

Kvam herad

# ► Flomvurdering av Øysteseelva

Oppdragsnr.: 52301942 Dokumentnr.: HYD\_Øysteseelva\_01 Versjon: J04 Dato: 2024-05-31



**Oppdragsgiver:** Kvam herad  
**Oppdragsgivers kontaktperson:** Tore Dolvik  
**Rådgiver:** Norconsult Norge AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim  
**Oppdragsleder:** Julie Scott-Hansen  
**Fagansvarlig:** Katherine Aurand  
**Andre nøkkelpersoner:** Daniel Fossberg  
Are Berstad (kapittel 6.3 og 6.4)  
Øyvind Høydal (kapittel 6.3 og 6.4)

|         |            |                                         |            |                |          |
|---------|------------|-----------------------------------------|------------|----------------|----------|
| J04     | 2024-05-31 | For bruk - oppdateringer i kapittel 6.4 | KatAur     | DBFos          | JulSco   |
| D03     | 2024-05-08 | For bruk                                | KatAur     | DBFos          | JulSco   |
| B02     | 2024-01-26 | For kommentar fra oppdragsgiver         | KatAur     | DBFos          | JulSco   |
| B01     | 2023-12-22 | For kommentar fra oppdragsgiver         | KatAur     | DBFos          | JulSco   |
| Versjon | Dato       | Beskrivelse                             | Utarbeidet | Fagkontrollert | Godkjent |

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult. Dokumentet må bare benyttes til det formål som oppdragsavtalen beskriver, og må ikke kopieres eller gjøres tilgjengelig på annen måte eller i større utstrekning enn formålet tilsier.

## ► Sammendrag

Norconsult Norge AS er engasjert av Kvam herad for å utføre flomsonekartlegging for Øysteseelva. Flomsonekartleggingen er utført iht. TEK17 § 7-2, med sikkerhetsklasse F1 (20-årsflom), F2 (200-årsflom) og F3 (1000-årsflom).

Flomberegning utført av NVE i 2009 er kontrollert og funnet å være fortsatt gjeldende. Klimapåslag i dette nedbørfeltet er vurdert til et påslag på 20% på vannføringen. På grunn av usikkerheten i datagrunnlaget og modellen, er det benyttet et ytterligere sikkerhetspåslag på 30%.

Dimensjonerende flom for vurdering av flomutbredelse er beregnet til 229 m<sup>3</sup>/s for en 200-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag. For en 1000-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag er det beregnet en dimensjonerende vannføring på 271 m<sup>3</sup>/s. For en 20-årsflom inkl. klima- og sikkerhetspåslag er det beregnet en vannføring på 161 m<sup>3</sup>/s.

Flomsonekartlegging i vassdraget er utført ved hjelp av en hydraulisk vannlinjemodell laget i dataprogrammet HEC-RAS. Resultatene er basert på laserkartlegging av terrenget og elvebunnskartlegging med manuelle modifikasjoner. Eventuell erosjon og masseforflytning med tilhørende endringer i elvegeometrien etter kartleggingstidspunkt eller under store flomhendelser kan ikke tas høyde for i denne vurderingen.

Oppstrøms grensebetingelse er konstant vannføring for dimensjonerende flom, inklusiv klimapåslag og sikkerhetspåslag. Nedre grensebetingelse i vannlinjemodellen er gitt av vannstanden i Hardangerfjorden ved ett-års stormflo, inklusiv havnivåstigning.

Resultater fra beregningene er presentert på flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten.

Øysteseelva oversvømmer sine bredder helt øverst i analyseområdet ved Sjusetevegen 61. For alle gjentaksintervaller som er simulert, skaper brua i Sjusetevegen oppstuvning som fører til et flomløp gjennom Busdalen. Dette berør flere bygninger ved Holmane på østsiden av Øysteseelva. I tillegg skaper Holmane bru oppstuvning for alle vurderte gjentaksintervaller, noe som fører til oversvømmelse opp- og nedstrøms brua. Ellers er nesten alt på vestsiden av Øysteseelven nedstrøms Hardangerfjordbrua berørt av flommen og havvannstand. Det er også oversvømmelse oppstrøms Hardangerfjordbrua ved 1000-årsflom, og beskjeden oversvømmelse ved 200-årsflom på dette området.

I forbindelse med områdestabilitetsvurdering for Øystese [1] har det blitt tegnet faresone for områdeskred på Vikesida, vest for Øysteseelva, men dette har ikke påvirkning for flomvurderingen av selve Øysteseelva. Selve Øysteseelva er **ikke** vurdert at kan ha kritisk erosjon inn mot sprøbruddmateriale. Det påpekes at ved eventuelle sikringstiltak eller andre tiltak i strandsonen må det kreves videre geotekniske vurderinger.

Alle resultater i rapporten er basert på høydesystem NN2000.

## Innhold

|          |                                                            |           |
|----------|------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Innledning</b>                                          | <b>6</b>  |
| 1.1      | Bakgrunn og tidligere utredninger                          | 6         |
| 1.2      | Avgrensning av analyseområdet                              | 8         |
| 1.3      | Regelverk og krav                                          | 8         |
| <b>2</b> | <b>Beskrivelse av vassdraget</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>3</b> | <b>Hydrologisk grunnlag</b>                                | <b>10</b> |
| 3.1      | Vurdering av tidligere flomberegninger                     | 10        |
| 3.2      | Klassifisering av flomberegningen                          | 10        |
| 3.3      | Vurdering av klimapåslag                                   | 10        |
| <b>4</b> | <b>Hydrauliske beregninger</b>                             | <b>11</b> |
| 4.1      | Terrengmodell                                              | 11        |
| 4.1.1    | <i>LiDAR punktsky</i>                                      | 11        |
| 4.1.2    | <i>Oppmålinger i elveløpet</i>                             | 12        |
| 4.2      | Hydraulisk modell                                          | 15        |
| 4.2.1    | <i>Grensebetingelser</i>                                   | 15        |
| 4.2.2    | <i>Beregningsnett og numeriske parametere</i>              | 15        |
| 4.2.3    | <i>Ruhetsverdier</i>                                       | 16        |
| 4.2.4    | <i>Bruer</i>                                               | 17        |
| 4.3      | Kalibrering                                                | 22        |
| 4.4      | Følsomhetsanalyse og usikkerhet i modellen                 | 23        |
| 4.5      | Klassifisering av hydraulisk modell                        | 24        |
| 4.6      | Sikkerhetspåslag                                           | 24        |
| <b>5</b> | <b>Dagens situasjon</b>                                    | <b>25</b> |
| 5.1      | 20-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag             | 25        |
| 5.2      | 200-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag            | 26        |
| 5.3      | 1000-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag           | 27        |
| 5.4      | Sammenligning med tidligere beregninger                    | 28        |
| <b>6</b> | <b>Andre naturfarer i vassdraget</b>                       | <b>29</b> |
| 6.1      | Tilstopping og vann på avveie                              | 29        |
| 6.2      | Erosjon og massetransport                                  | 29        |
| 6.3      | Kjøve og flom                                              | 30        |
| 6.3.1    | <i>Kjøve</i>                                               | 30        |
| 6.3.2    | <i>Historiske kjøver og flomhendelser</i>                  | 31        |
| 6.3.3    | <i>Nyere hendelser i Øystesevassdraget</i>                 | 33        |
| 6.3.4    | <i>Vurdering av fare for kjøve Øystesevassdraget i dag</i> | 33        |
| 6.4      | Områdestabilitet mot kvikkleireskred                       | 34        |



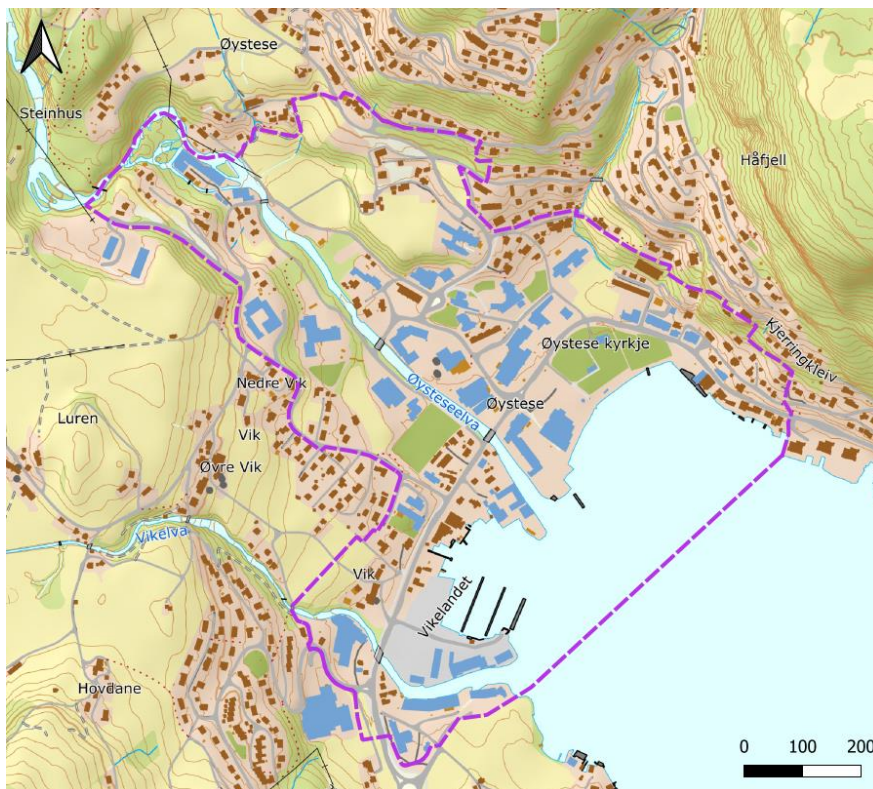
|          |                                                      |           |
|----------|------------------------------------------------------|-----------|
| 6.5      | Isgang                                               | 35        |
| 6.6      | Stormflo                                             | 35        |
| <b>7</b> | <b>Konklusjon</b>                                    | <b>36</b> |
| <b>8</b> | <b>Referanser</b>                                    | <b>37</b> |
|          | <b>Vedlegg 1- Historiske bilder</b>                  | <b>39</b> |
|          | <b>Vedlegg 2- Bilder fra befaring av Øysteseelva</b> | <b>42</b> |
|          | <b>Vedlegg 3 – NEVINA rapport</b>                    | <b>52</b> |
|          | <b>Vedlegg 4 – Vannstand i havet</b>                 | <b>53</b> |
|          | <b>Vedlegg 5 – Tegninger og oppmåling av bruene</b>  | <b>55</b> |
|          | <b>Vedlegg 6 – Flomsonekart</b>                      | <b>60</b> |

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn og tidligere utredninger

Norconsult Norge AS (Norconsult) er på vegne av Kvam herad engasjert for å utvikle tiltak for flomsikring av Øysteseelva som renner gjennom Øystese. Simuleringer av dagens situasjon er utarbeidet for å vurdere flomsikringsalternativer, og et biprodukt av arbeidet er oppdaterte flomsonekart for 20-, 200- og 1000-årsflom. Denne rapporten presenterer oppdaterte flomsonekart samt beskrivelse av grunnlag og beregningsmetodene. Kvam herad jobber for tiden med en områdeplan for Øystese sentrum.

Øystese ligger i Vestland fylke på nordsiden av Hardangerfjorden, omtrent 7 km øst for Norheimsund. Øysteseelva renner sentralt gjennom Øystese og har utløp i Hardangerfjorden rett nedenfor sentrumsområdet, se Figur 1-1.



Figur 1-1. Oversiktskart over Øystese og Øysteseelva. Planområdet er vist i lilla.

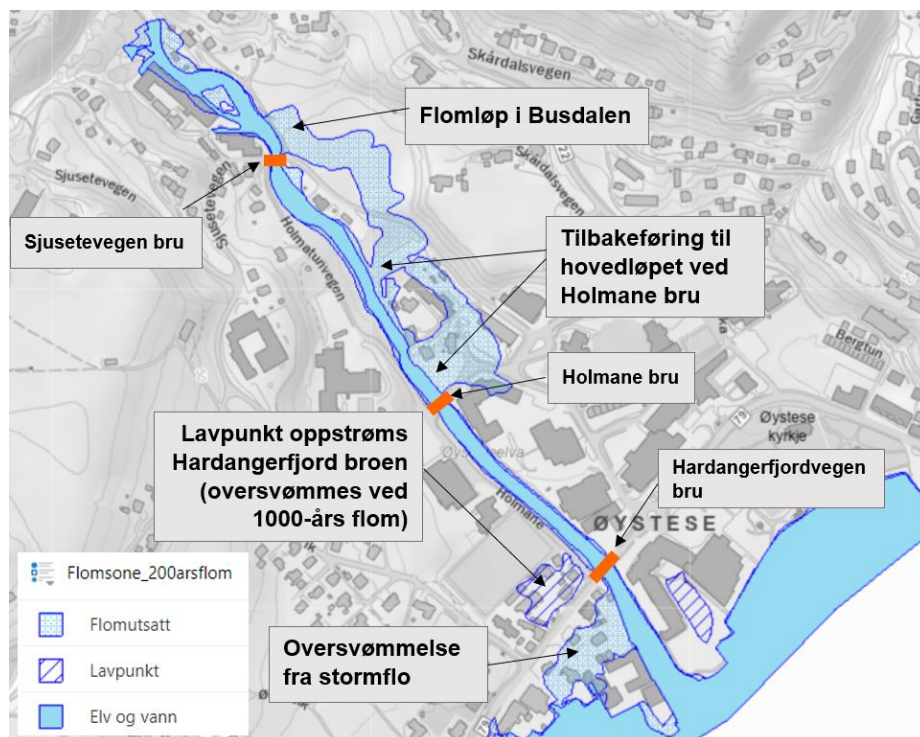
Det er gjort mye forarbeid allerede, både i forbindelse med utvikling av områdeplanen, og tidligfaseutvikling av muligheter for flomsikring av Øysteseelva. En oppsummering av det viktigste arbeidet i forbindelse med flomproblematikk er som følger:

- 2015: NVE utarbeidet flomsonekart for Øystese som ble presentert i Delprosjekt Øystese, NVE rapport 84/2015 [2].
- 2020: COWI, på oppdrag for Kvam herad, med tilskudd fra fylkeskommunen, utarbeidet en mulighetsstudie for flomsikring av Øystese [3].

- 2020: Kvam herad søkte NVE om midler til planlegging av flomsikringstiltak i og langs Øysteseelva med bakgrunn i NVE sin flomsonekartlegging og mulighetsstudien til COWI. Søknaden ble innvilget med svar fra NVE i 2021.
- 2021: Oppstart for arbeid med områdeplanen for Øystese sentrum med plankonsulent ABO Plan og Arkitektur AS.
- 2021: NVE sitt brev (datert 14.05.2021) kommer med innspill til oppstart av arbeid med områdereguleringsplanen for Øystese sentrum. Brevet kommer med en rekke anbefalinger om ting som burde hensyntas i utvikling av områdeplanen, blant annet problemstillinger knyttet til flom- og skredproblematikk.

