbakemelding til oppdragstaker.

NVE informerer kommunen og evt. andre relevante aktører om oppstart av arbeidene.

2.4 Uttalelser til media og lokal befolkning

Spesielt i forbindelse med befaring 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 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 NVE varsles for avklaring om deltakelse og budskap.

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

3 Kompetansekrav

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

3.1 Krav til utdanning

Minimumskravet til utdanning for medarbeiderne på prosjektet er mastergrad på universitetsnivå, med relevante fag innen vassdragsteknikk, strømningslære og hydraulikk i fagkretsen.

Minimumskravet til relevant fagkrets er grunnleggende kurs i hydromekanikk/fluid mechanics, i tillegg til 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).

Fag med tilsvarende innhold som *TVM4116 – Hydromekanikk* ved NTNU forutsettes. Faget skal ha hovedvekt på vann og 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 beregningsmetoder, deriblant hydrauliske beregningsmetoder for friskeisstrømning 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 ikke-stasjonær strømning. Fordypningsfagene bør omfatte både analytiske og numeriske metoder for å beregne vannstander (moh.) og flombølger i elver.

3.2 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 arbeid med utarbeiding av detaljerte faresoner for flom. Relevant etterutdanning kan redusere kravet til praksis.

4 Befaring

NVE forutsetter at medarbeiderne og sidemannskontrollør på prosjektet foretar minst en grundig befaring av området som skal kartlegges.

4.1 Tidspunkt for befaring

Oppdragstaker skal planlegge og gjennomføre befaring(er) med gunstige observasjonsforhold med tanke på vær og vassdragsforhold (isfritt, vannføring, vannstand (moh.) osv.). NVE skal i rimelig tid informeres skriftlig om planlagt tidspunkt for befaring, for å evt. å kunne møte oppdragstaker på stedet for å delta på befaringen.

4.2 Gjennomgang av grunnlagsdata

Oppdragstaker skal før befaringen ha en grundig gjennomgang av grunnlagsdata, slik at oppdragstaker under befaringen vil kunne avdekke om det er behov for supplerende målinger. NVE skal varsles muntlig og skriftlig så snart som mulig, dersom grunnlagsdata har feil eller mangler som gjør at oppdraget ikke kan løses som forutsatt. Dette gjelder data for både hydrauliske konstruksjoner og geometri, som det må

antas har vesentlig hydraulisk effekt. Plasseringen til konstruksjoner som ikke er med i datagrunnlaget skal markeres på kart.

4.3 Befaring

Medarbeiderne på prosjektet skal foreta minst en grundig befaring. Kravet om befaring gjelder også for medarbeidere skal utarbeide faresoner eller utføre sidemannskontroll. Dette kravet gjelder fordi en ønsker at alle medarbeidere skal ha en god oversikt og kjennskap til utfordringene i prosjektet, og dermed kunne gjøre gode vurderinger og valg i forbindelse med utarbeiding av modell og faresoner.

Potensialet for massetransport/erosjon i vassdraget skal vurderes spesielt under befaringen og dokumenteres. Det skal tas bilder av relevante hydrauliske forhold som for eksempel bruer, flomvoller, terskler, spor etter isganger, dammer, typisk bunnsstrat og vegetasjon langs vassdraget. I tillegg skal eventuelle fosser, stryk som ikke lar seg måle opp befares og dokumenteres. Kjente kalibreringspunkt skal befares. Relevante observasjoner, bilder og vurderinger fra befaringen skal dokumenteres i et befaringsnotat, jf. kapittel 8.1.

4.4 Kalibreringsdata

Dersom det ikke eksisterer kalibreringsdata for strekningen som skal kartlegges, er oppdragstaker ansvarlig for å måle inn vannstander (moh.) og bestemme sammenhørende vannføring som modellen kan kalibreres mot. Nøyaktigheten til oppmålingsutstyret for vannstander (moh.) skal tilfredsstille kravene i kapittel 5.3. Vannføringen skal bestemmes ut fra målestasjoner i samme vassdrag, ved direkte måling med egnet utstyr eller beregnes ved bestemmende snitt som f.eks. kulverter.

5 Grunnlagsdata

NVE sørger for at oppdragstaker får nødvendige tilganger for å laste ned grunnlagsdata, men oppdragstaker er selv ansvarlig for å laste ned data. NVE forutsetter at oppdraget skal kunne løses med datagrunnlaget som gjøres tilgjengelig.

Dersom oppdragstaker finner vesentlige feil eller mangler i datagrunnlaget, som er av en slik art at oppdraget ikke kan løses i henhold til konkurransegrunnlaget eller at kvaliteten på ferdig produkt bli forringet, må oppdragstaker varsle NVE muntlig og skriftlig snarest mulig etter at feilen eller mangelen oppdages. NVE har ansvar for innhenting av supplerende data ved behov.

5.1 Rettigheter

Eiendoms-, opphavsrett og andre relevante materielle og immaterielle rettigheter til alle innsamlede data og resultater fra oppdraget tilfaller NVE, som fritt bruke disse i fremtidige prosjekter og offentliggjøre disse. Det presiseres at NVE står fritt til å offentliggjøre og publisere disse for allmenheten.

Videre skal NVE også ha tilgang på metodegrunnlag, verktøy, delresultater og rådata som er benyttet frem mot endelig resultat. Delresultater og rådata, i form av datasett og andre opplysninger som viser grunnlag for vurderinger og som igjen fører til resultat, skal være offentlig. Begge parter kan utnytte generell kunnskap (know-how) som ikke er taushetsbelagt, som de har tilegnet seg i forbindelse med oppdraget.

Oppdragstaker/leverandør tillates samtidig fritt å bruke alle resultater i fremtidige prosjekter. Leverandør beholder rettighetene til egne dataprogram. Data fra tredjepart (Geovekst, dameiere m.m.) som NVE gjøres tilgjengelig for oppdragstaker, skal ikke benyttes for andre formål enn gjennomføring av dette oppdraget og skal slettes etter at oppdraget er ferdig.

5.2 Hydrologiske data

5.2.1 Flomberegning

En flomberegning med kulminasjonsvannføringer for alle gjentakintervall som skal kartlegges, vil være en del av grunnlagsdataene som NVE forplikter seg til å levere. Dersom en forventer at det er vesentlig flomdemping i vatn på strekningen som kartlegges, vil NVE levere tilløpsflommen som skal routes gjennom vassdraget.

I samløp mellom to elver, vil tidspunktet for flomtoppen i de to elvene ofte være ulik. Det skal fastsettes hvilken kombinasjon av vannføringer i elvene som gir høyest flomvannstand (moh.) for hver av elvene. Dersom to eller flere elver har samløp i området som skal modelleres, vil det derfor i flomberegningen være spesifisert hvilke kombinasjoner av vannføringer som skal benyttes i modellen. Det kan være aktuelt å regne på flere ulike scenarioer, der det scenarioet som gir høyest flomvannstand (moh.) i hver av elvene for hvert gjentakintervall skal presenteres som resultat.

I flomberegningen beregnes vannføringen for flere ulike punkter i vassdraget. Differansen i vannføring mellom punktene skal betraktes som lokaltilsig. Lokaltilsiget skal modelleres som jevnt fordelt eller vektet i forhold til Regime-enheter langs elvestrengen.

5.2.2 Klimaframskrivninger

Oppdragstaker vil få oppgitt det prosentvise klimapåslaget for vannføringen i elva for år 2100, dersom det ikke er inkludert i flomberegningen for den strekningen som skal kartlegges.

Oppdragstaker vil normalt få oppgitt flomvannstander (moh.) i innsjøer/magasin, hvor det er tatt hensyn til klimaendringene frem til år 2100, som en del av flomberegningen.

Beregninger for klimapåslag i år 2100 med nedre grensebetingelse i sjø, skal gjøres som beskrevet i avsnitt 6.2.

5.3 Topografisk datagrunnlag

Topografiske høyder (moh.) skal oppgis i gjeldende høydesystem (vertikalt datum), normalt NN2000. Dersom oppdragstaker selv måler inn terrenghøyder, skal disse ha en absolutt horisontal- og vertikalnøyaktighet bedre enn $\pm 8\text{cm}$. Terrengmodellen og flomanalysen skal utføres på beste tilgjengelige høydegrunnlag.

Oppdragstaker selv er ansvarlig for å laste ned nødvendige høydedata fra forvaltningsløsningen til Kartverket, mens NVE er ansvarlig for at oppdragstaker får de nødvendige tilgangene til Norge Digitalt.

5.3.1 FKB-data vann

NVE vil gjøre nødvendige FKB-data for vann tilgjengelig for oppdragstaker.

5.3.2 Flybilder

Oppdragstaker vil ikke få utlevert flybilder eller satellittbilder av oppdragsgiver og vil derfor måtte påregne egne oppgaveløsninger (eks. Norge i Bilder, WMS-tjenester eller andre kilder).

Historiske flybilder kan gi nyttig informasjon fra områder som nå er nedbygd eller gjengrodd. Slike bilder fra tilbake til 1940-1950 tallet er tilgjengelig for en god del områder i www.norgeibilder.no. Kartverket jobber nå med tilgjengeliggjøring av historiske flybilder for stadig flere områder. Sjekk dekning på Norge i Bilder.

5.3.3 Terrengmodell land

Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget om Statens Kartverk har terrengmodell for området som skal kartlegges. Oppdragstaker er ansvarlig for å laste ned terrengmodell fra Statens Kartverk sin forvaltningsløsning for området som skal kartlegges. Terrengmodellen skal ha 1x1m oppløsning eller bedre.

Dersom det ikke eksisterer terrengmodell eller dersom den tilgjengelige terrengmodellen er feil, utdatert eller ikke er basert på siste og beste tilgjengelige datasett, skal oppdragstaker utarbeide terrengmodell basert på beste og nyeste høydedata med 1x1m oppløsning eller bedre.

5.3.4 Vanndekt areal

Dersom oppdraget skal løses med 2D- eller 3D-modellering, må terrengmodellen beskrive geometrien til det vanndekte arealet. Dersom den eksisterende terrengmodellen fra Norge Digitalt ikke har data for vanndekt areal, skal det utarbeides en ny terrengmodell der dette er inkludert. Det topografiske datagrunnlaget for vanndekt areal skal ha en oppløsning på 2 punkter pr. m² og tilfredsstillende kravene til nøyaktighet for terrengdata. Dersom det finnes høydedata for vanndekt areal med lavere oppløsning og nøyaktighet, skal NVE vurdere om datasettet kan brukes.

Dersom NVE har oppmålte tverrprofiler som terrengbeskrivelse for vanndekt areal, forventer NVE at disse gir en tilstrekkelig beskrivelse av elven i horisontal- og vertikalplanet til at oppdraget kan løses.

5.3.5 Planlagte tiltak

Dersom det foreligger planer om tiltak på strekningen som vil endre flomforholdene, kan det være aktuelt å inkludere disse i modellen. Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget dersom det er planlagte tiltak på strekningen sammen med evt. dokumentasjon på disse. Oppdragstaker skal dersom det er nødvendig, oppdatere terrengmodellen, slik at de planlagte tiltakene inkluderes.

5.3.6 Hydrauliske konstruksjoner

Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget hvor mange hydrauliske konstruksjoner det er på strekningen som skal kartlegges og hvilken dokumentasjon en har på disse i form av ferdigtegnninger, oppmålingsrapport eller tilsvarende.

5.4 Kalibreringsdata

Kalibreringsdata består av sammenhørende datasett for vannføring og vannstander (moh.), som begge har ulike feilkilder og nøyaktighet. I konkurransegrunnlaget vil det fremgå hvor og når vannstandene (moh.) er registrert, hvordan vannføringen er bestemt og hvordan de er innsamlet. Oppdragstaker er ansvarlig for en selvstendig vurdering av nøyaktigheten til kalibreringsdata og tilpasse arbeidet med kalibreringen deretter. NVE forutsetter at alle tilgjengelig kalibreringsdata blir brukt ved utarbeidingen av modellen.

Dersom eldre historiske flommer brukes for å kalibrere modellen, må en være oppmerksom på at blant annet endringer i geometri, fastsetting av vannføring og vannstander (moh.) har større usikkerhet enn for nyere flommer. Generelt øker usikkerheten med alderen på flommen.

Nøyaktigheten til vannføringen er avhengig av flere faktorer, som blant om den måles i felt eller om den beregnes ut fra målestasjoner i eller i nærliggende nedbørsfelt. NVE vil i konkurransegrunnlaget opplyse om hvordan vannføringen er bestemt for hver flomhendelse.

Der det foreligger flyfoto, video eller bilder fra flommen, skal disse også anvendes i arbeidet med kalibreringen av modellen.

Nøyaktigheten til vannstandene (moh.) er avhengig av flere faktorer, som blant annet om de ble målt før eller etter kulminasjon, hvor mye vannstanden (moh.) i elven pendlet, om vannstanden (moh.) ble målt riktig i terrenget, i yttersving eller innersving m.m. NVE vil så langt det er mulig dokumentere hvordan innmålingene er gjort.

6 Hydrauliske beregninger

Oppdragstaker skal utføre hydrauliske beregninger, som skal danne grunnlaget for farekart flom. Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget hvilke gjentakintervall som skal beregnes. For 1D-modeller skal alle beregnede flomvannstander (moh.) presenteres i tabeller. For 2D-/3D-modeller skal det normalt leveres et vektordatasett (retning og størrelse) for hvert beregningspunkt for vannhastigheter og et datasett på rasterformat for flomvannstander (moh.). Resultatet skal leveres på enten SOSI-format eller på format som er støttet av ESRI's ArcGis platform. Beregningene skal utføres under forutsetning om at det ikke er massetransport eller is i vannet (rent vann). Siste tilgjengelige versjon av gjeldene modellverktøy skal benyttes.

6.1 Modellverktøy

Dersom annet ikke er spesifisert i oppdragsbrevet, står oppdragstaker fritt til selv å velge hydraulisk modellverktøy og arbeidsmetode, såfremt kravene i konkurransegrunnlaget og denne kravspesifikasjonen oppfylles. Oppdragstaker skal da velge en modell eller kombinasjon av modeller, som gir en detaljert beskrivelse på hvor vannet renner og flomvannstandene (moh.) for alle beregnede gjentakintervall innenfor analyseområdet. Med dette menes det at dersom hydrauliske konstruksjoner som f.eks. bruer gir oppstuvning, skal det beregnes flomvannstander (moh.) også for evt. flomløp og oversvømmelse som følge av at vannet finner nye løp skal kartlegges.

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. Modellen skal være tilgjengelig på engelsk.

For 1D-modeller skal terrenghøydene ved avslutningen av alle tverrprofiler være høyere enn høyeste beregnet flomvannstand (moh.). For korte tverrprofilene må forlenges vha. interpolering mot en terrengmodell. Riktig plassering og knekking av tverrprofilene, samt riktig bruk ineffektive strømningsareal, er vesentlig for å at en 1D-modell skal beregne riktige vannstander (moh.). Det kan være nødvendig å justere tverrprofilplasseringen som er brukt i modellen for å generere flomsonen, se avsnitt 7.2.1.

For 2D-/3D-modeller skal beregningsnettets dekke et større område enn det gjentakintervallet som gir størst utstrekning. Videre skal elementstørrelsen i beregningsnettets tilpasses, slik at signifikante hydrauliske elementer som bygninger, bruer, kulverter, infrastruktur, elvekanter, sikringstiltak m.m. representeres med tilstrekkelig nøyaktighet i modellen.

6.2 Grensebetingelser

Dersom det er usikkerhet knyttet til en grensebetingelse, kan det være aktuelt å utføre en følsomhetsanalyse, jf. kapittel 6.5. Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget om dette skal utføres. Oppdragstaker skal benytte en eller flere av følgende grensebetingelser:

6.2.1 Utløp i sjø

For normalvannføring skal *Middel høyvann* brukes som nedre grensebetingelse.

Dersom annet ikke er spesifisert, skal det for elv med utløp i sjø benyttes *Høyvann med 1 års gjentakintervall* (1-års stormflo) fra SeHavniva.no som nedre grensebetingelse, beregnet ved elvens utløp. Der det ikke finnes *Høyvann med 1 års gjentakintervall*, kan det etter avtale med NVE, 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 + havnivåstigning korrigert for landheving fram til år 2100. Havnivåstigningen korrigert for landheving finnes i DSBs rapport «*Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*» utgitt i 2016.

6.2.2 Strømmende vann

Grensebetingelser for elver med strømmende vann skal utledes, under forutsetningen om at helningen til energilinja tilsvarer helningen til vannlinjen eller elvebunnen.

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

6.2.3 Dammer og naturlige vatn

NVE vil spesifisere hvilke grensebetingelser som skal benyttes, dersom det er en dam ved en grensebetingelse.

Magasinkurven og avløpskapasiteten til vatn er bestemmende for hvor høy vannstand (moh.) en får for en gitt tilløpsflom. I vatn der NVE ikke oppgir hvilke grensebetingelser som skal benyttes, må utførende beregne en avløpskurve som kan brukes som grensebetingelse. NVE vil da levere tilløpsflommen og nødvendig geometri for å modellere avløpet.

6.3 Kalibrering

Alle oppgitte kalibreringsdata skal brukes i arbeidet med å kalibrere modellen. Observerte vannstander (moh.) skal legges inn i modellen, såfremt dette er mulig i det aktuelle modellverktøyet. Utførende skal utøve faglig skjønn for å fastsette akseptabelt avvik mellom ferdig modell og kalibreringsverdiene.