Flomsonekartleggingen til NVE viste oversvømmelser allerede ved flom med 20-års gjentaksintervall, men det største skadepotensialet er hovedsakelig utløst ved en 200-årsflom (og større flommer). Her aktiveres flomløpet i Busdalen, oppstrøms Sjusetevegen bru, som skaper oversvømmelse på venstre side av elven (sett medstrøms) nedover mot sentrum av Øystese, se Figur 1-2. Vannet finner veien tilbake til hovedløpet oppstrøms Holmane bru. Modellen som var utarbeidet av NVE var en 1D modell og flomrapporten påpeker at dette medfører betydelige usikkerheter i resultatene, spesielt der elven renner utenfor sine bredder.

COWI utførte sin egen flomsonekartlegging i forbindelse med mulighetsstudien i 2020 [3]. Modellen var en 2D modell som er generelt bedre egnet til situasjoner hvor elven bryter ut av sine bredder og renner utover terrenget. Bruene ble ikke integrert i modellen. Dette er et problem ettersom bruene er svært kritiske for flomsituasjonen i Øysteseelva ettersom de fører til oppstuvning



Figur 1-2. Utsnitt fra NVE Atlas som viser flomsoner for 200-års flom i Øystese fra NVE sin flomsonekartlegging i 2015. Broer er vist i oransje. (Kilde: NVE Atlas)

Det har vært flere større flomhendelser i Øystese i løpet av de siste 100 årene. En stor flom i 1938 førte til flomløp på østsiden av elven. NVE utførte sikringsarbeid langs elven i 1938 og 1947. Årene 2005, 2014 og 2018 hadde flommer som var i størrelsesorden av en 10-årsflom. Flommen i bl.a. 2018 førte til lokale utrasinger av tørrmuren langs elvebredden. Historiske bilder av tidligere flommer er presentert i Vedlegg 1.

## 1.2 Avgrensning av analyseområdet

Analyseområdet med hensyn til flomsikringstiltak er fra ca. 400 m oppstrøms brua i Sjusetevegen til utløp i Hardangerfjorden.

## 1.3 Regelverk og krav

Beregningen er utført i henhold til NVEs veileder for flomberegninger [5] og for flomfarekartlegging i vassdrag [4] og på bakgrunn av TEK 17. Ifølge TEK 17 skal byggverk plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom med bestemte gjentakintervall. Gjentakintervall avgjøres av konsekvensene som skade på bygget vil medføre. En oversikt over sikkerhetsklassene med tilhørende krav til gjentakintervall er vist i punktlisten under.

- F1 – Liten konsekvens (garasjer, lager, boder) – 20-årsflom
- F2 – Middels konsekvens (bolighus, fritidsboliger, skoler, kontorbygg) – 200-årsflom
- F3 – Stor konsekvens (sykehjem, brann-/politistasjoner, avfallsdeponier) – 1000-årsflom

For Øystese er det vurdert at de fleste bygninger, både eksisterende og nye, faller inn under sikkerhetsklasse F2. Disse skal sikres mot 200-årsflom.

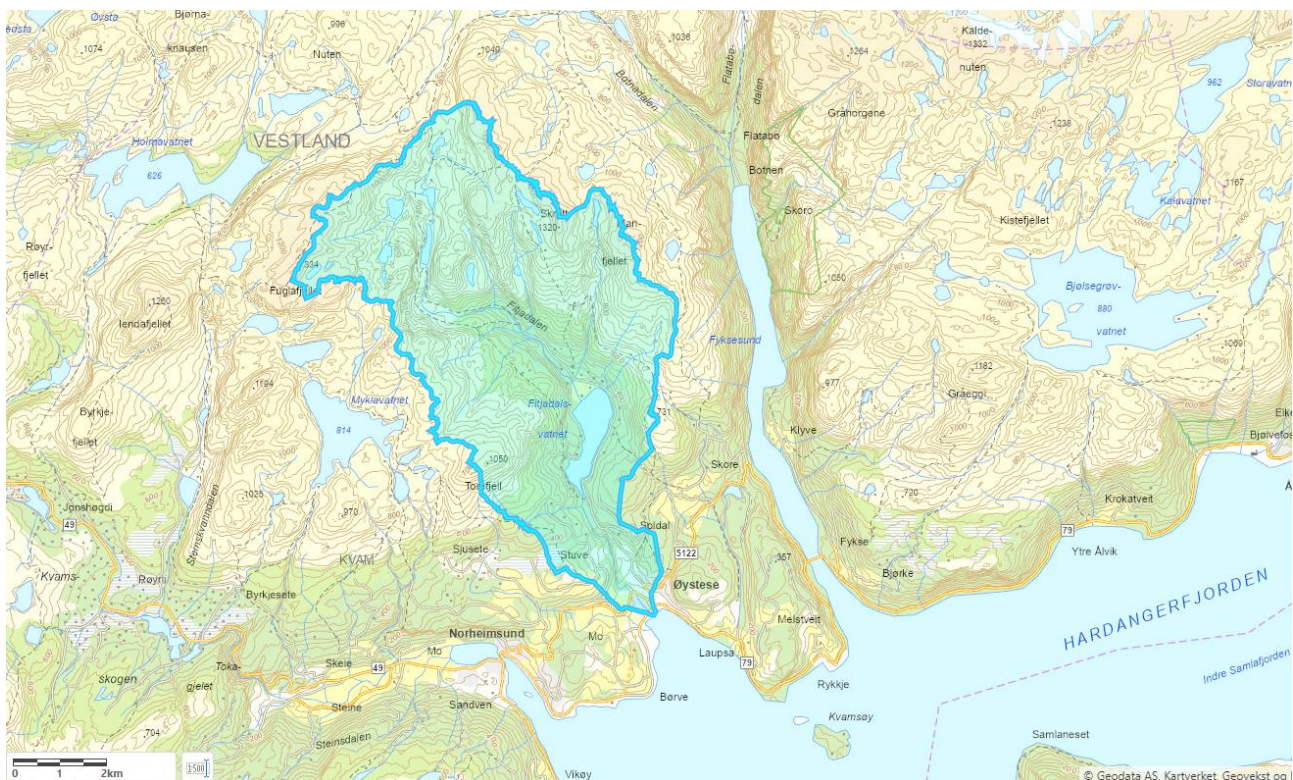


## 2 Beskrivelse av vassdraget

Øysteseelva ligger i Kvam herad i Vestland fylke, og har utløp i Hardangerfjorden ved Øystese (Figur 2-1). Feltstørrelse er 44,6 km<sup>2</sup>. Midlere avrenning (1991-2020) er beregnet til 105,5 l/s/km<sup>2</sup> i ArcGIS Pro. Vassdraget består av åpen fastmark (65%) og skog (25%) ifølge Scalgo. Nedbørfeltet strekker seg fra Fuglafjellet på 1334 moh. ned til havet, med medianhøyde på 778 moh. En ca. 1,14 km<sup>2</sup> sjø, Fitjadalsvatnet, ligger i vassdraget ca. 2,5 km oppstrøms analyseområdet. Effektiv sjøprosent er beregnet til 2,40 i ArcGIS Pro. Feltparametere fra NEVINA er vist i Vedlegg 3.

Store flommer kommer oftest om høsten på grunn av intenst regnvær.

Det ble utført befarings langs Øysteseelva av representanter fra Norconsult 27.-28. mars 2023. Utvalgte bilder fra befaringsen er vist i Vedlegg 2.



Figur 2-1. Nedbørfelt til Øysteseelva.

## 3 Hydrologisk grunnlag

### 3.1 Vurdering av tidligere flomberegninger

Det finnes ikke målestasjoner for vannføringsdata i vassdraget. Flomberegningen er derfor basert på regionale flomformler og frekvensanalyser av observerte flommer ved målestasjoner i nærliggende vassdrag.

NVE utførte en flomberegning for Øysteseelva i 2009 [5]. Kulminasjonsverdien for  $Q_{200}$  ble beregnet til 147 m<sup>3</sup>/s. En oppdatering av flomberegningen i forbindelse med flomsonekartlegging i 2015 resulterte i en kulminasjonsverdi for  $Q_{1000}$  på 174 m<sup>3</sup>/s [2]. Kulminasjonsvannføringen er antatt å være 45% større enn døgnmiddelvannføringen for alle gjentakintervall [5].

CM Consulting (2007) utførte en flomvurdering i Øysteseelva for å se på muligheter til å etablere en ny barnehage i Busdalen [6]. Flomstørrelsen ble beregnet på grunnlag av flomfrekvensanalyser og regionale regresjonsformler. Kulminasjonsverdier ved  $Q_{200}$  og  $Q_{1000}$  var beregnet til hhv. 155 og 187 m<sup>3</sup>/s. Dette er ca. 5 % høyere enn verdiene beregnet av NVE [5].

Midlere spesifikk avrenning for perioden 1961-1990 er på 114 l/s/km<sup>2</sup> ifølge NVEs flomberegningen [5]. Norconsult sin nye beregning av midlere avrenning for perioden 1991-2020 er ca. 7% lavere (105,5 l/s/km<sup>2</sup>). Det har vært flere større nedbørhendelser i Vestlandet siden flomberegningen ble utført i 2009.

Det er utført en kontrollberegning med NIFS [7]. Dette gir en 200-årsflom på 124 m<sup>3</sup>/s og en 1000-årsflom på 171 m<sup>3</sup>/s. 20-årsflom er beregnet til 78,7 m<sup>3</sup>/s sammenlignet med 103 m<sup>3</sup>/s i NVEs flomberegningsrapport [5]. Det konkluderes med at den tidligere flomberegningen fra NVE er fortsatt gjeldende.

### 3.2 Klassifisering av flomberegningen

Kvalitetsklassen til det hydrologiske datagrunnlaget er tidligere vurdert til klasse 2 på en gammel skala fra 1 til 3 ifølge NVEs flomberegningsrapport, hvor 1 er best [5].

Det foreligger ikke vannmerker i vassdraget, men flere målestasjoner med lignende nedbørfelt som Øysteseelva er vurdert i forbindelse med flomberegningen [5]. Spesifikk middelflom og vekstfaktorer for 200-årsflom varierer relativt lite for stasjonene i området ifølge NVEs flomberegning utført i 2009 [5].

Det er vurdert at kvalitetsklassen til flomberegningen er klasse 3 ifølge den nye klassifiseringsskala fra 1 til 5, hvor 1 er best [8]. Klasse 3 har følgende kriterier: «Brukbart hydrologisk datagrunnlag. Det foreligger ikke målinger i vassdrag eller nabovassdrag, men regionale analyser gir resultater som harmonerer med nasjonalt formelverk eller RFFA-2018 eller erfaringstall. Det er store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.»

### 3.3 Vurdering av klimapåslag

Det forventes en 20% økning i flomstørrelse for en 200-årsflom fram mot år 2100 [9] [10]. 20-, 200- og 1000-årsflom med 20% klimapåslag (kulminasjonsvannføring) er vist i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. 20-, 200- og 1000-årsflom med 20% klimapåslag, kulminasjonsvannføring.

|                        | $Q_{20}$ med 20% klimapåslag | $Q_{200}$ med 20% klimapåslag | $Q_{1000}$ med 20% klimapåslag |
|------------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Øysteseelva v/ Øystese | 124 m <sup>3</sup> /s        | 176 m <sup>3</sup> /s         | 209 m <sup>3</sup> /s          |



## 4 Hydrauliske beregninger

### 4.1 Terrengmodell

Benyttet terrengmodell er satt opp i koordinatsystem UTM32N, med høydedatum NN2000.

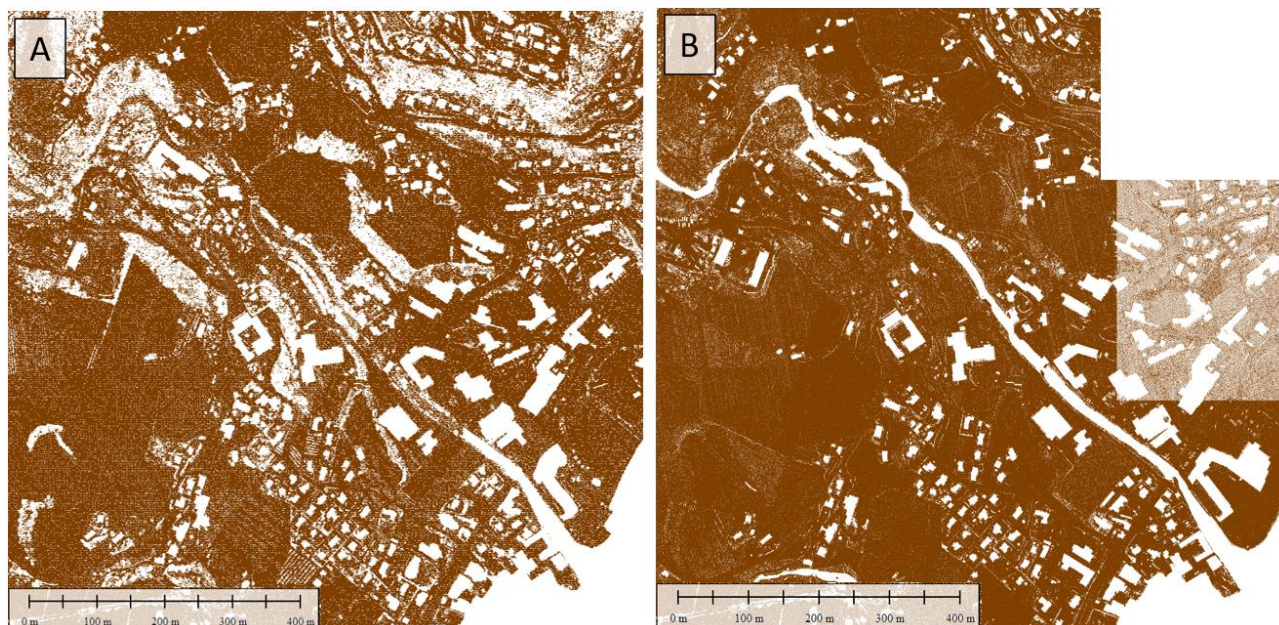
Terrengmodellen består av en LiDAR punktsky fra 2022 og oppmålte punkter i elveløpet fra 2007 og 2023.

Terrengmodellen under vannflaten ble senket med 3 m ved utløpet i fjorden.

#### 4.1.1 LiDAR punktsky

Terrengmodellen som ligger til grunn i den hydrauliske modellen er fra *Hardanger og Lærdal laser 2022*, bestilt punkttetthet på 10 pkt./m<sup>2</sup>. Kartverket hadde ikke tatt en uavhengig kontroll på punktskyen ved prosjektets oppstart, men punktene er klassifiserte og mottatt 18.04.2023. Punktskyen er kontrollert mot tidligere oppmålinger samt bilder fra befaring, og det er konkludert at den stemmer godt.

Terrengmodellen som er benyttet i beregninger til NVE og Cowi er basert på terrengmodellen fra 2012, med 2 pkt./m<sup>2</sup>. Denne modellen er mye grovere enn 2022-modellen, samt at den ikke viser endringer i bebyggelse siden 2012 (Figur 4-1). Scanningen fra 2012 ble utført 27. aug. 2012 og 12. okt. 2012, i en årstid med mye vegetasjon langs elven langs noen partier. LiDAR opptaket for 2022-modellen ble utført på 18. og 19. nov., 2022. Da er det lettere å få flere punkter langs elvebenkene fordi det er mindre vegetasjon på denne tiden av året. Opptaket fra 2022 har en mye finere oppløsning enn modellen fra 2012. Geometrien i elveløpet er fortsatt usikker, da LiDAR måler vannflaten. Derfor er den supplert med manuelle oppmålinger i elveløpet, som beskrevet nedenfor. Punktskyen er behandlet og konvertert til en TIN for videre prosessering med oppmålinger i elveløpet.