Dersom modellen gir unormalt store avvik for oppgitt kalibreringsdata, skal arbeidet med modellen stanses midlertidig og NVE varsles både muntlig og skriftlig. Hva som er unormalt vil avhenge av usikkerheten i kalibreringsdata. Enkelte avvik i kalibreringen ved f.eks. bruer og kulverter aksepters, dersom de kan sannsynliggjøres hydraulisk. Store avvik skal beskrives spesielt i vannlinjenotatet.

Falltapene i modellen skal være sammenlignbare med falltapene i modeller utarbeidet for tilsvarende vassdrag med samme modellverktøy.

6.4 Hydrauliske konstruksjoner

Alle hydrauliske konstruksjoner skal modelleres, med mindre oppdragstaker kan dokumentere at konstruksjonen har neglisjerbar hydraulisk effekt. Alle konstruksjoner skal beskrives i dokumentasjonen.

6.4.1 Bruer og kulverter

Bruer og kulverter skal modelleres detaljert i det aktuelle modellverktøyet. Normalt skal bruer og kulverter beregnes med den beregningsmetoden for det aktuelle modellverktøyet, som gir lavest kapasitet for hver bru/kulvert. Dersom det er åpenbart at denne beregningsmetoden gir for konservative resultat, skal andre beregningsmetoder vurderes i samråd med NVE. Modeller som er utarbeidet med 1D-modellverktøy, skal ta hensyn til områder med redusert hydraulisk kapasitet.

Dersom annet ikke er spesifisert, skal det ikke gjøres beregninger med redusert kapasitet som følge av tilstopping.

6.4.2 Kraftverk og magasin

NVE leverer data for flomløpskapasitet og slukeevne i kraftverkene. For flommer med inntil 50-års gjentaksintervall, skal det regnes som at kraftverket går - det vil si at full kapasitet benyttes. I samråd med kraftverkseier, skal NVE og oppdragstaker vurdere mulighetene for drift av kraftverket og manøvrering av luker ved store flommer. For flommer med 20-, 200- og 1000-årsflom, samt en evt. 200-årsflom med klimapåslag, skal beregningene gjøres både for et konservativt og et forventet normalt scenario. I det konservative scenarioet står kraftverket, eventuelle luker og stengsel er lukket og overføringer inn i nedbørsfeltet er åpne. Det scenarioet som en forventer skal representere normalsituasjonen skal være basert på erfaringer fra største registrerte flom i vassdraget. Konservativt scenario skal dokumenteres i notat for vannlinjeberegning og rapport.

Overføringer inn/ut av magasiner og felt behandles i flomberegningen og NVE avklarer disse kapasitetene der.

6.4.3 Flomverk

NVE vil i konkurransegrunnlaget gi en oversikt over evt. flomverk på strekningen som skal modelleres. Dersom annet ikke er oppgitt i konkurransegrunnlaget, skal oppdragstaker i beregningene forutsette at flomverkene er tette og at de beholder formen uten å kollapse under en flom. Grunnvannstrømning mellom elv og elvesletter, samt infiltrasjon i grunnen, skal neglisjeres i beregningene.

Dersom beregnede flomvannstander (moh.) er høyere enn topp flomverk, skal det benyttes en 2D-/3D-modell for å beregne flomvannstandene (moh.) og utstrekningen til flomsonen bak flomverket.

6.5 Følsomhetsanalyse

Oppdragstaker skal utføre følsomhetsanalyse av vannføring, ruhet, hastighetshøyde, evt. profilendringer for 200-årsflommen i modellen. Resultatene av følsomhetsanalysen presenteres i vannlinjenotatet og skal, med unntak av evt. følsomhetsanalyse av grensebetingelser, være med på å danne grunnlaget for fastsetting av sikkerhetsmargin.

6.5.1 Vannføring

Vannføringen økes med 10%, 20% eller 30% i følsomhetsanalysen, avhengig av klassifiseringen av flomberegningen. Flomberegninger med grunnlagsdata klassifisert som klasse1 skal analyseres med 10% økning i vannføring for 200-årsflommen, mens flomberegninger med grunnlagsdata klassifisert til klasse 3 skal analyseres med 30% økning i vannføring.

6.5.2 Ruhet

I følsomhetsanalysen skal effekten av å øke falltapene med 10% eller 20% beregnes, der 10% tilsvarer slake elver med lave vannhastigheter og 20% tilsvarer bratte elver med høye vannhastigheter.

6.5.3 Hastighetshøyde

Dersom vannet endrer retning eller stanses vil vannstanden kunne øke tilsvarende størrelsen til hastighetshøyden. For 200-årsflommen skal derfor hastighetshøyden til modellen beregnes. For 1D-modeller skal hastighetshøyden plottes mot flomvannstanden (moh.) i et lengdeprofil, mens det for 2D-/3D-modeller skal utarbeides et kartplott som viser hastighetshøyden. I vassdrag med høye vannhastigheter, bør hastighetshøyden vektlegges ved fastsetting av sikkerhetsmargin, da retningsendringer eller hindringer i elven kan medføre høye lokale flomvannstander (moh.).

6.5.4 Profilendringer

Dersom det for strekningen som skal kartlegges eksisterer eldre høydedata for elvebunnen, skal disse sammenliknes mot nyere høydedata for elvebunnen. Profilendringene skal dokumenteres.

6.6 Andre hydrauliske modeller

Dersom det eksisterer andre hydrauliske modeller (flomsone, sikringstiltak eller tilsvarende) for strekningen som kartlegges skal kartlegges, skal resultatet fra de modellene sammenlignes med ny modell og evt. avvik forklares. Dette gjelder ikke for dambruddsbølgeberegninger (DBBB). Sammenligningen skal dokumenteres i vannlinjenotatet og rapporten. Det vil fremgå av konkurransegrunnlaget om det finnes andre modeller på strekningen.

6.7 Usikkerhet og sikkerhetsmargin

Nøyaktigheten til en hydraulisk modell er blant annet avhengig av nøyaktigheten til grunnlagsdata, forutsetninger modellen bygger på og modellparametere. Oppdragstaker skal basert på resultatet av kalibreringen, følsomhetsanalysen og en vurdering av nøyaktigheten til grunnlagsdata, fastsette en anbefalt sikkerhetsmargin for praktisk bruk av flomsone.

7 Flomsoneanalyse

Dersom annet ikke er spesifisert i konkurransegrunnlaget, skal 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 modellert med angitt klimapåslag for år 2100. Faresonene skal være utledet vha. en GIS-analyse som identifiserer flomutsatt areal. Faresoner som er helt eller delvis tegnet for hånd eller utledet vha. en manuell analyse er ikke godkjent. Metoden faresonene er fastsatt med skal dokumenteres og kunne etterprøves.

Den digitale leveransen av GIS-filer skal bestå av en avgrensning av analyseområdet, flomsone, terrengmodell, flomdybderaster og tverrprofilinjer eller flomhøydekonturer (moh.).

Digital leveranse av GIS-filer skal leveres i henhold til siste versjon av produktspesifikasjonen for flomsone, <http://sosi.geonorge.no/Produktspesifikasjoner/>. Et utdrag av hva leveransen skal inneholde finnes i vedlegg 9.5.

7.1 Analyseområde

NVE angir i konkurransegrunnlaget hvilke elver som skal kartlegges med en lengdeavgrensning av strekningene. Oppdragstaker skal fastsette analyseområdet langs elvestrekningen, slik at alle flomutsatte områder som følge av flom i kartlagte elver fremkommer. Dersom tilstøtende områder i sidevassdrag har lav eller ingen helning, som gjør at flommen i hovedelven får en unaturlig stor utbredelse, skal avgrensningen til analyseområdet fastsettes i samråd med NVE.

Analyseområdet skal angi hvilket område som er flomsonekartlagt, slik at en kan skille mellom områder som er uten flomfare og områder som ikke er kartlagt. Analyseområdet viser områdeavgrensningen for flomsonekartleggingen, uavhengig av om resultatet viser flomutsatte areal eller ikke. Uten analyseområdet kan det være vanskelig å fastslå avgrensningen til flomsone, spesielt i flate områder og ved sideelver.

For 1D-modeller samsvarer analyseområdet med interpolert område mellom tverrprofilene på strekningen som skal kartlegges. For 2D-/3D-modeller samsvarer analyseområdet med utstrekningen til

beregningselementene til den hydrauliske modellen. I tillegg skal evt. areal som inkluderes i evt. ekstremvannstandsanalyser være med i analyseområdet, se kap. 7.5.

Analyseområdet skal leveres digitalt og i samsvar med produktspesifikasjonen for flomsone.

7.2 Flomvannstander (moh.)

Flomsonene med tilhørende høydegivende data for flomvannstand (moh.), skal vise den største flomutbredelse og høyeste flomvannstand (moh.) for hvert gjentakintervall, uavhengig av om høyeste flomvannstand (moh.) og flomutbredelse er fra elv, innsjø, magasin eller sjø (stormflo).

For 1D-modeller skal flomvannstandene (moh.) presenteres i tabell tilknyttet tverrprofiler, der flomvannstandene (moh.) for hvert gjentakintervall kan leses av for hvert tverrprofil. For 2D-/3D-modeller skal flomhøydene (moh.) presenteres som kurver for flomvannstand (moh.). Flomvannstander (moh.) skal oppgis med 1-desimals nøyaktighet.

Det er uvanlig at vannstanden oppstrøms er lavere enn nedstrøms i elver. Dersom dette forekommer i modellen, skal det i både i sluttrapport og i vannlinjenotat forklares hvorfor dette forekommer.

Det skal være mulig å finne beregnede flomvannstander (moh.) i sluttrapporten, enten ved å lese av direkte fra kartet eller via tabeller.

7.2.1 1D-modell

Et flomsonekart basert på en 1D-modell, er en 2D-tolkning av et 1D-resultat. Dette innebærer at det er først ved foreløpige flomsoner, at ser hvor vannet renner ved flommer med høye gjentakintervall. Arbeidsprosessen for å utarbeide detaljerte flomsoner, innebærer derfor normalt at en utarbeider foreløpige flomsoner, som en deretter tolker og justerer, noen ganger i flere omganger, før den endelige flomsonen kan bestemmes. I denne arbeidsprosessen må en ofte endre knekkingen til tverrprofilene, interpolere nye tverrprofil og kjøre de hydrauliske beregningene på nytt med endret geometri. Spesielt ved samløp må plassering og beregnede flomvannstander (moh.) i tverrprofilene vurderes spesielt.

For 1D-modeller interpoleres flomvannstandene (moh.) mellom tverrprofilene for å generere flomsonen. Sluttproduktet skal kun inneholde tverrprofiler med en utstrekning og knekking, som gir flomsonen god og hydraulisk korrekt lesbarhet. Tverrprofil skal ikke krysse hverandre eller dekke områder de ikke er gyldige for. Utstrekningen til tverrprofilene skal dekke flomsonen, men skal ikke ha en vesentlig større utstrekningen enn utbredelsen av den største flomsonen.

Tverrprofilene skal normalt ha lik nummerering som oppmålte tverrprofil. Avvik fra denne nummereringen skal kun gjøres etter avtale med NVE. Dersom det ikke foreligger oppmålte tverrprofil, skal det profilet som er lengst nedstrøms nummereres med 1. I vassdrag der NVE har utført tilstøtende kartlegginger oppstrøms eller nedstrøms, bør den eksisterende nummereringen forlenges. Videre bør nummereringen av tverrprofilene være intuitiv.

Dersom modifiserte tverrprofil benyttes i modellen, skal de endrede profilene plottes i vannlinjenotatet, slik at det framgår hva som er originalt og hva som er nytt. Data for alle endrede og nye tverrprofil være del av leveransen i CSV-format. Interpolerte tverrprofil skal kun presenteres, dersom de medfører en vesentlig forbedring av de beregnede flomvannstander (moh.). Interpolerte tverrprofil som er inkludert i modellen for å generere flomsonen, men som ikke gir noen endring i beregnet flomvannstand (moh.), skal ikke presenteres på kart eller være med i GIS-leveransen.

7.2.2 2D-/3D-modeller

Flomhøydene for 2D-/3D-modeller skal presenteres som flomhøydekonturer (moh.) med 0.5m ekvidistanse, som skal være glattet tilsvarende NVEs vedlagte eksempelkart for 2D. Utstrekningen til flomhøydekonturene skal ikke være vesentlig større enn utstrekningen til det største flomarealet.

7.3 Flomsoner og flomdybde

Flomsonen skal tilsvare det arealet som flomvannet naturlig vil dekke. Dette gjelder også for arealer i sidevassdrag som følge av flom i hovedelven. Flomsonen skal være detaljert og vise hvor vannet renner dersom f.eks. en bro eller kulvert har for lav kapasitet, slik at en får oppstuvning oppstrøms som medfører at vannet finner et nytt løp.

I flomsoneanalysen skal utførende benytte en *flomdybdeterskel*. Dette er en minimumsdybde som skal brukes i kartanalysen. Flomdybdene er nødt å være større eller lik *flomdybdeterskelen*, for at et areal skal fremkomme som flomutsatt. *Flomdybdeterskelen* settes innenfor intervallet 2 – 6cm ut fra en skjønnsvurdering, der blant annet nøyaktigheten til det topografisk datagrunnlaget og den hydrauliske modellen er viktige moment å vurdere.

For å sikre at flomsone og flomdybderaster dekker samme områder, skal hull og sammenhengende flater med mindre utstrekning enn 50m² fjernes i dybderasterne. Dette utføres ved at dybden til hullene i flomsonene settes lik *flomdybdeterskelen* og flomdybder i flomsoner som fjernes slettes.

Flomsonene skal utledes basert på flomdybdene. Flomdybdene skal ikke ha brå endringer, som ikke forekommer i naturlige elver eller som lar seg forklare hydraulisk. Det skal normalt ikke være en høydedifferanse større enn 10 cm mellom flomvannstandene (moh.) i randsonen av flomsonene og terrengmodellen. Større avvik kan i spesielle tilfeller aksepteres av NVE.

Det skal leveres flomdybde på rasterformat, som inneholder verdier for beregnede flomvannstander (moh.) og vanndybder. Utstrekningen til flomsonen og flomdybdene for et gitt gjentakintervall, skal være tilnærmet lik. Avgrensningen til flomsonene skal være glattet tilsvarende NVEs vedlagte eksempelkart. Flomsonen skal sys sammen med FKB-vanndata og inneholde egenskaper som beskrevet i produktspesifikasjonen for flomsone.

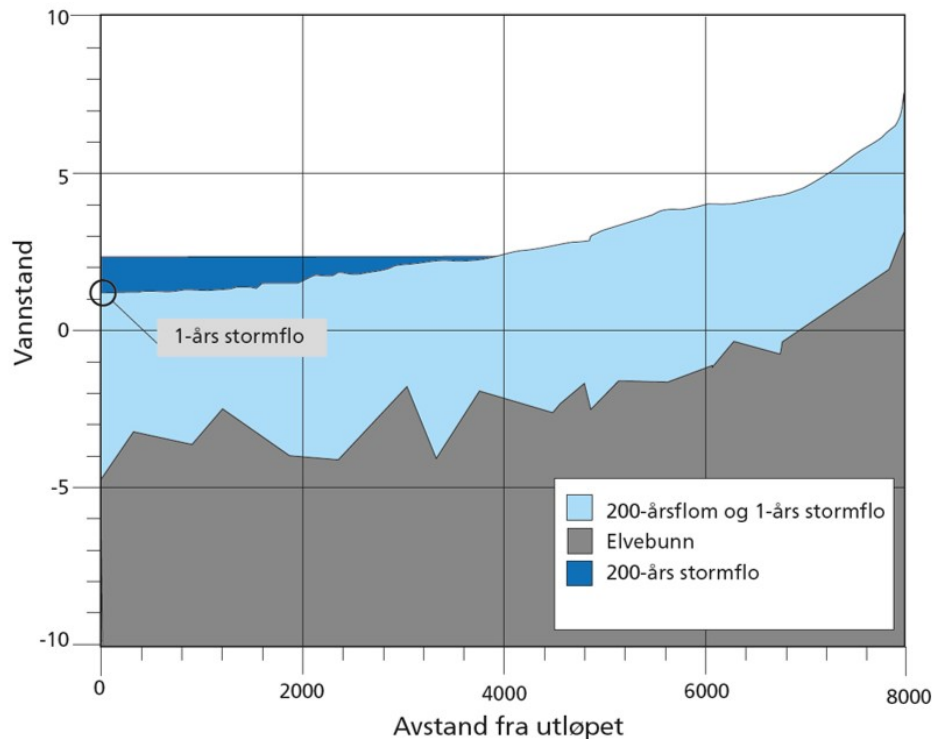
Vurderinger knyttet til knekking av tverrprofil og samløp skal dokumenteres i GIS-notatet. Vurderinger gjort i flomsoneanalysen, som er av betydning for resultatet i form av flomsoner og tilhørende flomvannstander (moh.), skal dokumenteres i GIS-notatet.

7.4 Vannhastigheter

Dersom hele eller deler av oppdraget løses med en 2D-/3D-modell, skal også horisontale vannhastigheter leveres som et vektordatasett (retning og størrelse) for hvert beregningspunkt. Resultatet skal hentes fra modellen slik at feilen blir minst mulig. Retningen skal angis i grader i forhold til Nord, der rett Nord er 0° og rett Vest er 270°.

7.5 Ekstremvannstandsanalyse

Ved utløp i sjø skal det utføres analyse mot stormflo, slik at flomvannstandene (moh.) som presenteres er de høyeste av enten flom i elven eller stormflo i sjø for et gitt gjentakintervall. Tilsvarende skal det gjøres GIS-analyser av flomvannstanden (moh.) i vatn/magasin som er en del av analyseområdet. Det skal fremkomme i resultattabellen i sluttrapporten for hvilke gjentakintervall ekstremvannstandsanalysen gir høyest flomvannstand (moh.).