Figur 4-1. Bakkepunkt («ground points») fra LiDAR opptaket (brune punkter). A) fra LiDAR opptaket i 2012, 2 pkt./m<sup>2</sup>. B) fra LiDAR opptaket i 2022, 10 pkt./m<sup>2</sup>.

#### 4.1.2 Oppmålinger i elveløpet

Øysteseelva er preget av mye stryk og turbulens, noe som gjør at den ikke egner seg for oppmåling med grønnlaser eller ADCP – avviket blir for stort. Høy hastighet med stryk i flere elvestrekninger gjør det uforsvarlig å vade ut i elven for å ta manuelle høydepunkter i noen partier.

Novatek utførte målinger i elven høsten 2007, og Norconsult gjorde supplerende målinger våren 2023 (Figur 4-2). Prosessering av punktene i elveløpet er utført ved å først utføre en lineær interpolering mellom alle tverrprofiler i Øysteseelva fra NVE sin hydrauliske modell, som består av Novatek sine tverrprofiler. Resultatet ble konvertert til en «punktsky» med 0,5 m oppløsning.

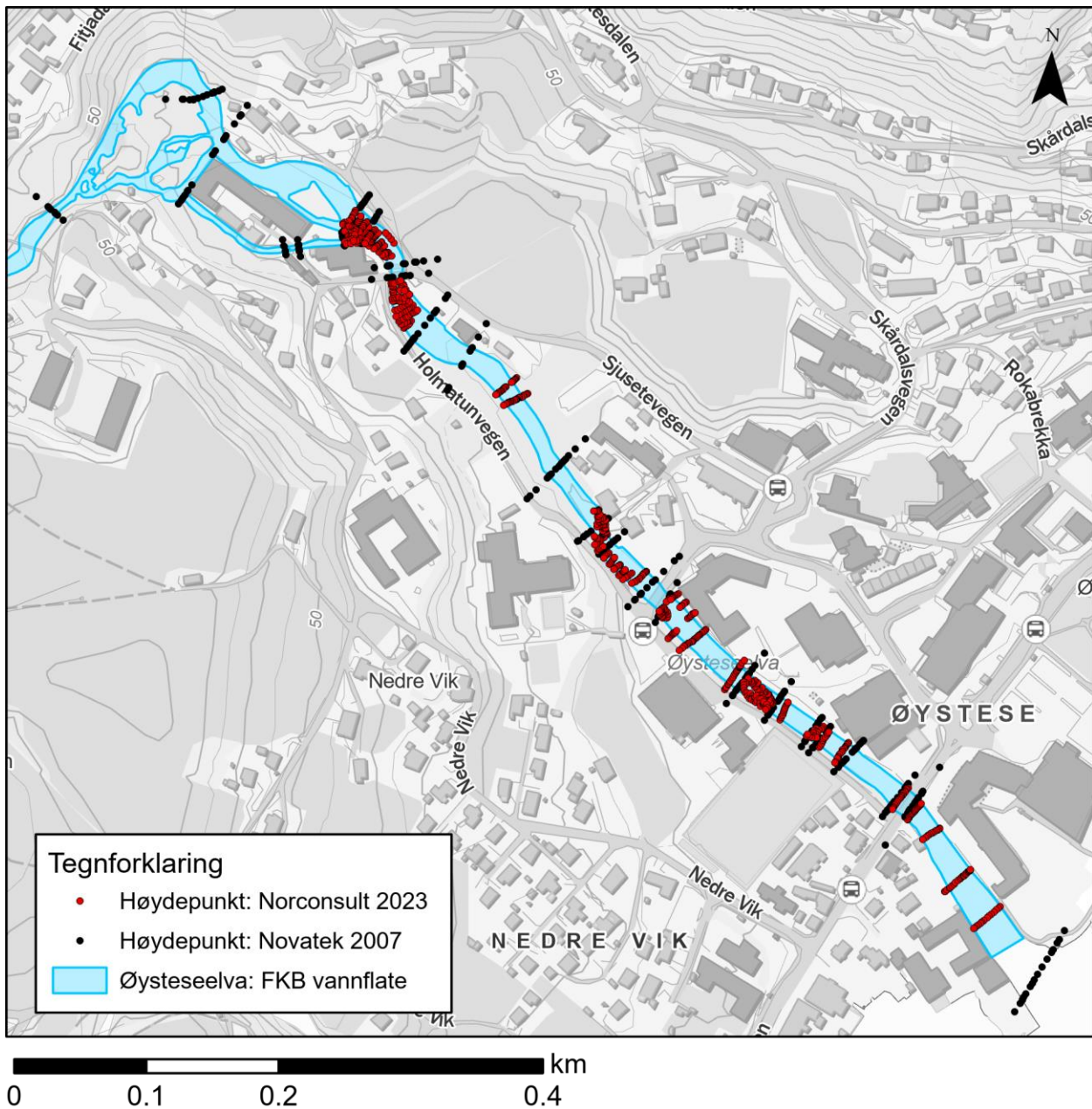
Punktskyen ble avgrenset med FKB vannflate for Øysteseelva. FKB vannflate shapefilen var kontrollert mot terrengmodellen fra 2023, satellittbilder og bilder fra befarings, slik at noen manuelle justeringer ble utført hvor områder var for eksempel godt kartlagt med LiDAR.

Punktene hvor Norconsult utførte målinger ble slettet med en skjønnsmessig buffer manuelt avhengig av oppløsning til Norconsults høydepunkter, underlag (løsmasse eller berg) og bilder fra befarings. Deretter ble Norconsults høydepunkter kopiert inn i punktskyen, og en TIN ble generert fra alle endelige høydepunkter. TIN-modellen av elveløpet ble sydd sammen med terrengmodellen fra LiDAR data utenfor elveløpet. Noen mindre justeringer av terrengmodellen ble utført i HEC-RAS ved hjelp av bilder fra befarings.

**Novatek 2007:** Novatek målte 25 tverrprofiler og tre bruer i Øysteseelva 15.-17. okt. 2007, i en periode med høy vannføring [11]. Bruene som ble innmålt er Hardangerfjordbrua (Fv7) ved Øysteseelva sitt utløp, Holmane bru og den øverste brua Sjusetvegbrua ved Fv130. Alle oppmålte høyder er på NN54, som konverteres til NN2000 ved å trekke fra 5 cm.

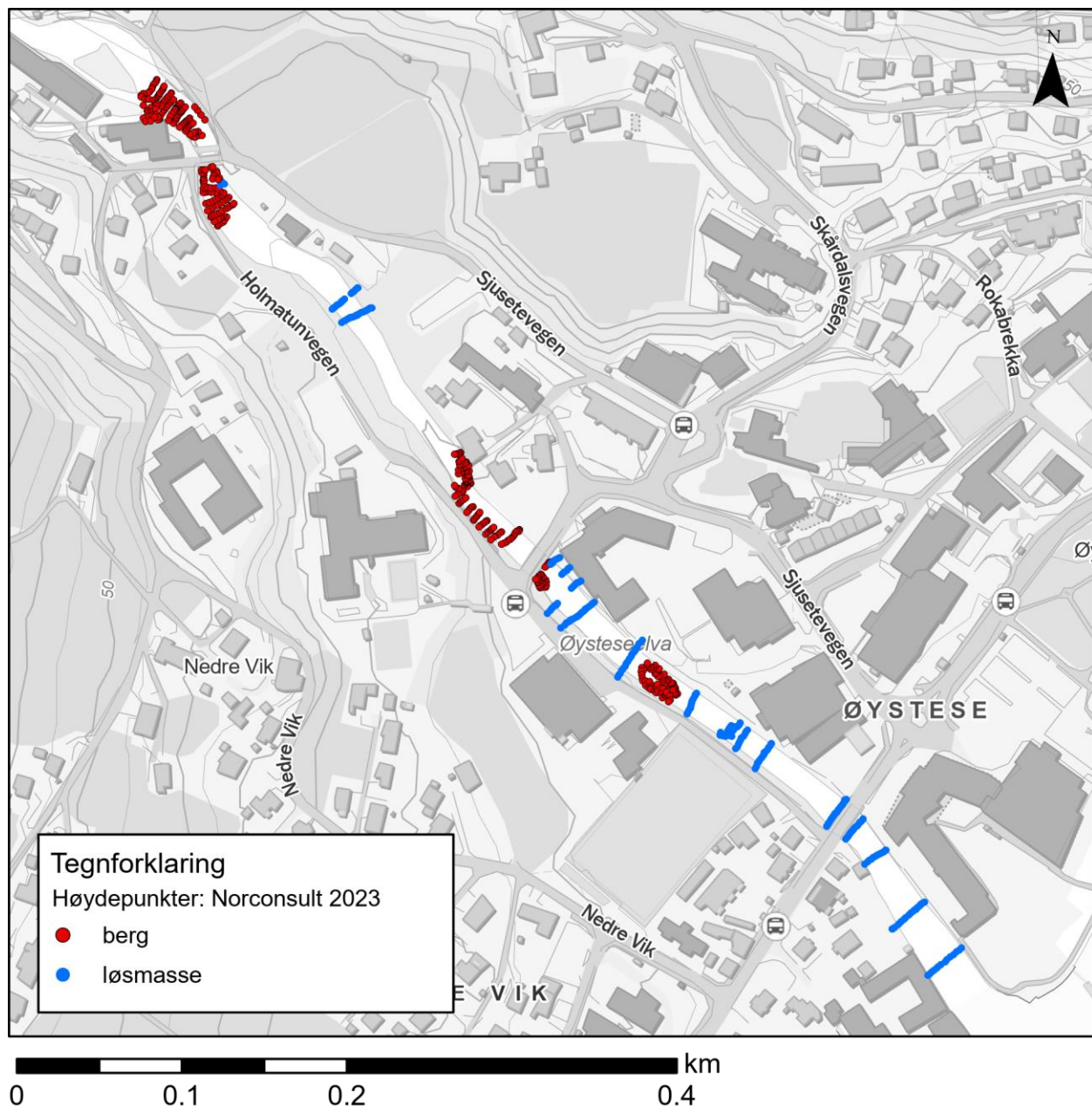
**Norconsult 2023:** Norconsult målte flere steder i elveløpet 27. april 2023, totalt over 1100 punkter. Vannføringen var også forholdsvis høy under oppmålingen, slik at det var fortsatt flere partier som ikke var mulig å oppmåle. Det ble differensiert mellom høydepunkter tatt på løsmasse (ca. 45%) og på berg (ca. 55%), se Figur 4-3.





Figur 4-2. Høydepunkter oppmålt av Norconsult i 2023 (røde punkter) og Novatek i 2007 (svarte punkter).





Figur 4-3. Oppmålte punkter av Norconsult, hvor det er differensiert mellom punkter tatt på fast berg (rød) og på løsmasser (blå).

Øysteseelva er en elv preget av massetransport, og oppmåling i elven vil representere elvebunnen akkurat på tidspunktet oppmålingen er tatt. Høydepunkter målt på berg representerer minimum elvebunn på det punktet (bergart i elven er motstandsdyktig mot erosjon), men elvebunnen kan bli høyere under en flomhendelse på grunn av avsetning av massene på berg. Høydepunkter målt på løsmasse er mer usikre, og elvebunnen kan bli høyere eller lavere under en flomhendelse.

## 4.2 Hydraulisk modell

Den hydrauliske modellen er satt opp i programmet HEC-RAS (ver. 6.3.1), som en "2D-modell". 2D-modellen beregner vannstander og hastigheter i et nett av beregningsceller, med utgangspunkt i en underliggende terrengmodell. Den hydrauliske modellen simulerer ikke massetransport.

### 4.2.1 Grensebetingelser

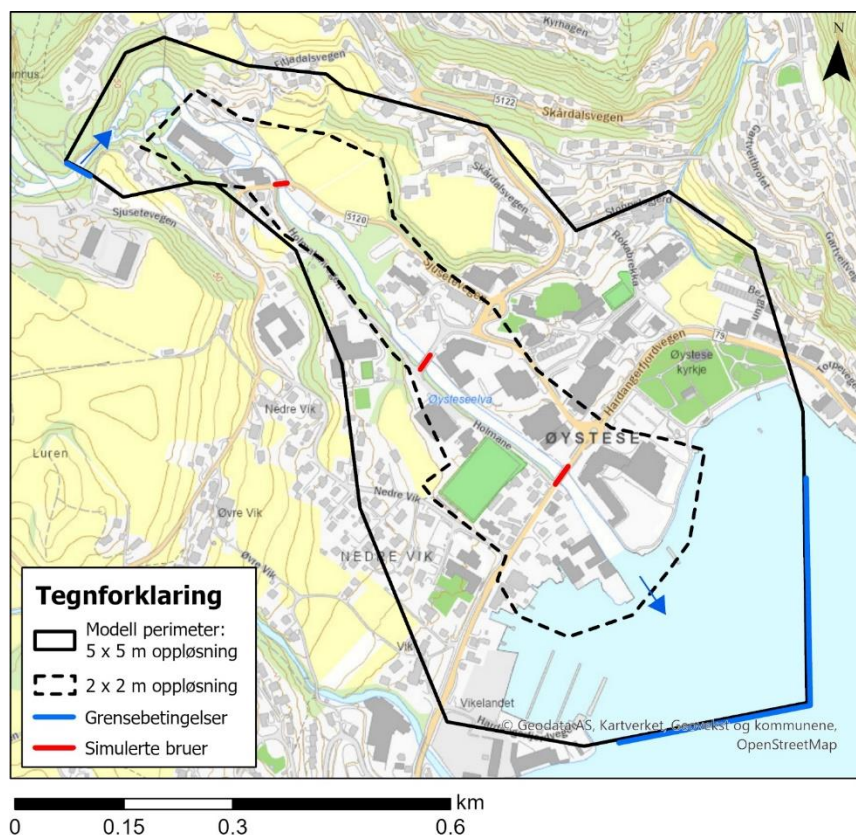
Som oppstrøms grensebetingelse er det benyttet konstant vannføring. Oppstrøms grensebetingelse er lagt ca. 275 m oppstrøms Sjusetevegen 61.

Nedstrøms grensebetingelse er satt til konstant vannstand ved utløpet i Hardangerfjorden. Vannstanden tilsvarer ett-års stormflo, inklusiv havnivåstigning, som gir en vannstand på 1,62 moh. Ifølge Kartverket.no (Kartverket, 2023) er ett-års stormflo for Øystese 1,01 moh. (NN2000) og forventet havnivåstigning er 0,61 m (DSB, 2016). Grunnlaget er vist i Vedlegg 4.

### 4.2.2 Beregningsnett og numeriske parametere

Beregningscellene har celledimensjon 5 x 5 m generelt, og 2 x 2 m i og rundt elveløpet, se Figur 4-4. Bruddlinjer er lagt langs elveløpet for å fange opp den underliggende geometrien best mulig, samt ved høybrekk og infrastruktur som betongvegger.

I simuleringene er det benyttet SWE-ELM ligningssett, med tidskritt 0,2 sekund, som gir Courant nr. i tråd med anbefalingene i HEC-RAS sin hydrauliske dokumentasjon (anbefalt  $\leq 1$ , maksimalt  $< 3$ ).