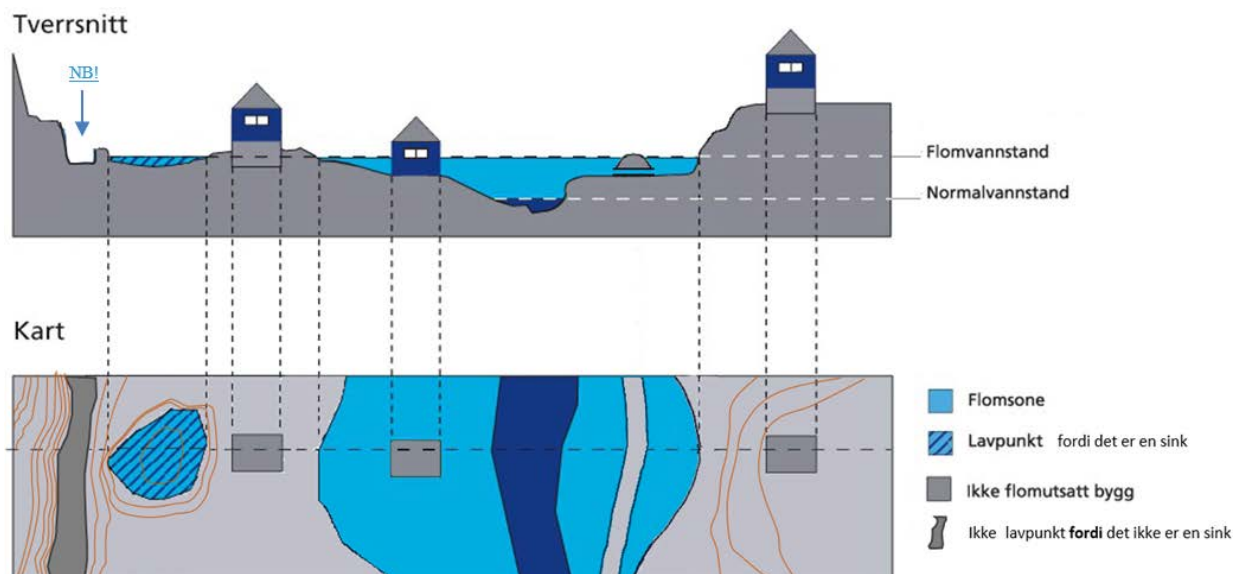
Figur 7-1: 200-årsflom med 1-års stormflo som nedre grensebetingelse er markert på figuren. Der flomvannstanden (moh.) for 200-års stormflo er høyere enn flomvannstandene (moh.) fra beregningen, skal disse presenteres på kartet. Den høyeste flomvannstanden (moh.) for et gitt gjentakintervall skal presenteres som resultat, uavhengig av om hendelsen skyldes flom i elven eller flomvannstand (moh.) grunnet f.eks. stormflo.

7.6 Lavpunktanalyser

Lavpunktanalyser skal utføres for alle gjentakintervallene som kartlegges. Et lavpunkt er et område som ligger lavere enn den beregnede flomvannstanden (moh.), men som er uten direkte forbindelse til elva og som ikke har naturlige dreinsveier, se Figur 7-2.

I en kartanalyse må lavpunkt sammenfalle med *sink*, som er områder i terrengmodellens grid som er avgrenset av høyere liggende celler. En *sink* vil kunne fylles med vann ved nedbør eller flom, men flomvannstanden (moh.) vil ikke bli vesentlig høyere enn høyden til avløpet. Avløpshøyden til en *sink* er den høyden der vannet begynner å renne ut fra lavpunktet. I analysen skal flomvannstanden (moh.) settes lik høyden til avløpet og flomvannstanden (moh.) i hele lavpunktet skal være lik.

Områder bak flomverk skal normalt defineres som lavpunkt, også dersom området har forbindelse til hovedelva gjennom en enveisventil. Tilsvarende defineres lavereliggende områder som flomsone, dersom de har forbindelse til hovedelva via en kulvert, bekk eller tilsvarende. Vei- og jernbanefyllinger skal behandles som om at de ikke er tette, med mindre en har dokumentasjon fra tidligere flomhendelser som viser det motsatte, se Figur 7-2



Figur 7-2: Prinsippskisser lavpunkt. Området lengst til venstre i figuren er ikke et lavpunkt fordi det ikke er en sink, dvs. at vannet kan renne bort fra denne flaten. Flomsone lengst til høyre er ikke et lavpunkt, fordi det er en vei og ikke et flomverk som skiller det fra resten av flomsone.

8 Rapportering og leveranseformat

Alle leveranser skal sidemannskontrolleres og kvalitetssikres før oversending NVE.

Leveransene skal publiseres i NVEs innsynsløsninger. Alle skriftlige leveranser skal være i stående A4-format, skrevet på norsk med presis og godt språk, uten skrivebeskyttelse og leveres digitalt i et format som er støttet av Microsoft Office 2013. Sluttrapporten med alle vedlegg skal være i farge og ha sidetall. Det skal fremgå hvem som har skrevet de ulike skriftlige leveransene. Alle notater og sluttrapporten skal ha sidetall og skriftstørrelsen skal være i en godt lesbar størrelse. Sluttrapporten skal skrives på nynorsk der dette er hovedmålføre.

NVE står fritt til å gjenbruke og publisere materiale i leveransen, herunder bilder og figurer. Kart, bilder og andre vedlegg, som inngår i sluttrapporten, skal være i farge. Kart, bilder og figurer i sluttrapporten skal ikke ha høyere oppløsning enn nødvendig, for at bilder og figurer i den trykte sluttrapporten skal vises klart og tydelig. Alle figurer av hydrauliske konstruksjoner i vannlinjenotat og sluttrapport skal en målestokk som gjør det mulig å lese de.

Notatene skal gi en detaljert dokumentasjon på befaringen, modellen og kartanalysen, slik at arbeidsprosessene kan rekonstrueres av andre og arbeidet blir etterprøvbart. Notatene er i utgangspunktet skrevet for fagfolk, som har kunnskap om tilsvarende modellverktøy og detaljert flomsonekartlegging. Notatene skal sikre at en ved fremtidig bruk lett får oversikt over hvilke forutsetninger og valg som er tatt under utarbeiding av faresonene.

Målgruppen for sluttrapporten er saksbehandlere i NVE og kommune, samt andre brukere av faresonene. Sluttrapporten skal ikke gi en like detaljert beskrivelse av hydraulikken som vannlinjenotatet, men presentere hovedresultatene fra flomberegningen, vannlinjeberegningen og kartanalysen. Sluttrapporten skal gi brukerne innsikt i datagrunnlaget kartleggingen bygger på, forutsetninger som er gjort i modelleringen, viktige feilkilder og usikkerheten i resultatene.

8.1 Befaringsnotat

Befaringen skal dokumenteres i et befaringsnotat som skal være med på å underbygge valg av modelleringsmetodikk og at verdiene for falltapene er representative. Oppdragstakeren skal levere bilder av alle konstruksjoner i vassdraget, samt hydraulisk kompliserende geometrier som er relevant for oppdraget. Falltapene i vassdraget dokumenteres med et utvalg av bildematerialet fra befaringen. Bildene skal leveres digitalt i JPG-format med høy oppløsning.

8.2 Vannlinjenotat

Hydraulisk beregning (vannlinjeberegning) skal dokumenteres i form av et vannlinjenotat. Hovedpunkter i vannlinjenotatet skal inngå som del av sluttrapport. 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 (moh.) ved samløp og fordelingen av vann i de ulike løpene der elven deler seg skal beskrives. Følsomhetsanalysen skal beskrives og valgt sikkerhetsmargin skal begrunnes.

8.2.1 Kalibrering

I vannlinjenotatet skal observert (moh.), beregnet vannstand (moh.) og differanse i vannstand (cm) for alle kalibreringsdata, sammenstilles i tabell for hver vannføring.

For 1D-modeller, skal det også være med lengdeprofil med plott av alle beregnede og observerte vannstander (moh.) for samme vannføring. Plottet skal angi laveste høyde bunn tverrprofil. Nummer for tverrprofil og hydrauliske konstruksjoner skal være avmerket på X-aksen.

Det skal også være med et kartplott, der observerte vannstander (moh.) eller flomflater er plottet mot beregnet flomsone. Dersom en har enkeltobservasjoner i kartet skal disse være nummererte, slik at de kan gjenfinnes i angitt tabell.

En oversikt over valgte ruhetstall skal dokumenteres i vannlinjenotatet.