Figur 4-4. Oversiktskart med analyseområde og modell oppsett.

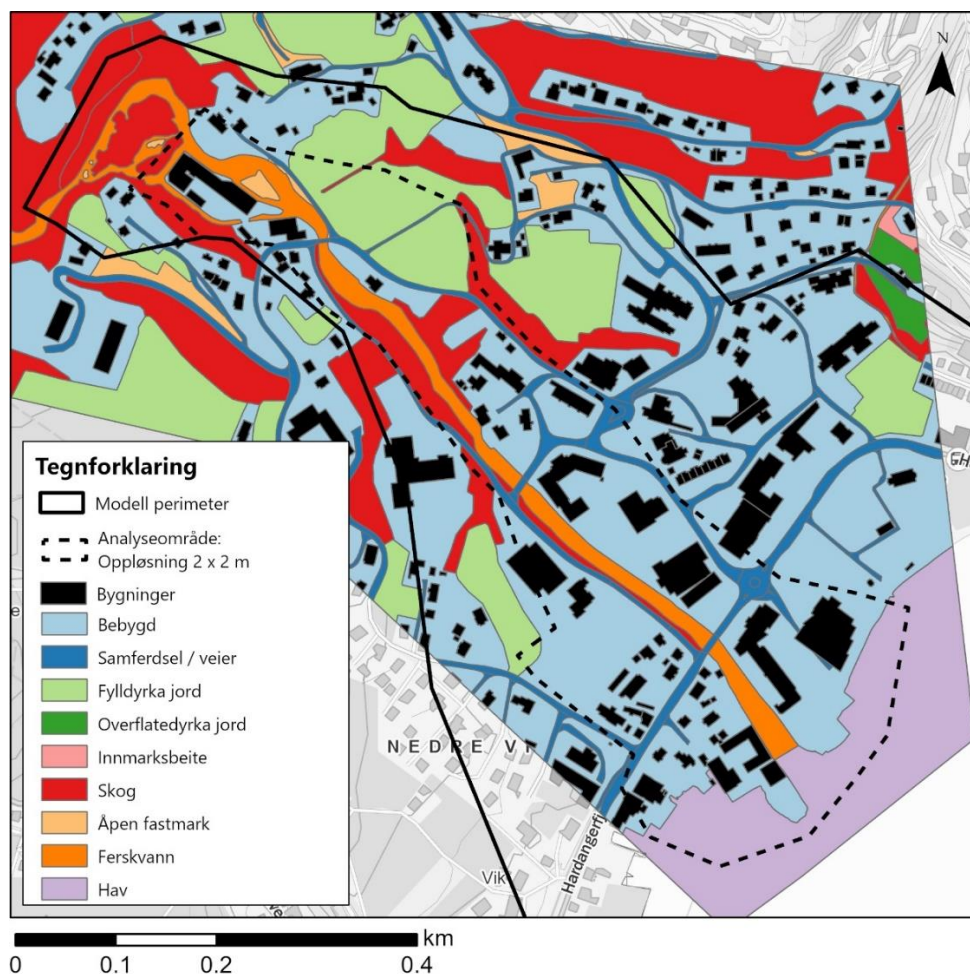


### 4.2.3 Ruhetsverdier

Arealtype er basert på FKB fil Arealtype5 konvertert til en raster med 0,5 m oppløsning. Friksjonsforhold benyttet i modellen er vist i Tabell 4-1 og Figur 4-5.

Tabell 4-1. Friksjonsforhold benyttet i modellen.

| Område / Arealtype                       | Manningstall |
|------------------------------------------|--------------|
| Elveløp / ferskvann                      | 25           |
| Hav                                      | 33           |
| Skog                                     | 20           |
| Åpen fastmark                            | 25           |
| Dyrket jord                              | 30           |
| Innmarksbeite                            | 33           |
| Bebygd eller betydelig opparbeidet areal | 28           |
| Bygninger                                | 1            |
| Veier                                    | 67           |



Figur 4-5. Arealtype / ruhetsverdier benyttet i modellen. Områder utenfor er simulert med  $M = 33$ .

#### 4.2.4 Bruer

Tre bruer krysser Øysteseelva i beregningsstrekningen: Sjusetevegen, Holmane og Hardangerfjordvegen. Alle er simulert som bruer (SA/2D connections) i HEC-RAS modellen. Flere bilder av bruene er vist i Vedlegg 2. Selv om bruene er oppmålt av Novatek i 2007, er det fortsatt noe usikkerhet rundt brugeometri da oppmålingsforhold under bruene er svært vanskelig for bl.a. Sjusetevegen og Holmane.

Tverrprofiler oppmålt av Novatek er vist i Vedlegg 5. Geometri er tatt fra rådata fra Novatek, dvs. fra punktdata og ikke estimert fra tegninger. Rekkverk er ikke simulert.

##### 4.2.4.1 Sjusetevegen bru

Sjusetevegen bru er en stålbelebru med vertikale landkar (Figur 4-6). Inngangsdata til hydraulisk modell er vist i Tabell 4-2 og Figur 4-7. Brua er fra 1944 med forsterking utført i 1991. Rørgate ligger oppstrøms og nedstrøms brua. Rørgate som ligger oppstrøms brua har underkant noe lavere enn brubjelkene på oppstrøms side. Novatek målte lysåpning (bruspenn) til ca. 10,8 m (estimert) i oppstrøms profil og 8,47 m i nedstrøms profil (Figur 4-8).

Samlet bredde for rørgate og brua er 11,1 m. En «fjellhylle» ligger under brua mot østre landkar. Den er modellert i underliggende terrengmodell på 18,4 moh. Laveste elvebunnhøyde er på ca. 16 moh. under brua.

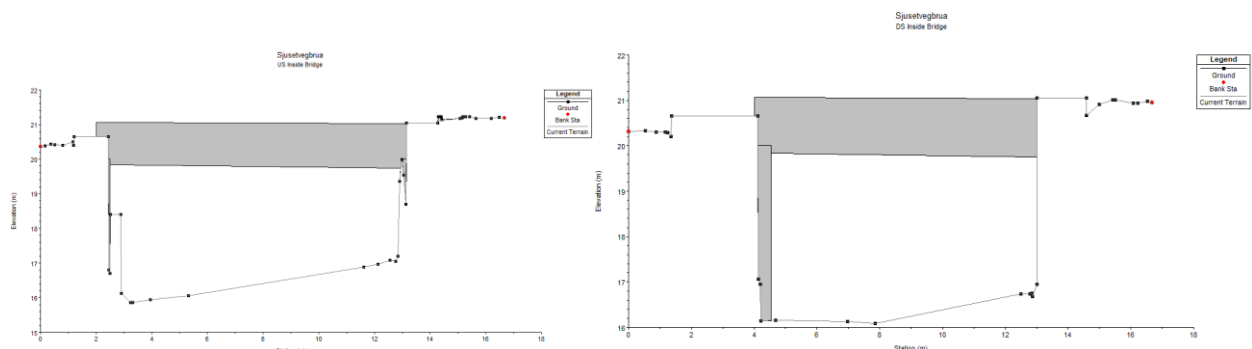
Tabell 4-2. Inngangsparametere til HEC-RAS for Sjusetevegen bru.

| Dimensjon                      | HEC-RAS modell                                              |
|--------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Bruspenn (m)                   | Oppstrøms: 10,45<br>Nedstrøms: 8,47                         |
| Underkant bru / rørgate (moh.) | Venstre (øst) landkar: 19,84<br>Høyre (vest) landkar: 19,74 |
| Brudekke (moh.)                | Venstre (øst) landkar: 21,06<br>Høyre (vest) landkar: 21,03 |
| Bredde, brudekke + rørgate (m) | 11,1                                                        |

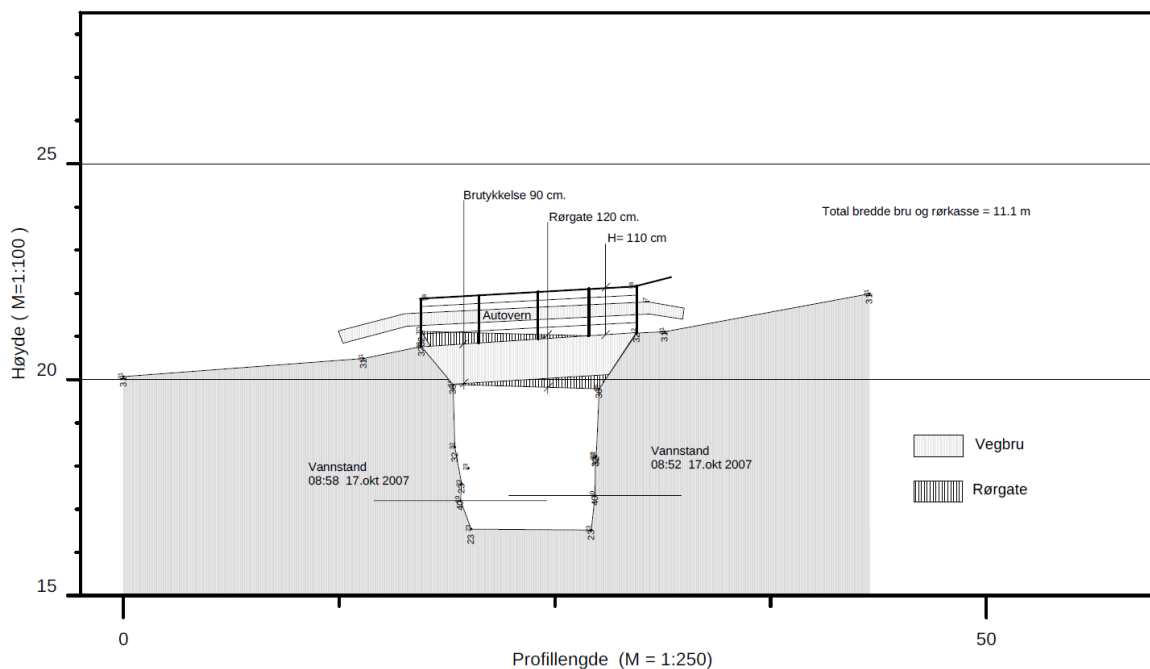


Figur 4-6. Sjusetevegen bru. Til venstre: sett fra oppstrøms. Til høyre: sett fra nedstrøms. Foto: Novatek, 2007 [11].





Figur 4-7. Sjøsetvegen bru simulert i HEC-RAS v.6.3. Til venstre: Oppstrøms profil. Til høyre: Nedstrøms profil.



Figur 4-8. Oppmålt profil av Sjøsetvegen bru. Novatek, 2007 [11].

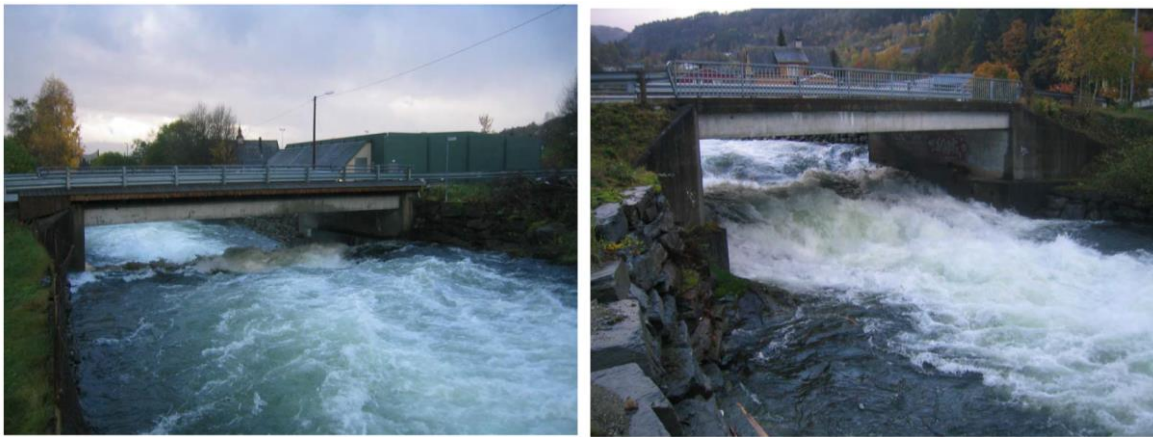
#### 4.2.4.2 Holmane bru

Holmane bru er en betongbru med vertikale landkar (Figur 4-9). Inngangsdata til den hydrauliske modellen er vist i Tabell 4-3 og Figur 4-10.

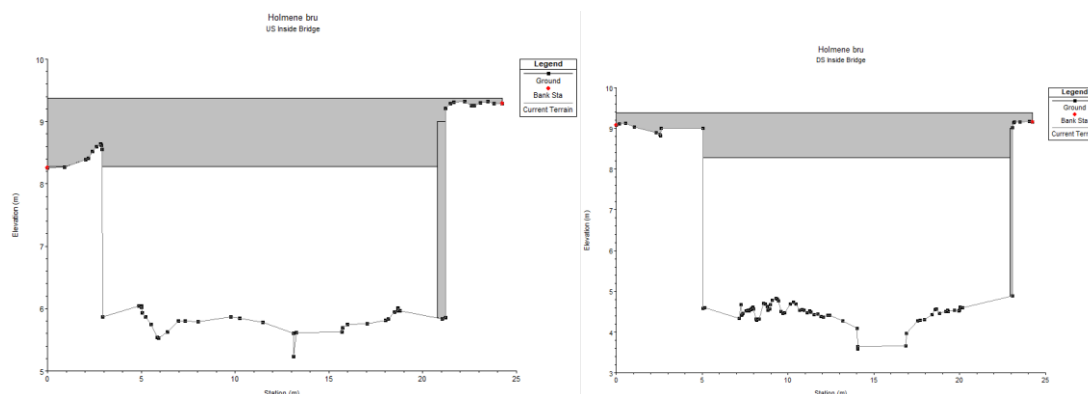
Novatek målte lysåpning (bruspenn) til 17,86 m (Figur 4-11). Bredde er 10,45 m. Laveste høyde i elvebunnen er ca. 5,5 moh. i oppstrøms profil og ca. 3,6 moh. i nedstrøms profil.

Tabell 4-3. Inngangsparametere til HEC-RAS for Holmane bru.

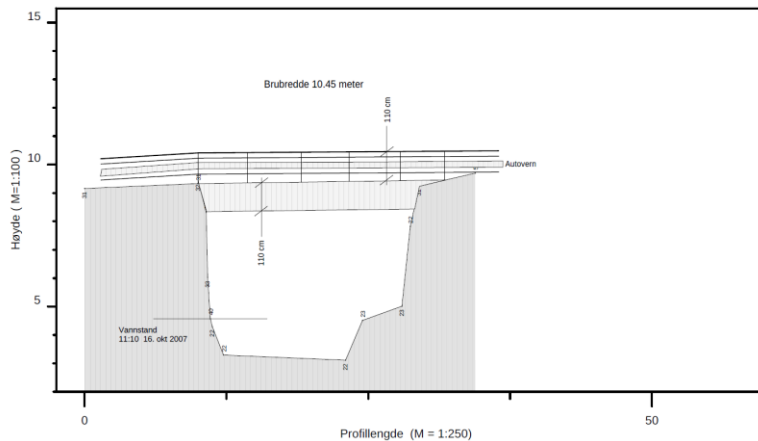
| Dimensjon            | HEC-RAS modell |
|----------------------|----------------|
| Bruspenn (m)         | 17,86          |
| Underkant bru (moh.) | 8,28           |
| Brudekke (moh.)      | 9,38           |
| Bredde, brudekke (m) | 10,45          |



Figur 4-9. Holmane bru. Til venstre: Sett fra oppstrøms. Til høyre: Sett fra nedstrøms. Foto: Novatek, 2007 [11].