8.2.2 Hydrauliske konstruksjoner

Alle modellerte hydrauliske konstruksjoner skal dokumenteres i vannlinjenotatet, med figur i en målestokk som gjør det mulig å lese den, som viser konstruksjonen og flomvannstander (moh.) for 20-, 200- og 1000års gjentakintervall, samt eventuelle klimaframskrivninger av 200-årsflommen. I vannlinjenotatet skal det dokumenteres hvordan hydrauliske konstruksjoner er modellert sammen med bilde av den aktuelle konstruksjonen. Hydrauliske konstruksjoner som dammer, flomvoller m.m. som representerer større usikkerhet skal omtales spesielt, jf. kap. 6.4.

8.2.3 Spesielt om bruer

Den hydrauliske kapasiteten til bruer som har mindre enn 50 cm lysåpning mellom modellert flomvannstand (moh.) og underkant brukonstruksjon for et av gjentakintervallene, skal omtales i notatet. Det skal klart fremgå av vannlinjenotat og sluttrapport hvilke bruer som er modellert.

8.2.4 Spesielt om flomverk

Da flomverk normalt dimensjoneres til å være tette inntil 50 cm under topp flomverk, skal beregnede flomvannstander (moh.) presenteres som et lengdeprofil i vannlinjenotatet, der topp flomverk plottes mot beregnede flomvannstander (moh.), energilinen og evt. klimaframskrivninger av 200-årsflommen. Områder langs flomverket som har mindre enn 50 cm fribord for beregnede flomvannstander skal

omtales. Lokaliseringen til flomverk skal markeres på kart og eventuelle tverrprofilnummer være avmerket på lengdeprofilet.

8.2.5 Flomvannstander (moh.)

For 1D-modeller skal beregnede flomvannstander (moh.) gjengis i tabellform og som lengdeprofil. Beregnede flomvannstander (moh.) skal ha 1 desimalers nøyaktighet. For kalibreringsdata kan en ha 2 desimaler, dersom nøyaktigheten i grunnlagsmaterialet tilsier dette.

8.2.6 Spesielt for 2D-/3D-modeller

For 2D-/3D-modeller, skal det følge en detaljert beskrivelse av terrengmodellen og beregningsnett. Valg av elementstørrelse og elementtype skal dokumenteres og begrunnes.

8.2.7 Kvalitetssikring

Vannlinjemodellen skal kvalitetssikres ved at blant annet forutsetninger, beregninger og vurderinger gjennomgås. Kontrolløren oppsummerer kvalitetssikringen i et eget notat som følger leveransen til NVE.

8.3 GIS-notat

Det skal skrives et GIS-notat som beskriver arbeidsgangen i flomsoneanalysen, hvordan analysen er utført, hvem som har utført analysen og hvordan faresonene er generert. Det skal fremgå hvilke dataprogrammer og grunnlagsdata som er benyttet, samt spesielle utfordringer knyttet til analysen. Det skal også være med et begrunnet valg av størrelsen på flomdybdeterskelen som er nyttet i analysen. Både GIS-analysen og GIS-notatet skal kvalitetssikres.

8.4 Sluttrapport

Sluttrapporten skal ha NVEs profil og publiseres i NVEs rapportserie. Sluttrapporten skal skrives i NVEs mal for den type rapport. Oppdragstakers logo skal ikke være med i rapporten. Utførende skal krediteres på figurer og kartutsnitt, med firmaets navn i en grafisk nøytral font plassert i tekstboksen. Rapporten skal ikke ha vannmerke, topp- og bunntekst eller inneholde markedsføring av oppdragstaker.

Sluttrapporten skal inneholde en beskrivelse av gjennomføringen av prosjektet, og hvilket datagrunnlag som er benyttet. Dersom oppdragstaker har gjort oppmålinger i felt, skal det henvises til aktuell dokumentasjon. Andre rapporter og datakilder som utførende har brukt for å utarbeide modellen, skal følge leveransen.

8.4.1 Oversiktskart

Oversiktskart skal vise plassering av tverrprofiler, evt. utstrekning av beregningsnett og kalibreringsdata nyttet i arbeidet med modellen.

8.4.2 Flomberegning

Det skal også være med et utdrag fra flomberegningen, som belyser de viktigste forholdene i flomberegningen. Utdraget skal gi en kort beskrivelse av nedbørsfeltet med flomkarakteristika, de viktigste målestasjonene i bruk i flomberegningen, største historiske flommer i vassdraget, beregnede klimaframskrivninger, beskrivelse av kvaliteten på datagrunnlaget for flomberegningen og resultatet fra flomberegningen.

8.4.3 Topografisk datagrunnlag

Det skal være med en beskrivelse av det topografiske datagrunnlaget, terrengmodeller og høydesystemet som er brukt.

8.4.4 Hydraulisk modell

Det skal beskrives hvilken hydraulisk modell (versjonsnummer) som er brukt sammen med en kort beskrivelse av hvordan modellen beregner vannstandene (moh.). Videre skal valgt grensebetingelser, type strømning på strekningen, resultatet av følsomhetsanalysen og spesielle utfordringer i prosjektet være beskrevet.

Dersom det er utført analyser for profilendringer, kraftverk eller dammer, skal resultatet av denne analysen beskrives detaljert med figurer eller kartplott som viser konsekvensene av de alternative scenarioene.

8.4.5 Kalibrering

Det skal også være en beskrivelse av kalibreringsdata, hvordan kalibreringen er utført og resultatet fra kalibreringen. Plott av relevante figurer og tabeller som illustrerer samsvaret skal være med. Det skal klart fremgå hva som er den anbefalte sikkerhetsmarginen.

8.4.6 Flomvannstander (moh.)

Det skal fremgå fra tabeller eller kartutsnitt hvilke flomvannstander (moh.) som er beregnet for hvert gjentakintervall.

8.4.7 Vannhastigheter (m/s)

For 2D-/3D-modeller skal det også være med kartutsnitt som viser vannhastighet og vannretning, for samme gjentakintervall som faresonene. Målestokken til kartet og oppløsningen til pilene som viser retningen til vannet i den digitale versjonen av sluttrapporten, skal være slik at det er mulig å lese retning og hastighet ut fra kartutsnittet.

8.4.8 Kart i sluttrapport

Dersom annet ikke er spesifisert i konkurransegrunnlaget, skal sluttrapporten inneholde kartutsnitt og beskrivelse av flomutsatte areal og verdier for flommer med 20-, 200- og 1000-års gjentakintervall beskrives, samt evt. framskrivninger av klima for 200-årsflommen i år 2100. Kartutsnittene i sluttrapport skal vise dybde for flomsone. Alle kartutsnittene i rapporten skal ha samme grafiske uttrykk som NVEs vedlagte eksempelkart.

Kartutsnittene i rapporten skal vise flomdybde og for 2D-/3D-modeller skal vannhastigheten presenteres for samme gjentakintervall som flomsone. Dersom annet ikke er spesifisert, skal symboliseringen på kartutsnittene i rapporten være i henhold til tegnereglene for flomsone,

http://gis3.nve.no/metadata/tegneregler/presentasjonsregler_flomsone.pdf?t=736.

Flomsone til 200-årsflommen med framskrivninger av klima, skal presenteres på samme kartutsnitt som 200-årsflommen. For flomsone som er basert på resultater fra 2D-/3D-modeller, må 200-årsflommen med framskrivninger av klima presenteres som et eget kartutsnitt med flomvannstander (moh.).

Kartene skal, avhengig av analyseområdets avgrensning, være på en side eller dekke midtsider i sluttrapporten (tilsvarende liggende A3-format). Målestokken til kartene skal være slik at det er mulig å se avgrensningen av flomsone i forhold til berørte bygninger og infrastruktur, slik at det er mulig å identifisere flomutsatte bygninger direkte fra kartet. *GeocacheGraatone* fra Geodata Online eller liknede kart med samme detaljeringsgrad, skal brukes som bakgrunnskart.

På kartutsnitt i sluttrapporten skal tverrprofilnummeret være plassert midt i elven, dersom det er brukt tverrprofiler. For 2D-/3D-modeller skal høyden til kurver for flomvannstand (moh.) være påskrevet med lesbar font for hver hele meter, mens hver halvmeter skal stiples.

Flomdybder skal presenteres på kartutsnitt i sluttrapporten med samme grafiske uttrykk som NVEs eksempelkart som ligger vedlagt. Tegneregler for flomdybder og vannhastighet ligger vedlagt.

8.4.9 Andre flomrelaterte farer i området

Oppdragstaker skal beskrive andre relevante faremomenter på kartlagt strekning. Oppdragstaker skal ikke utføre en detaljert kartlegging av andre faremoment, men skal beskrive kjente farer i vassdraget som kan påvirke fremtidige flomforhold. Dette kan f.eks. være potensialet for massetransport i elven, fare for tilstopping av kulverter/bruer og flomfare knyttet til is-relaterte prosesser. Eksempel på datagrunnlag som kan brukes i vurderingene er bilder fra vassdraget, erosjonssikringer, profilendringer ved målestasjoner i vassdraget og kvartærgeologiske kart fra NGU.

Dersom det er usikkerhet tilknyttet vindoppstuvning og bølgeoppskylling kan det være aktuelt å beregne dette. Vindoppstuvning og bølgeoppskylling skal dersom det er spesifisert i konkurransegrunnlaget, beregnes i henhold til NVEs *Retningslinje for laster og dimensjonering (2003)*.

8.5 Hydraulisk modell

Modelloppsettet, inkludert siste versjon alle filer som er brukt under utarbeiding av modellen skal følge leveransen. Modellen skal være ryddet for gamle versjoner/filer, slik at den er entydig og det skal klart fremkomme hvilket modelloppsett som er gjeldene. Modellen skal være fullt kjørbart og NVE skal kunne bruke den videre i sitt arbeid. Modellen skal være NVEs eiendom.

8.6 GIS-leveranser

Kort beskrivelse av hva som skal inngå i GIS-leveransen:

- Analyseområdet, se kapittel 9.5.2.
- FlomAreal (flomsoner med ekstremvannsanalyse, lavpunkt m.m.) se 9.5.1
- Flomvannstander (moh.) for alle beregnede gjentaksintervall (raster)
- Dybderaster for alle beregnede gjentaksintervall (raster)
- Terrengmodell

Leveranser som er avhengig av modellverktøy:

1D-modell:

- Tverrprofil, se kapittel 9.5.3.

2D-modell:

- Beregningsnett
- Hastighetsraster
- Flomhøydekonturer, se kapittel 9.5.4.

9 Vedlegg

Vedlagt er fargeskalaene en skal bruke på kartutsnittene i rapporten, eksempelkart for de ulike kartutsnittene og et utdrag av kravene i produktspesifikasjonen for flomsone.

9.1 Fargeskalaer

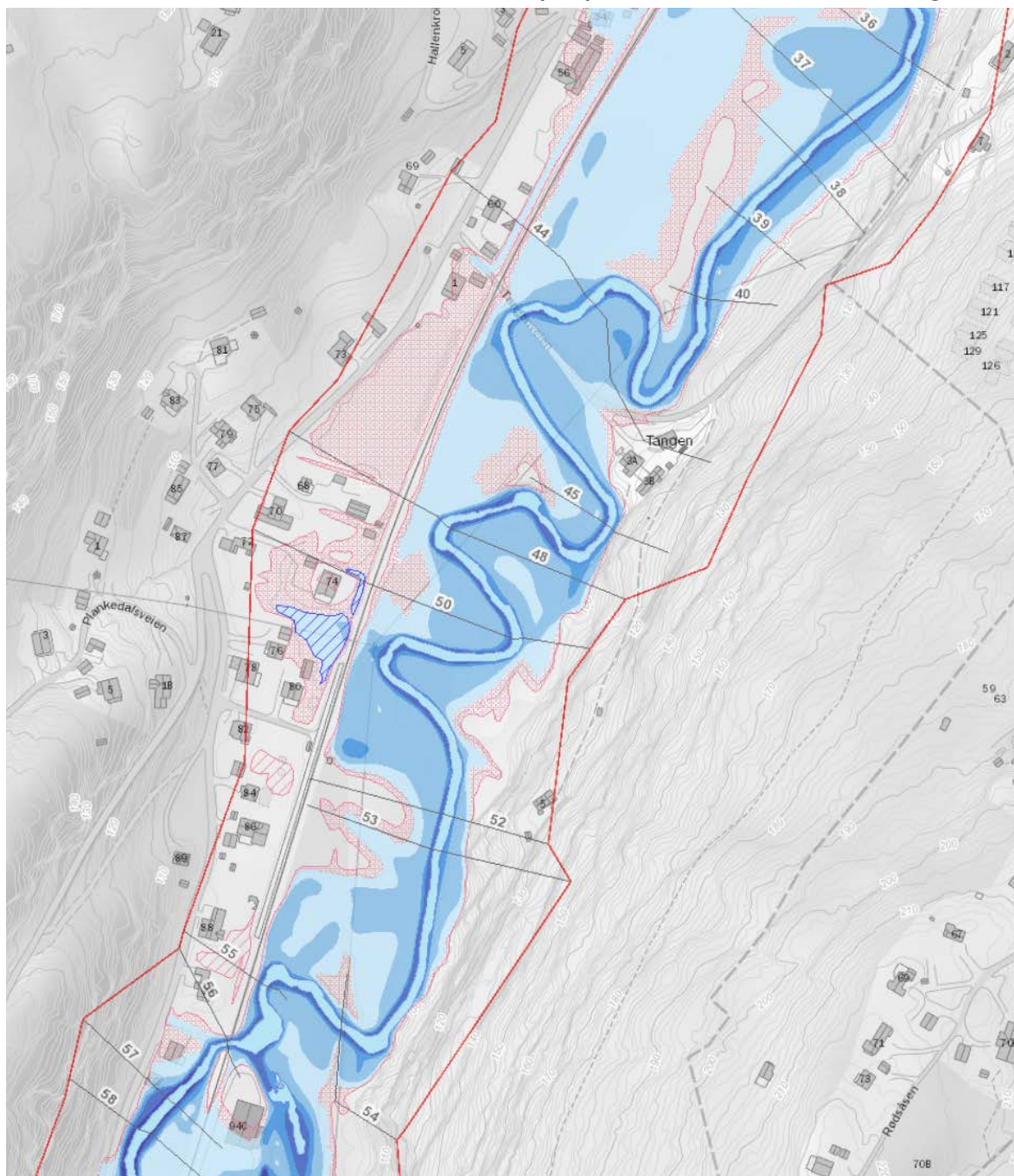
Tabell 9-1: Fargeskala for vannhastigheter (m/s)

Klassenavn	RGB-verdier	Symbol
0.0-0.5	1 – 113 - 113	
0.5-1.0	103 – 191 - 177	
1.0-1.5	198 – 229 - 225	
1.5-2.0	237 – 225 - 197	
2.0-2.5	212 – 175 - 105	
>2.5	166 – 97 – 26	

Tabell 9-2: Fargeskala for flomdybde (m)

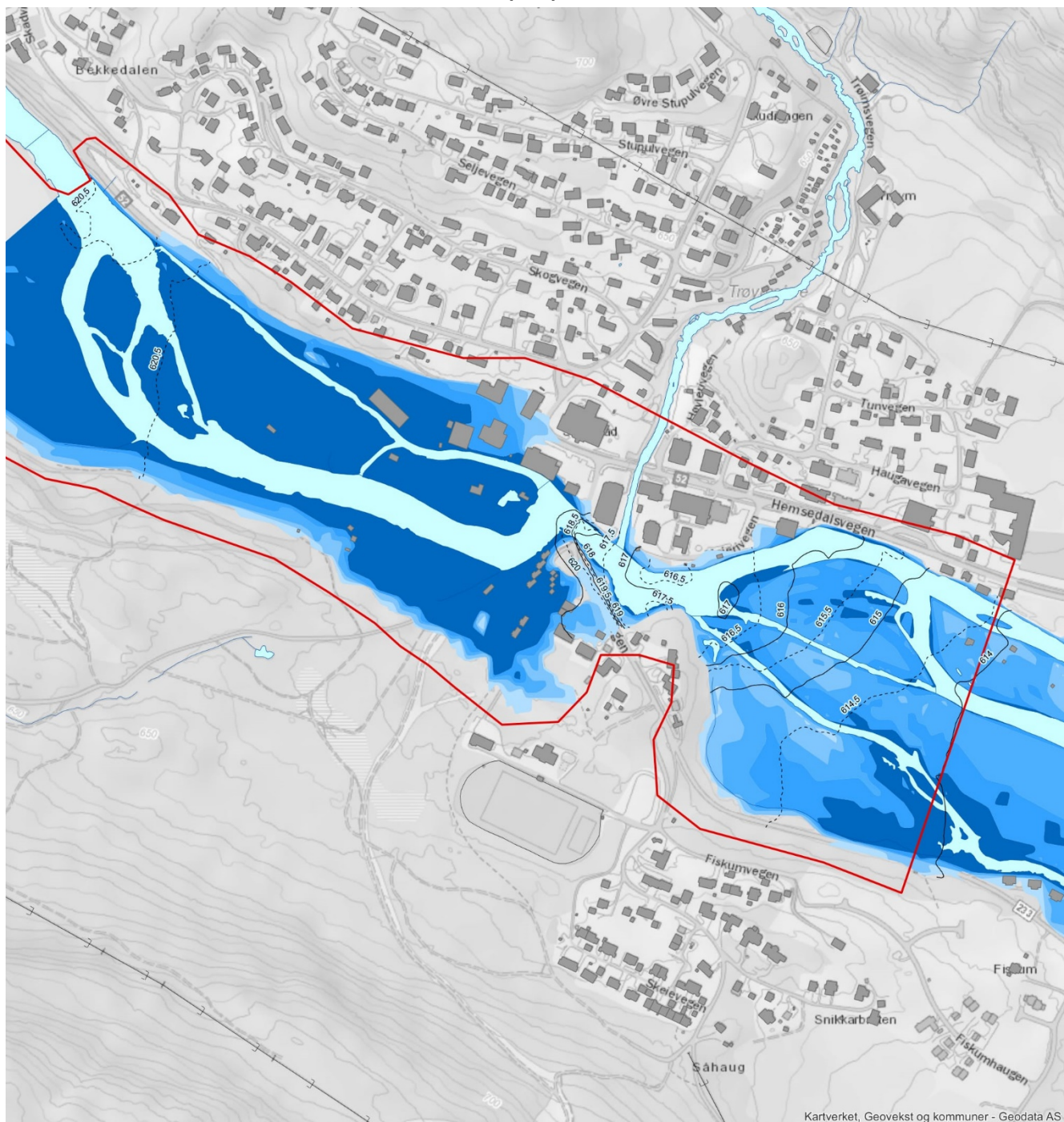
Klassenavn	RGB-verdier	Symbol
0 - 0.5	179 - 224 - 255	
0.5 - 1.0	128 - 199 - 255	
1.0 - 1.5	77 - 176 - 255	
1.5 - 2.0	51 - 163 - 255	
> 2.0	10 - 105 - 191	