Figur 4-10. Holmane bru simulert i HEC-RAS v.6.3. Til venstre: Oppstrøms profil. Til høyre: Nedstrøms profil.



Figur 4-11. Oppmåling av Holmane bru av Novatek, 2007 [11].

#### 4.2.4.3 Hardangerfjordvegen bru

Hardangerfjordvegen bru er en bjelkebru av betong (Figur 4-12). Inngangsdata til hydraulisk modell er vist i Tabell 4-4 og Figur 4-13. Brua er fra 1943 med ombygd overbygning og utvidelse i 1997. Brua består av to spenn, som er 7,8 m og 8,0 m målt i underkant bru ifølge oppmåling av Novatek, som samsvarer med brutegning (Vedlegg 5). Brua har massivt landkar i stein, og det er utvasking og avskalling av fuging mellom stein ved fundament. Pilaren er 1,3 m i diameter ved underkant bru, og 1,8 m ved fundament til pilaren (Figur 4-14). Fundamentet er 3,0 m i diameter.

Bredde til brudekke er 10 m. Laveste elvebunnhøyde er på ca. 0,2 moh. i oppstrøms profil og -0,1 moh. i nedstrøms profil.

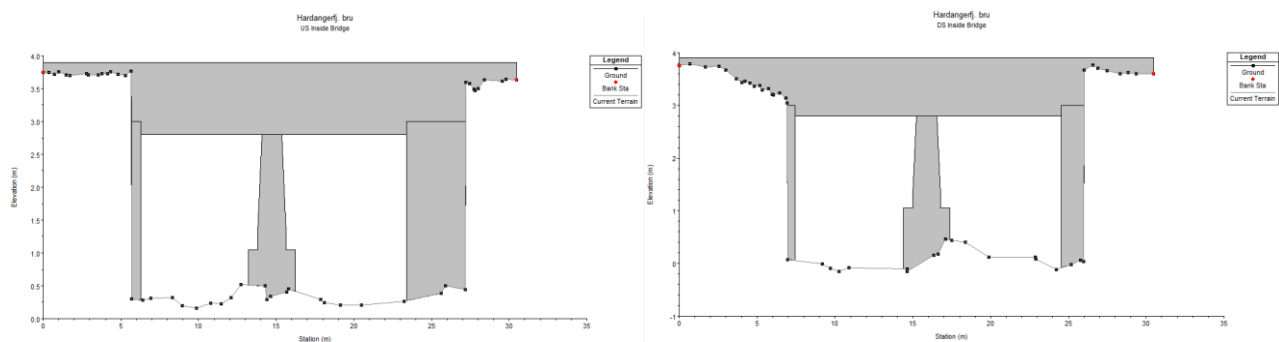
Tabell 4-4. Inngangsparametere til HEC-RAS for Hardangerfjordvegen bru.

| Dimensjon            | HEC-RAS modell                                                                                            |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Bruspenn (m)         | Venstre (øst): 7,8<br>Høyre (vest): 8,0<br>Pilar (ved underkant bru): 1,3<br>Totalspenn inkl. pilar: 17,1 |
| Underkant bru (moh.) | 2,8                                                                                                       |
| Brudekke (moh.)      | 3,9                                                                                                       |
| Bredde, brudekke (m) | 10                                                                                                        |

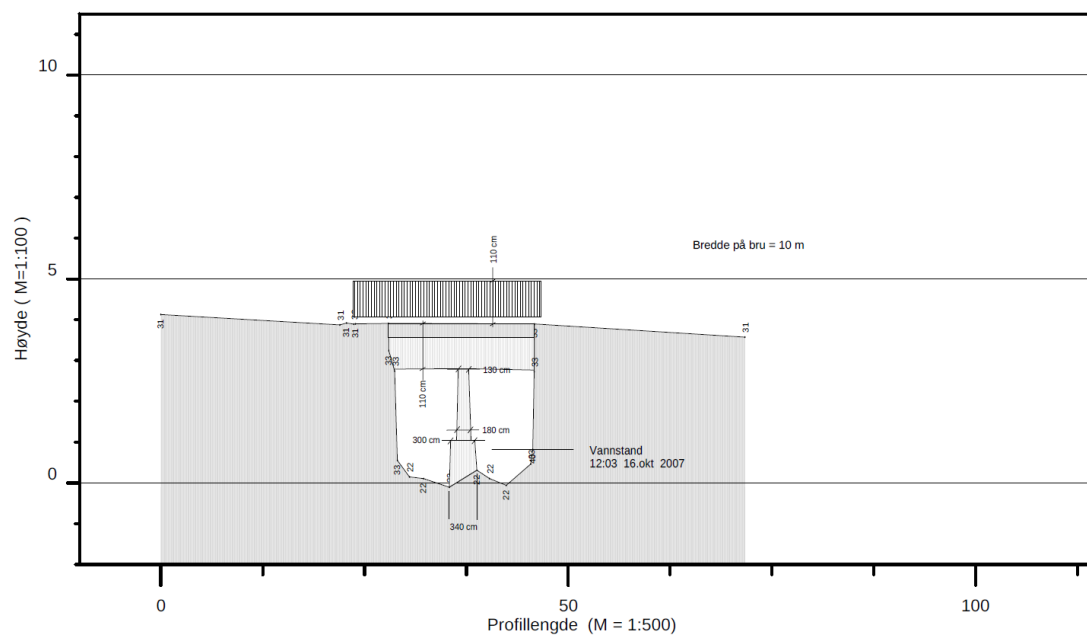




Figur 4-12. Hardangerfjordvegen bru. Til venstre: Sett fra oppstrøms. Til høyre: Sett fra nedstrøms. Foto: Novatek, 2007 [11].



Figur 4-13. Hardangerfjordvegen bru simulert i HEC-RAS v.6.3. Til venstre: Oppstrøms profil. Til høyre: Nedstrøms profil.



Figur 4-14. Oppmåling av Hardangerfjordvegen bru, Novatek 2007 [11].

### 4.3 Kalibrering

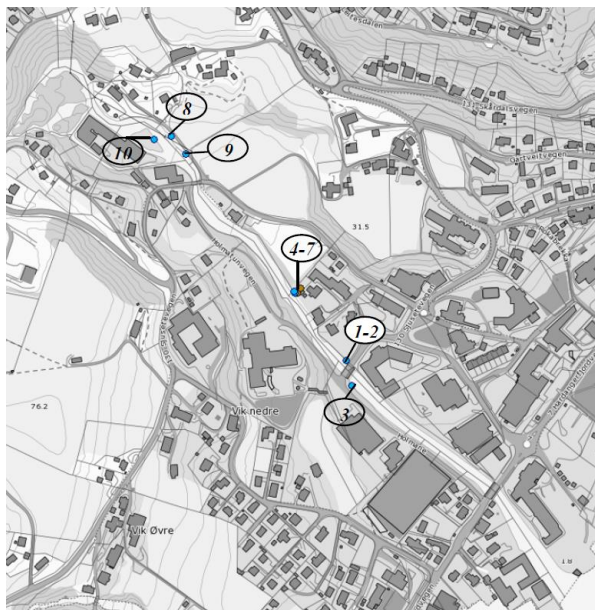
Modellen er sammenlignet med vannstands nivåer dokumentert i forbindelse med flommen den 28. okt. 2014, se Figur 4-15 [12]. Det ble ikke målt flomvannføring, men den er estimert til 80,3 m<sup>3</sup>/s fra nærliggende målestasjoner 42.2 Djupevad og 55.4 Røykenes ifm. kalibrering av NVEs flomsonemodell [2].

Sweco hadde en vannstandlogger ved utløpet til Fitjadalsvatnet i perioden sept. 2010 tom. jan. 2016 med loggeintervallet på 1 time [13]. Vannføring var målt til ca. 80 m<sup>3</sup>/s under flommen i 2014. Feltareal oppstrøms utløp i Fitjadalsvatnet er 39,13 km<sup>2</sup> ifølge Regine (NVE Atlas), som utgjør 87,7% av totalfeltet til Øysteseelva. Ved å arealskalere til totalfeltet til Øystese, får vi en vannføring på ca. 90 m<sup>3</sup>/s for flommen i 2014.

En vannføring på 90 m<sup>3</sup>/s er benyttet for kalibrering av modellen, da denne er basert på faktisk oppmålt vannføring i elven under flomhendelsen. En vannføring på 90 m<sup>3</sup>/s er litt i underkant av en 10-årsflom [5].

Flomtoppen inntraff mellom kl. 05-06 den 28. okt. Vannstanden i havet var på -0,02 til 0,0 moh. (NN2000) ved kl. 05. Maks. havvannstand under flommen var på 0,79 moh. kl. 02 den 28. okt. ifølge Kartverket (Vedlegg 4).

Kalibreringspunktene lengst nedstrøms er ved Holmane bru, og de blir ikke påvirket av en havvannstand mellom ca. 0 – 0,79 moh. Modellen er simulert med en vannføring på 90 m<sup>3</sup>/s som oppstrøms grensebetingelse og med en havvannstand på 0 moh. Resultatene fra simuleringen er sammenlignet med målte flomvannstands nivåer i Tabell 4-5.



Figur 4-15. Kartutsnitt som viser maks. vannstander ifm. flommen 28.10.2014. Kart fra [12].

Tabell 4-5. Sammenligning av målepunkter under flommen 28.10.2014 i Øysteseelva. Punktbeskrivelse og flomvannstand tatt fra [12].

| Punkt | Beskrivelse                                                    | Flomvannstand (moh.) | Simulert vannstand (moh.) | Forskjell (cm) |
|-------|----------------------------------------------------------------|----------------------|---------------------------|----------------|
| 1     | Holmane 9                                                      | 8,16                 | 7,94                      | -22            |
| 2     | Fastpunkt                                                      | ---                  | ---                       | ---            |
| 3     | Øysteseelva på nedside av bru (idrettshallen)*                 | 5,45                 | 5,40                      | -5             |
| 4     | Holmane 5                                                      | 11,88                | 11,62                     | -26            |
| 5     | Flate på oppside av Holmane 5                                  | 11,77                | 11,85                     | +8             |
| 6     | Fastpunkt                                                      | ---                  | ---                       | ---            |
| 7     | Fastpunkt                                                      | ---                  | ---                       | ---            |
| 8     | Busdalen – erosjon i løsmasse                                  | 22,12                | 22,06                     | -6             |
| 9     | Busdalen – erosjon i løsmasse                                  | 20,42                | 20,15                     | -27            |
| 10    | Busdalen (Storeholmen) – spor i gresset etter høyeste flomnivå | 22,10                | 22,10                     | 0              |

\* Kommentar fra [12]: Innmålt område hvor det lå mye treverk. Trolig ikke høyeste flomnivå.

Bilder tatt under flommen i okt. 2018 av forhold oppstrøms Sjusetevegen bru og Holmane bru gir innsikt i strømningsforhold ved flom og er benyttet som skjønnsmessig vurdering av modellen (Figur 4-16). Det viser hvor turbulent Øysteseelva blir under flom.



Figur 4-16. Bilder av flommen 13. okt. 2018. Bildet til venstre er tatt fra oppstrøms Sjusetevegen bru. Bildet til høyre er tatt fra vestsiden av Holmane bru (sett mot øst). Foto: Kvam herad.

#### 4.4 Følsomhetsanalyse og usikkerhet i modellen

Øysteseelva er bratt i noen strekninger og har flere retningsendringer, noe som gir turbulent strømming ved flom. I tillegg er elven preget av massetransport, noe som gjør at elvebatymetrien er usikker under en stor flomhendelse. HEC-RAS 2D, som er i utgangspunktet utviklet for rette, slake elver, simulerer ikke vertikale hastighetsvektorer, noe som kan ha stort utslag ved simulering av turbulente elver som Øysteseelva.

Sensitivitetsanalysen er utført på  $Q_{200} + \text{klima} = 176 \text{ m}^3/\text{s}$ . Resultater fra sensitivitetsanalyse på ruhet og vannføring er undersøkt:

- Kalibrering  $Q = 90 \text{ m}^3/\text{s}$ , ca. 10-årsflom: avvik er fra -27 cm til +8 cm
- Ruhet + 20%: ca. 5 – 25 cm
- Vannføring + 20%: ca. 10 – 30 cm

Vannhastigheten er høy – minst 4 m/s i elveløpet og opp til ca. 7-8 m/s opp- og nedstrøms Sjusetevegen bru og ved Holmane bru. Dette gir en hastighetshøyde på minst 80 cm og opp til ca. 3 m.

#### 4.5 Klassifisering av hydraulisk modell

Modellen er kalibrert for en vannføring som er litt i underkant av en 10-årsflom. Avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm (Tabell 4-5). Modellen klassifiseres som klasse C ifølge NVEs veileder for flomsonekartlegging [4].

#### 4.6 Sikkerhetspåslag

I henhold til NVEs veileder for flomfarekartlegging [4] skal det fastsettes en sikkerhetsmargin for beregnet flomvannstand. Denne sikkerhetsmarginen for vannstand er beregnet på grunnlag av en oppskalering av beregnet flomvannføring. Faktoren som beregnet flomvannføring skal skaleres opp med, er basert på en vurdering av usikkerhet i hydrologisk og hydraulisk datagrunnlag, som beskrevet i kapitler 3.2 og 4.5.

Det er vurdert at sikkerhetspåslaget er en 30% oppskalering av flomvannføringen, som gir vannføringer vist i Tabell 4-6.

Tabell 4-6. Kulminasjonsvannføringer med klimapåslag og sikkerhetspåslag.

| Scenario                                    | 20-årsflom<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 200-årsflom<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) | 1000-årsflom<br>( $\text{m}^3/\text{s}$ ) |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Flomvannføring                              | 103                                     | 147                                      | 174                                       |
| Med 20% klimapåslag                         | 124                                     | 176                                      | 209                                       |
| Med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag | 161                                     | 229                                      | 271                                       |

Øysteseelva er en masseførende elv, og massetransport kan påvirke vannstanden og elvestrømningen. Det er vurdert bruk av energihøyden, men det vil gi urealistiske høye verdier pga. høy vannhastighet i elveløpet.

Sikkerhetspåslag gir en vannstandsøkning på minst 15 cm og opp til ca. 40 cm langs noen strekninger. NVE anbefalte en sikkerhetsmargin på 40 cm i forbindelse med flomsonekartlegging i Øystese [2] baserte på resultater fra deres 1D HEC-RAS modell. Vår modell er baserte på mer nøyaktig grunnlagsdata, og den er kjørt som en 2D modell som er bedre egnet for å simulere Øysteseelva enn en 1D modell.



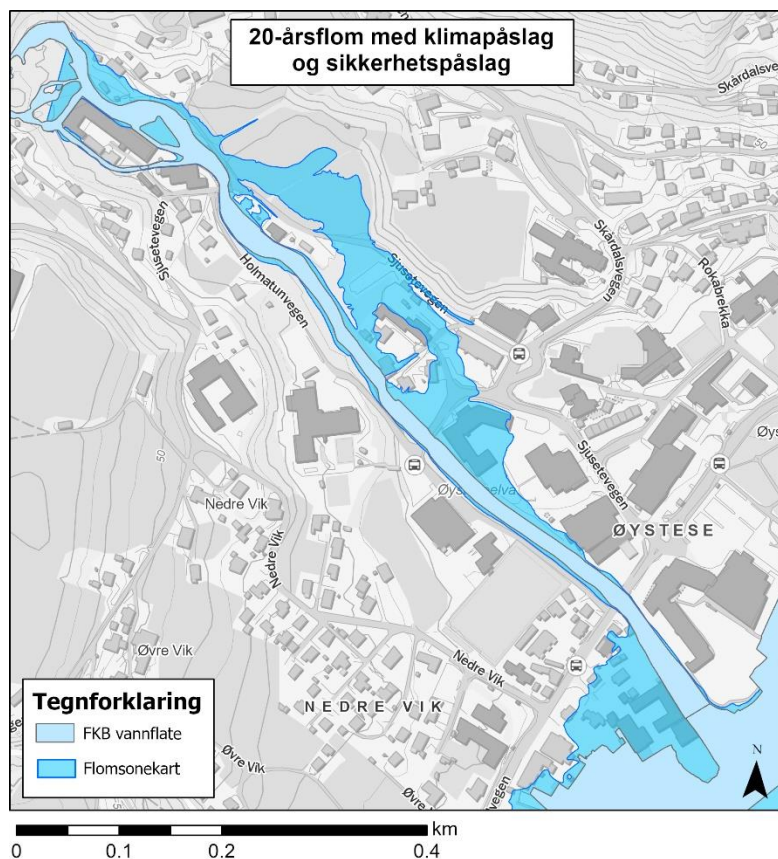
## 5 Dagens situasjon

Dagens situasjon er beregnet for 20-, 200- og 1000-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag. Kartene er også vist i Vedlegg 6 i større format med flomsone som er glattet ut slik at det er lettere å bruke for reguleringsplaner. Vannet renner i flomløpet på østsiden av elven for alle scenarioer. Vannføring gjennom flomløpet er ca. 19 m<sup>3</sup>/s, 52,5 m<sup>3</sup>/s og 77 m<sup>3</sup>/s for hhv. 20-, 200- og 1000-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag.

### 5.1 20-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag

20-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag er vist i Figur 5-1. En beskrivelse av berørte områder finnes nedenfor.

- Oversvømmelse ved Sjusetevegen 61 og 59 – ikke selve husene, men området mot elven.
- Manglende kapasitet under Sjusetevegen bru, som fører til flomløp gjennom Busdalen.
- Noe oversvømmelse nedstrøms Sjusetevegen bru.
- Manglende kapasitet ved Holmane bru, som fører til oppstuvning. Noe av vannet fra flomløpet renner tilbake til elveløpet ved Holmane 5, 7 og 9. Holmane 3 og Sjusetevegen 20A, 22, 28, 44 og 46 blir også berørt av flomløpet.
- Beskjeden oversvømmelse på østsiden av Sjusetevegen 6.
- Nesten alle bygninger nedstrøms Hardangerfjordbrua blir berørt, også på grunn av nedstrøms grensebetingelse i fjorden på 1,62 moh.

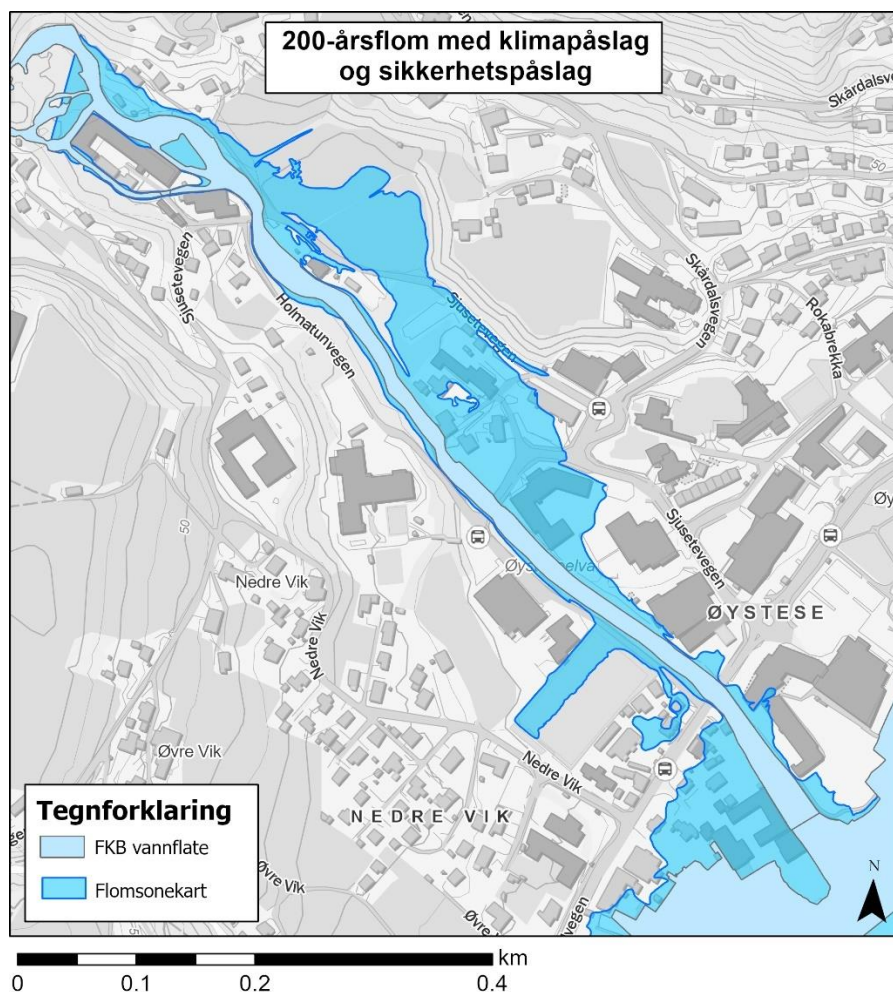


Figur 5-1. 20-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag.

## 5.2 200-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag

200-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag er vist i Figur 5-2. En beskrivelse av berørte områder finnes nedenfor.

- Oversvømmelse ved Sjusetevegen 61 og 59 – ikke selve husene, men området mot elven.
- Manglende kapasitet under Sjusetevegen bru, som fører til flomløp gjennom Busdalen.
- Noe oversvømmelse nedstrøms Sjusetevegen bru, som fører til beskjeden oversvømmelse på Sjusetevegen 56.
- Manglende kapasitet ved Holmane bru, som fører til oppstuvning. Noe av vannet fra flomløpet renner tilbake til elveløpet ved Holmane 5, 7 og 9. Holmane 3 og Sjusetevegen 20A, 22, 26, 28, 30, 44 og 46 blir også berørt av flomløpet.
- Fotballbane blir delvis oversvømt, samt Hardangerfjordvegen 600 og 602, på grunn av flom på avvei litt oppstrøms fra fotballbane.
- Noe oversvømmelse på parkeringsplassen til bensinstasjonen på grunn av oppstuvning bak Hardangerfjordbrua. Beskjeden oversvømmelse på østsiden av Sjusetevegen 6.
- Nesten alle bygninger nedstrøms Hardangerfjordbrua på vestre bredd blir berørt, også på grunn av nedstrøms grensebetingelse i fjorden på 1,62 moh.

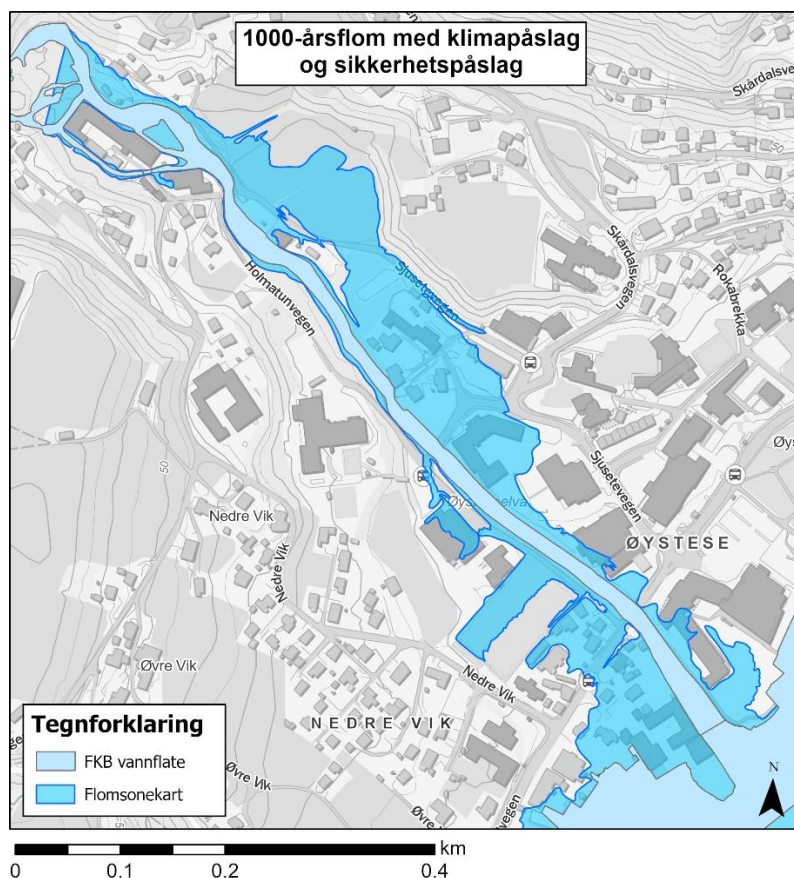


Figur 5-2. 200-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag.

### 5.3 1000-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag

1000-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag er vist i Figur 5-3. En beskrivelse av berørte områder finnes nedenfor.

- Oversvømmelse ved Sjusetevegen 61 og område rundt.
- Manglende kapasitet under Sjusetevegen bru, som fører til flomløp gjennom Busdalen.
- Noe oversvømmelse nedstrøms Sjusetevegen bru, som fører til beskjeden oversvømmelse på Sjusetevegen 56.
- Manglende kapasitet ved Holmane bru, som fører til oppstuvning. Noe av vannet fra flomløpet renner tilbake til elveløpet ved Holmane 5, 7 og 9. Holmane 3 og Sjusetevegen 20A, 22, 26, 28, 30, 44 og 46 blir også berørt av flomløpet.
- Holmane 22 blir berørt pga. manglende kapasitet ved Holmane bru.
- Fotballbane blir delvis oversvømt på grunn av flom på avvei litt oppstrøms fra fotballbane og fra ved Holmane bru.
- Noe oversvømmelse på parkeringsplassen til bensinstasjonen på grunn av oppstuvning bak Hardangerfjordbrua. Beskjeden oversvømmelse på østsiden av Sjusetevegen 6.
- Hardangerfjordvegen 598, 600, 602 og 604 blir berørt på grunn av manglende kapasitet under Hardangerfjordbrua.
- Nesten alle bygninger nedstrøms Hardangerfjordbrua på vestre bredd blir berørt, også på grunn av nedstrøms grensebetingelse i fjorden på 1,62 moh.



Figur 5-3. 1000-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag.



## 5.4 Sammenligning med tidligere beregninger

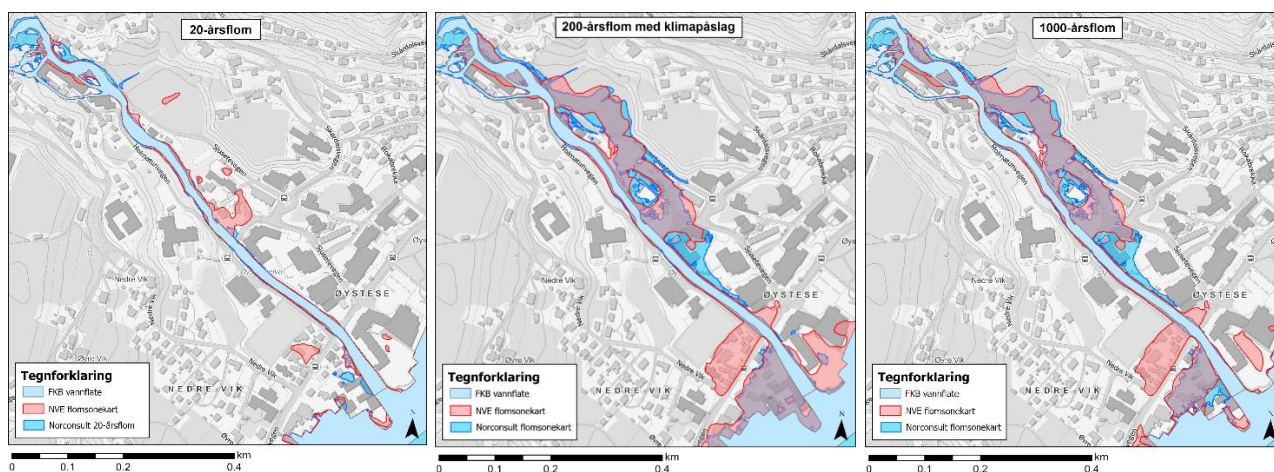
Våre resultater er sammenlignet med resultater fra NVEs flomsonekartlegging av Øysteseelva i 2015 [2], se Figur 5-4. NVE utarbeidet følgende flomsonekart i sin rapport: 20-årsflom uten klimapåslag, 200-årsflom med klimapåslag og 1000-årsflom uten klimapåslag. Sikkerhetspåslag er ikke vist på NVEs flomsonekart. Norconsult sin hydrauliske modell er benyttet til sammenligning av disse tre scenarioer simulert av NVE for å vurdere eventuelle avvik fra dagens flomsonekart.

Det er noen avvik, særlig med flomløp og oversvømmelse ved Hardangerfjordbrua. Forskjell i oversvømmelseskart skyldes hovedsakelig beregningsmetoden og oppdatering og oppløsning av terrengmodellen. NVE benyttet en 1D modell, noe som ikke egner seg godt for simuleringer av delte elvestrekninger, som flomløpet. NVE benyttet 1-års stormflo på 0,96 moh. som nedstrøms grensebetingelse sammenlignet med 1-års stormflo på 1,01 moh. (2023-verdier) og forventet havnivåstigning på 0,61 m, som gir 1,62 moh. Datagrunnlaget var sist endret august 2021. 20-årsflom og 1000-årsflom er simulert med samme nedstrøms grensebetingelse som NVE benyttet (0,96 moh.) for sammenligning.

Vannføring i flomløpet er ca. 13 m<sup>3</sup>/s for en 200-årsflom, sammenlignet med 19,6 m<sup>3</sup>/s beregnet i NVEs modell. Q<sub>200</sub> + 20% klimapåslag gir en vannføring i flomløpet på 26,5 m<sup>3</sup>/s sammenlignet med 36,4 m<sup>3</sup>/s fra NVEs modell. NVE skrev at kapasiteten i flomløpet er anslått å være en konservativ antagelse baserte på usikkerhet i modelleringsverktøy.