9.2 Flomsonekartusnitt 200-årsflom (1D) med klimaframskrivninger



Figur 9-1: Eksempel på flomsonekart som basert på resultatet fra en 1D-modell. Oversvømt areal ved en 200-årsflom er vist med blå farge og 200-årsflommen i år 2100 er vist med rosa farge.

9.3 Flomsonekartutsnitt 200-årsflom (2D)



Figur 2: Eksempel på kart for 2D-modell, som viser flomdybder i blå skravur og flomhøydekonturer påskrevet. Kartet er i høy oppløsning som muliggjør zoom inn for å se på detaljer.

9.4 Hastighetskartutsnitt (2D)



Figur 3: Eksempel på kart for 2D-modell, som viser vannhastigheter og retninger symbolisert med piler. Kartet er i høy oppløsning som tillatt zoom inn for å se på detaljer.

9.5 Utdrag produktspesifikasjon flomsone

I tabellene under er det markert med rødt hvilke egenskaper NVE fyller ut i forbindelse med at leveransen legges ut på NVEs innsynsløsninger. Det vises til siste versjon av produktspesifikasjonen for flomsone, <http://sosi.geonorge.no/Produktspesifikasjoner/>, for detaljerte krav.

9.5.1 FlomAreal:

fieldName	type	domain	fieldDescription
objektType	String		SOSI objekttype.
flomsoneID	String		Flomsonekartprosjektets ID.
gjentakstinterval	SmallInteger		Tallverdi som angir om det er 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- eller 1000-årsflom. 200-årsflom i år 2100 angis med tallet 2100.
statusDato	Date		Dato status gjelder fra.
statusKartlegging	SmallInteger	dStatusKartlegging	Kode for status, gjeldene (1), til ny vurdering (2), erstattet av ny (3), fjernet (4) , aujourført (5), under planlegging (6)
opphav	String		Opphav.
symbolFlom	SmallInteger	dSymbolFlom	Kode for Symbolisering av flom (1), lavpunkt (2) og vann (3).
malemetode	SmallInteger	dMalemetode	Metode som ligger til grunn for registrering av posisjon.
noyaktighet	Long	dNoyaktighet	Punktstandardavviket i grunnriss for punkter samt tverravvik for linjer (cm).
forsteDigitaliseringsdato	Date		Dato for flomanalyseberegning.
lavpunkt	SmallInteger		1 = Lavpunkter er områder som ligger lavere enn flomvannstand, og ikke har direkte forbindelse med elva (bak flomverk, kulvert med mer). Områder bak flomverk er kodet som lavpunkt dersom differansen mellom topp flomverk og flomvannstand er større enn 0.5.
FTEMA	Integer		SOSI kode

9.5.2 Analyseområdet:

fieldName (GBE)	type	domain	fieldDescription
objektType	String		SOSI objekttype.
flomsoneID	String		Flomsonekartprosjektets ID.
flomsoneNavn	String		Flomsonekartprosjektets navn.
statusDato	Date		Dato status gjelder fra.
kartlagteFlommer	String		Gjentaksintervaller. Angivelse av hvilke flommer som er kartlagt (10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000 og 2100).
nedborfelt	String		Navn på nedbørfelt.
rapportNr	String		Flomsonekartprosjektes rapportnr.
rapportURL	String		URL til flomsonekartrapport.
prosjektURL	String		URL til flomsonekartprosjektets side.
flomberegningsURL	String		URL til flomberegningrapport.
hoydeReferanse	String	dHoydereferansesystem	Høydereferanse (NN2000 eller NN1954).
statusKartlegging	SmallInteger	dStatusKartlegging	Kode for status, gjeldene (1), til ny vurdering (2), erstattet av ny (3), fjernet (4) , aujourført (5), under planlegging (6)
flomsoneOmrade	String		Flomsonekartprosjektets utstrekning.
fylkeNummer	String	dFylkesnummer	Fylkenummer (nummerering av kommuner i henhold til SSBs offisielle liste).
vassdragsnummer	String		Vassdragsnummer i REGINE.
orgKoordSys	String		Koordinatsystem analyse ble utført i.
opphav	String		Opphav på prosjektet.
stormflovannstand5_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand10_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand20_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand50_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand100_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand200_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand500_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand1000_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
stormflovannstand200Klima_moh	Double		Stormfloverdi på gitt gjennntaksinervall (m.o.h)
nedreGrensebetingelse_moh	Double		grensebetingelse (m.o.h)
nedreGrensebetingelseKlim_moh	Double		grensebetingelse (m.o.h)
kommuneNavn	String		Navn på kommune
fylkesNavn	String		Navn på fylke

9.5.3 Tverrrprofil:

fieldName	type	domain	fieldDescription
objektType	String		SOSI objekttype
flomsoneID	String		Flomsonekartprosjektets ID.
tverrrprofilNummer	String		Tverrrprofilnummer.
hoydeReferanse	String	dHoydereferansesystem	Høydereferanse NN54 eler NN2000.
statusDato	Date		Dato godkjent
statusKartlegging	SmallInteger	dStatusKartlegging	Kode for status, gjeldene (1), til ny vurdering (2), erstattet av ny (3), fjernet (4) , aujourført (5), under planlegging (6)
normalvannstand_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h.) ved en normalflom.
flomvannstand10_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 10-års flom.
flomvannstand20_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 20-års flom.
flomvannstand50_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 50-års flom.
flomvannstand100_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 100-års flom.
flomvannstand200_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 200-års flom.
flomvannstand500_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 500-års flom.
flomvannstand1000_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 1000-års flom.
flomvannstand200Klima_moh	Double		Flomvannstand (m.o.h) ved en 200-års flom i år 2100.
forsteDatafangstdato	Date		Første datafangstdato, dato for når oppmålingen er utført.
opphav	String		Opphav
tverrrprofil_orgID	String		Tverrrprofil_orgID viser til ID fra original profiler slik at tverrrprofilgrafen kan tegnes opp
midtLinjeID	SmallInteger		ID for midtlinjenav elvene
malemetode	SmallInteger	dMalemetode	Metode som ligger til grunn for registrering av posisjon.
noyaktighet	Long	dNoyaktighet	Punktstandardavviket i grunnriss for punkter samt tverrravvik for linjer(cm).
h_malemetode	SmallInteger	dMalemetodeHoyde	metode for å måle objekttypens høydeverdi
h_noyaktighet	Long		Nøyaktighet for høyden i cm, hvilken unøyaktighet i cm prosjektet har.
avstand_m	Double		Avstand fra tverrrprofil til utløp (m).

9.5.4 Kurver med flomvannstand:

fieldName	Type	domain	fieldDescription
objektType	String		SOSI objekttype.
flomsoneID	String		Flomsonekartprosjektets ID.
gjentakintervall	SmallInteger		Tallverdi som angir om det er 10-, 20-, 50-, 100-, 200-, 500- eller 1000-årsflom. 200-årsflom i år 2100 angis med tallet 2100.
hoyde_m	Double		Høyde (m.o.h.).
hoydeReferanse	String	dHoydereferansesystem	Høydereferanse (NN2000 eller NN1954).
statusKartlegging	SmallInteger	dStatusKartlegging	Kode for status, gjeldene (1), til ny vurdering (2), erstattet av ny (3), fjernet (4), aujourført (5), under planlegging (6)
statusDato	Date		Dato status gjelder fra.
opphav	String		Opphav.
datafangstDato	Date		Dato for linjeberegning.
malemetode	SmallInteger	dMalemetode	Metode som ligger til grunn for registrering av posisjon.
noyaktighet	Long	dNoyaktighet	Punktstandardavviket i grunnriss for punkter samt tverravvik for linjer. (cm)
symbolKontur	SmallInteger	dSymbolKontur	Kode for Symbolisering av flomhøydekurve, 1 meters kurve (1), 0.5 m kurve (2).