NVEs flomsonekart viser oversvømmelse oppstrøms Hardangerfjordbrua for alle gjentakintervall. Vår beregning gir en høyere vannstand for 200-årsflom med klima (3,2 moh. vs. 2,9 moh. fra NVE), men NVE måtte ha brukt en annen høyde ved veibane ved vestre side av elven. Høyden på veibanen er ca. 3,6 moh. ifølge vårt terrenggrunnlag, som forklarer hvorfor vår modell ikke viser oversvømmelse direkte oppstrøms Hardangerfjordbrua.

Konklusjonen er at vår modell gir mer pålitelige resultater enn NVEs sin modell, hovedsakelig på grunn av oppdateringer i terrenggrunnlag og beregningsverktøy.



Figur 5-4. Sammenligning med resultater fra NVE 2015 [2], hvor flomløpet til øst var veldig usikker. A) 20-årsflom B) 200-årsflom med klimapåslag C) 1000-årsflom.



## 6 Andre naturfarer i vassdraget

### 6.1 Tilstopping og vann på avveie

Det er fare for tilstopping av alle bruene langs vassdraget. Mye tilstopping vil føre til omfattende oversvømmelse. Til og med litt tilstopping kan gjøre situasjonen mye verre, da bruene ikke har tilstrekkelig fribord per i dag. Brua til Sjusetevegen er mest utsatt for tilstopping av løsmasser, da massetilførsel er direkte oppstrøms brua. Kapitlene 6.2 til 6.5 beskriver forhold i elven som kan påvirke tilstopningsfare.

### 6.2 Erosjon og massetransport

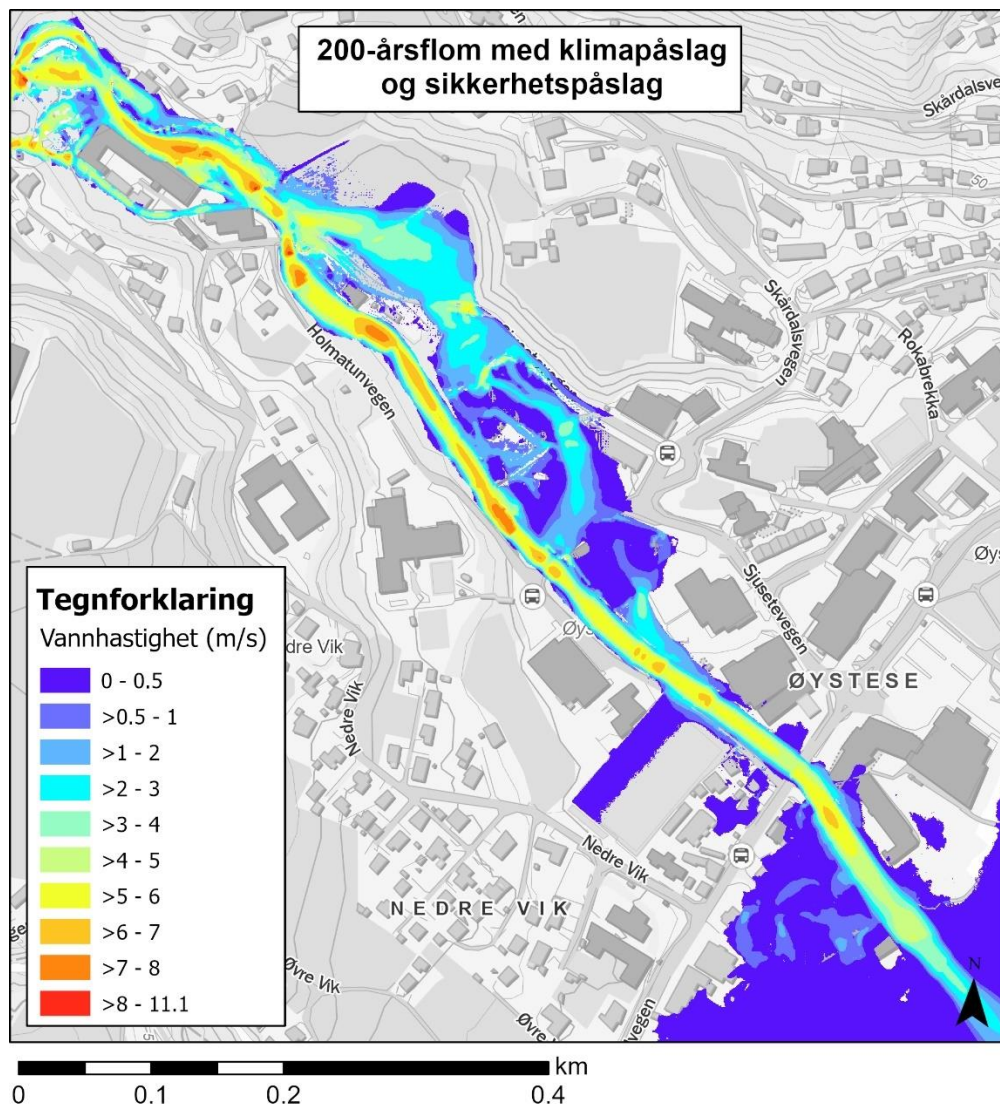
Elvestrekningen oppstrøms analyseområdet er generelt bratt med grove steiner og blokker nede i elveleiet. Mellom større stein ligger det nesten alltid mindre stein i kulpene. Tilførsel av nytt materiale foregår trolig fra sideelver- og bekker, samt et areal på nordsiden av elva ca. 300 m nedstrøms for Øredalsfossen. Det er også registrert noen mindre jordskred langs Øysteseelva. Dette bidrar med tilførsel av løsmasser til elven.

Det har tidligere vært kjøve (løsmasseskred) i Øysteseelva, som beskrevet i kapittel 6.3. Under storflommen i 1938 ble elvebredden erodert i yttersvingen ved brua i Sjusetevegen (Vedlegg 1). Mye løsmasser er avsatt oppstrøms brua til Sjusetevegen, og hvor strømmen er roligere nedover elven, som oppstrøms Hardangerfjordvegen bru (Figur 6-1). Det er likevel flere områder med synlig berg, og noen bergflater ble kartlagt under oppmåling i elveløpet (Figur 4-3, se også Vedlegg 2). Vannhastighetskart for en 200-årsflom viser høy vannhastighet i elveløpet – opp til ca. 8 m/s hvor det er mest stryk (Figur 6-2).

Hele modellstrekningen ligger under marin grense med hensyn til løsmasser. Områdestabilitet mot kvikkleireskred er omtalt i kapittel 6.4.



Figur 6-1. Til venstre: Utsikt oppstrøms Sjusetevegen bru. Til høyre: Forhold oppstrøms Hardangerfjordvegen bru. Foto: Norconsult, 27. og 28. mars, 2023.



Figur 6-2. Vannhastighet for en 200-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag.

## 6.3 Kjøve og flom

### 6.3.1 Kjøve

I Øystese har de store flommene ofte vært knyttet til kjøver, som i Vest-Norge ofte betyr at det kommer en bølge av vann og som kan føre med seg snø, is, sørpe eller jordmasser. I Kvam brukes begrepet 'kjøve' om alt fra is og snø som løsner om våren, til pålagring av is slik at bekker eller elver demmer seg opp og vann går på avveie og fører til skred. I nyheter i dag vil hendelsene ofte vært omtalt som sørpeskred, men kjøve kan trolig ha ulike fysiske opphav.

Kjøve, eller sørpeskred, har den egenskapen at når vann og sørpe har gått langt nok eller hatt stort fall, så er det mest vann i skredbølgen og lavere områder kan oppleve det kun som flom, med eller uten masseføring, eller flomskred. Gunstige forhold for sørpeskred kan oppstå etter en periode med barfrost før stort snøfall som deretter går over i kraftig mildvær og regn.

### 6.3.2 Historiske kjøver og flomhendelser

Kjøve er brukt i det som er blitt et lokalt sagn om «Storeflaumen» (1743) i Øystese for å fortelle om hva som skjedde. Historien om Storeflaumen startet ved at det gikk kjøve etter «*stor snjodett etterpå lyver med regn*» som dro med seg jord, stein, rask og trevirke som la seg opp som en demning i Øysteseelva (stuv i elva). Det kom frost som skal ha låst dammen ytterligere, men ut på vinteren fikk en igjen store snøfall som gikk over til regn og mildvær og dammen bristet og ga stor flom ned i Øystese. En slik hendelse med skred-demmer er ikke utenkelig også i dag og i historisk tid har dette skjedd i flomsituasjoner i Opo og Kinso [14].

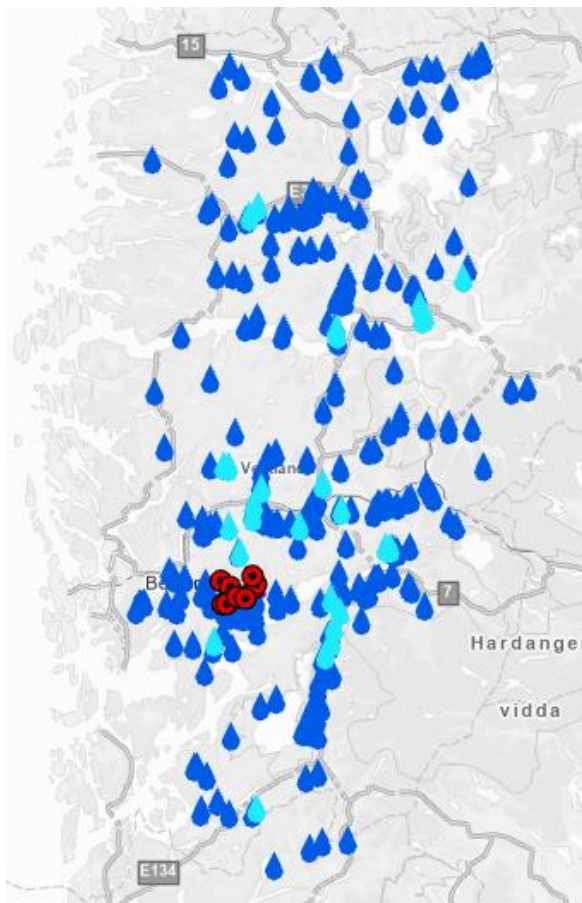
I Kvam er kjøve og flomhendelser dokumentert ved retten fra 1626 og framover der det er beskrevet avtak (skattenedsettelse) som følge av kjøver [15]. Ingen av bevarte rettsdokumenter nevner skade på Øystese-siden av elva der Storeflaumen tok tak, men Storeflaumen kan fortsatt være fra denne perioden.

I «Flom i Norge» er det trukket likhetstrekk mellom meteorologisk situasjon ved hendelser på 16-1700-tallet og i 1928 [16]. Store mengder med snø og overgang til mildvær og mye regn slo til over en stor del av Vestlandet omkring 8-9 februar 1928 [16], med alle varianter fra snøskred til kjøve og flomskred. Flommen i 1928 skapte store ødeleggelser, og NVE anslår at ca. 50 mennesker omkom, mens 80 store bygg ble ødelagt i Hordaland og 70 i Sogn [17] og mange husdyr omkom i fjøs. Mange bruer forsvant sporløst og veger og Bergensbanen fikk store skader.

I Øystese var det kommet mye nysnø helt ned til fjorden, 1,5 m ved flomålet [15]. Så slo det inn mildvær over fjorden (fra sørvest) med stor luftfuktighet. Snøen smeltet raskt og nede i bygda ble det etablert grøfter for å lede vant bort fra tun og hus. Vannmengdene beskrives som fosser som kom gjennom meter-høye fonner.

Figur 6-3 viser registrerte hendelser av sørpeskred i Indre Vestland, hvor lyseblå er hendelser fra 1928. Det er trolig en mindre del av faktiske hendelser som er registrert ettersom skredhendelsene i Eksingdalen og i Indre-Agder, Åseral kommune, ikke er vist. Røde punkter viser noen av de stølene som angivelig ble tatt i Kvam herad under denne hendelsen [18].





Figur 6-3 Sørpeskred registrert i NVE skredbase, lyseblå er 1928 hendelser, røde punkter er støler eller kverner som gikk med lokalt i Kvam.

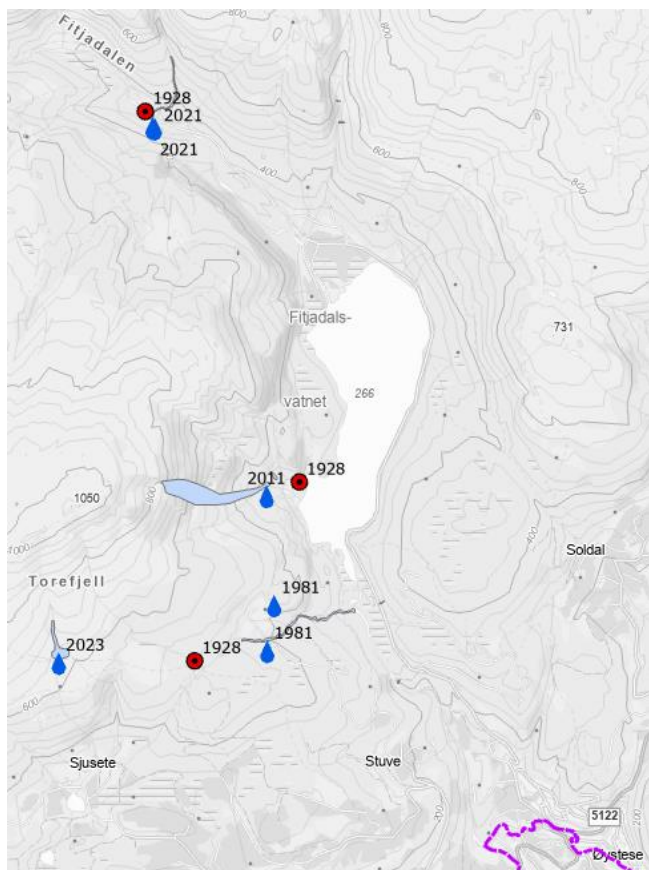
Den flommen som virkelig er av interesse, var skadeflommen i Øysteseelva 13-14 november 1938 [15]. Det hadde da vært snø og regn i en uke i forkant og det hadde bygget seg opp mye snø i fjellet. Temperaturen steg plutselig opp i 15-16 grader og snøsmeltevann flommet nedover elven som toppet seg utover dagen. Metrologisk er denne hendelsen ikke ulik flommen i 1928 eller Storeflaumen, men det er ikke beskrevet barfrost forut. Barfrost gir et tett dekke som stopper infiltrasjon og demping av avrenning. Blankt berg gjør også at vannet må holde seg i snøen. I Opo er denne flommen registrert og hadde i «Flom i Norge» rangering nr. 4 (2014-flommen ikke med) [16].

«Storeflaumen» kan i et historisk perspektiv sees på som en flom oppunder en 1000- års hendelse, det vil si i intervallet 500-1000-årsflom. I denne flomvurderingen er det gjort store påslag på grunn av klima og usikkerhet, og det vurderes som sannsynlig at vannføringer og påvirket flomareal dekker en tilsvarende flom som «Storeflaumen». Forløpet og konsekvensene av en slik ekstremflom er vanskelig å forutse. Beregnede vannhastigheter i dette prosjektet er så store at elva vil gå i stryk med stående bølger og flytte på alt av løsmasser.

### 6.3.3 Nyere hendelser i Øystesevassdraget

Figur 6-4 viser nyere registrerte sørpe eller flomskred hendelser, samt 1928 hendelser i Øystesevassdraget. Nyere hendelser er både registrert som punkt og polygon [14]. Det er en del dobbeltregistreringer både ved Nystøelva og i Fitjadalen men det kan ses at kjøver eller sørpeskred har oppstått i de samme områdene både i 1928 og i senere år. Også i januar 2024 gikk det flere kjøver i Kvam.

Hendelsen i 2011 (ned mot Kvannvik) er angitt med +/- 1-2 år. I Sørfjorden og Sogn førte stormen Dagmar (jul/nyttår 2011-2012) til flere sørpeskred, og dette kan også være et av disse. Under Dagmar var vinden nok den som gjorde mest skade, men det kom store mengder nedbør som i høyden startet som snø og gikk over til regn. I flomsonekart for Øysteseelva er det vist til en flom i 13-14. september 2005 og 28. oktober 2014. Begge flommene var rene regnflommer, der året 2014 trolig hadde mest kumulert nedbør. Ved Kvannvik var det også registrert flomskred i 2014.



Figur 6-4 Registrert hendelser i Øystesevassdraget

### 6.3.4 Vurdering av fare for kjøve Øystesevassdraget i dag

Fitjadalvatnet ligger i nedre del av Øystesevassdraget og vil for rene vann-flommer virke flomdempende, med unntak av hvis en får en demning oppstrøms for Øredalsfossen som går til brudd. Øredalsfossen er minst 45 m høy, og oppdemt volum på nedsiden vil bli mindre enn ovenfor fossen. Det er begrenset hvor høyt et skred kan bygge seg opp når det stopper. Det verserer flere historier om sted og oppdemming, og et brudd selv av en mindre dam kan gi store konsekvenser ved sammenfall med en flomtopp. Fra Figur 6-4 ser

en at Nystølelva ligger til slik at et større skredvolum ned elva vil kunne demme elva og heve vannstand i Fitjadalsvatnet.

Øystesevassdraget er stort i forhold til de enkelte kjøvene som kan oppstå i bekker, raviner og sideelver. Opp for Fitjadalsvatnet vil hver enkelt kjøve få sterk demping. Annet enn at alle kjøver går i rekke og rad slik at de går ut med flomtopper (noen en kan forvente i små vassdrag), er den trolig mest sannsynlige måten å få til en ekstremflom etter kjøver i Øysteseelva at en dam går til brudd.

Øysteseelva har ingen flommerker eller permanente målestasjoner som binder flomhistorien sammen. Flomvurderingen som ligger bak flomverdiene er basert på regional formel og flere omkringliggende vassdrag med målestasjoner. Resultatet, det vil si flomkvantilene for omkringliggende hydrometriske stasjoner, er ganske entydige. Men en slik vurdering sier ingenting om det i historiske hendelser er en vinterflom med bakenforliggende kjøver. Statistikken i flomberegningen peker på at det er mest sannsynlig med stor flom på høsten i Øysteseelva, men at flommer kan oppstå hele året.

Flommer med brudd på dammer, vassdemmer bak snø eller flomskred gir bølger som på kortere tid har større vannføring og vannstand enn rene hydrologisk beregnede flomforløp. For mange mindre vassdrag er samfall av kjøver, snø og mildvær den situasjonen som kan gi de største flommene. Det som gjerne skjer når det kommer en ny storflom er at stein og masse som har ligget stille i lengre tid beveger seg og erosjon av elvekanter tar med seg trær og annet materiale. Det er de utilsiktede endringene med erosjon, avlagring og løpsendringer som øker usikkerheten ved ekstreme flommer. Selve flomarealet vil som oftest ikke endre seg så mye, det vil si at flommen fortsatt holdes innenfor det som er morfologiske flomsletter, flomavsetninger eller historisk flompåvirket området, mens flomløp og erosjon innenfor dette området kan variere fra gang til gang.

De største mulige endringene i elvegeometrien gjennom Øystese får en trolig først ved lokal erosjon i elvebrinken og videre fra lokal avsetning. Masse som kommer fra oppstrøms, vil trolig ikke komme i klare bølger, men mer fordelt. Det er mange mindre kulper og fall nedover før elva flater ut og disse trinnene vil dempe en typisk skredbølge som opptrer ved jevnere fall. Det mest sannsynlige scenario for flomproblematikk som oppstår i forbindelse med kjøve eller skred i Øysteseelva er trolig at et eller flere trær som elva fører med seg legger seg opp i en kant eller mot en av bruene.

## 6.4 Områdestabilitet mot kvikkleireskred

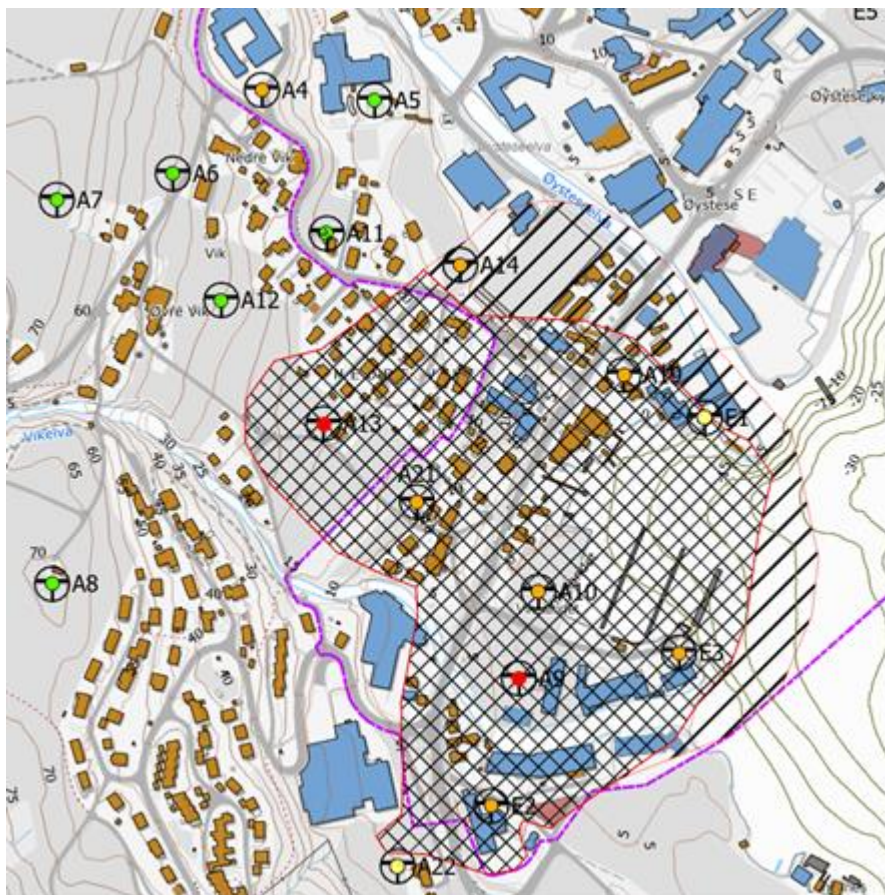
Det er utført arbeid med vurdering av områdestabilitet i Øystese sentrum [1] og det henvises til den geotekniske rapporten for vurdering av områdestabilitet for Øystese. Utførte grunnundersøkelser er plassert med henblikk på å identifisere mulige løsneområder for områdeskred. Basert på grunnundersøkelser, og i sammenheng med flomvurdering og erosjonssikring, er selve Øysteseelva **ikke** vurdert at kan ha kritisk erosjon inn mot sprøbruddmateriale. Øysteseelva ligger ikke i utløsningsområdet for områdeskred, men søndre del av elva ligger i potensielt utløpsområde for skred fra faresone vest for elva. Deler av elva opp for bru Fv 79 (Hardangerfjordvegen bru) har berg i elveløpet, og skredmasser vil kunne legge seg i elveløpet.

Selv om det ikke er erosjonsfare mot sprøbruddmateriale eller fare for utløsning av områdeskred i Øysteseelva, må en for all utbygging i strandsoner uansett kreve geotekniske vurdering for hvert tiltak iht. anbefalinger fra NVE [19]. Dette gjelder da også eventuelle sikringstiltak mot flom innenfor strandsonen. I videre avsnitt oppsummeres rapporten for områdestabilitet.

For å vurdere områdestabilitet har det blitt utført grunnundersøkelser i Øystese i oktober 2023, og det er gjennomgått tidligere geotekniske rapporter oversendt av Kvam herad. Resultatene fra nevnte nylige grunnundersøkelser er vist i datarapport GEORAP01 fra DMR Miljø og Geoteknikk AS [20]. Det er påvist sprøbruddmateriale ved prøver i Vikesida nord-vest for Øysteseelva, og flere totalsonderinger i Vikesida gir videre indikasjon på sprøbruddmateriale. Øst for Øysteseelva er det ikke påvist sprøbruddmateriale. Det er



tegnet faresoner for kvikkleire i området nord-vest for Øysteseelva, Vikesida, i risikoklasse 3. Se Figur 6-5 for omriss av faresonen på Vikesida. Figuren viser også utførte boringer.



Figur 6-5. Omriss av faresonen på Vikesida. Figuren viser også utførte boringer. Fra Norconsult rapport [1].

## 6.5 Isgang

De største flommene opptrer i vassdraget normalt på vår på høst, når det er lite til ingen snødekning. Det kan likevel oppstå isgang problemer i vassdraget, spesielt ved de øverste bruene.

NVE anbefaler at effekten av tilstopping på grunn av for eksempel ispropp kartlegges i vassdrag der en har erfaring fra tidligere hendelser knyttet til isproblematikk. Likevel er det svært sjeldent at vannstandsstigning på grunn av tilstopping fra is overstiger beregnede vannstander ved en 200-årsflom [4].

## 6.6 Stormflo

Vannstanden i fjorden som er dimensjonerende for krav satt i TEK17 og som inkluderer klimapåslag er 1,83 moh. for F1, 1,97 moh. for F2 og 2,05 moh. for F3, se Vedlegg 4. Det betyr at stormflo for F2 påvirker vannstanden i Øysteseelva i den nederste delen og opp til ca. 15-30 m oppstrøms fotballbanen. Nesten alt av terrenget sørøst for Hardangerfjordvegen, altså nedstrøms, ligger under 1,97 moh., med unntak av Hardangerfjord Hotel og Hardangerbadet.

## 7 Konklusjon

Det er utarbeidet flomsonekart for 20-, 200- og 1000-årsflom med 20% klimapåslag og 30% sikkerhetspåslag. Kartene er presentert i Vedlegg 6.

Analysen viser at flomvann renner over sine bredder oppstrøms Sjusetevegen bru og danner et flomløpe gjennom Busdalen på østsiden av elven for alle simulerte gjentakintervaller. Nesten alle bygninger nedstrøms Hardangerfjordbrua på vestre bredd blir berørt, hovedsakelig på grunn av stormflovannstand i fjorden. Det er manglende kapasitet under bruene for alle simulerte flomvannføringer, noe som fører til oppstuvning bak bruene.

I tillegg til det ovenfornevnte, fremheves følgende problemer for de ulike gjentakintervallene:

- Ved en 20-årsflom blir det oversvømmelse hovedsakelig på østsiden av elven, mellom brua i Sjusetevegen og ned til Hardangerfjordbrua.
- En 200-årsflom fører til ytterlige oversvømmelser på østsiden av elven. Det blir også noe oversvømmelse ved fotballbanen langs Holmane, samt noe oversvømmelse på boligområdet mellom fotballbanen og vestlig landkar til Hardangerfjordbrua.
- En 1000-årsflom fører til omfattende oversvømmelse langs begge sider av elven. Nesten alle bygninger langs elven mellom Holmane bru og Hardangerfjordbrua blir berørt.

Elven er masseførende, og endringer i tverrsnittareal kan forekomme. De største mulige endringene i elvegeometrien gjennom Øystese får en trolig først ved lokal erosjon i elvebrinken og videre fra lokal avsetning. Masse som kommer fra oppstrøms, vil trolig ikke komme i klare bølger, men mer fordelt. Det er mange mindre kulper og fall nedover før elva flater ut og disse trinnene vil dempe en typisk skredbølge som opptrer ved jevnere fall. Det mest sannsynlig scenario for flomproblematikk som oppstår i forbindelse med kjøve eller skred i Øysteseelva er trolig at et eller flere trær som elva fører med seg legger seg opp i en kant eller mot en av bruene.

I forbindelse med områdestabilitetsvurdering for Øystese [1] har det blitt tegnet faresone for områdeskred på Vikesida, vest for Øysteseelva, men dette har ikke påvirkning for flomvurderingen av selve Øysteseelva. Selve Øysteseelva er **ikke** vurdert at kan ha kritisk erosjon inn mot sprøbruddmateriale. Det påpekes at ved eventuelle sikringstiltak eller andre tiltak i strandsonen må det kreves videre geotekniske vurderinger.

## 8 Referanser

- [1] Norconsult Norge AS, «52301942-RIG01 Vurdering av områdestabilitet Øystese,» Norconsult Norge AS, 2024.
- [2] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Delprosjekt Øystese: Flaumsonekart. NVE Rapport 84/2015,» 2015.
- [3] Cowi, «Mulighetstudie av flomsirking og tilrettelegging for almenheten rundt Øysteseelva. Rapport A123193-1-2.,» 2020.
- [4] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Sikkerhet mot flom. Veileder 3/2022,» 2022.
- [5] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Flomberegning for Øysteseelvi. Dokument 15/2009,» 2009.
- [6] CM Consulting, «Flomvurdering Øystese. Rapport 2007P1510-N01.,» 2007.
- [7] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt, NVE rapport 13-2015,» 2015.
- [8] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Veileder for flomberegninger. NVE veileder 01/2022.,» 2022.
- [9] Norsk klimaservicesenter, «Klimaprofil Hordaland. Sist oppdatert januar 2021.,» 2021.
- [10] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Klimaendring og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.,» 2016.
- [11] Novatek, «Sluttrapport flomsonekartlegging Tverrprofileringer "Øysteseelvi" ved Øystese (Hordaland),» 2007.
- [12] Kvam herad, «Innmåling av flaumnivå - Øysteseelva og Fitjadalsvatnet. Notat 14/1218-6/N-860//TORDOL,» 2015.
- [13] Sweco, «Vannføringsmåling i Øysteseelva i Kvam herad,» 2016.
- [14] «Skredregistrering,» [Internett]. Available: <https://www.skredregistrering.no/#Forsiden>.
- [15] S. Bjørke, Øystese bygda, 2013.
- [16] L. A. Roald, Flom i Norge, NVE, 2013.
- [17] NVE, «Varsom.no,» 02 Januar 2018. [Internett]. Available: <https://www.varsom.no/nyheter/nyheter-flom-og-jordskred/for-90-ar-siden-februar-1928-50-mennesker-omkom-pa-grunn-av-sorpeskred-pa-vestlandet/>. [Funnet 03 Mai 2024].
- [18] Gåmålt frå Kvam, Kvam sog- og kulturminnelag, 2014.

[19] NVE, «Faktaark nr 4/2020,» NVE, 2020.

[20] DMR Miljø og Geoteknikk AS, «Geoteknisk datarapport - Øystese sentrum, GEORAP01 - Geoteknisk rapport nr 1,» DMR, 2023.

[21] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Retningslinjer for flomberegninger. NVE rapport 4-2011.,» 2011.

[22] Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE), «Vasslinenotat - detaljer omkring hydraulisk utrekning i Øysteseelvi, Øystese i Kvam herad i Hordaland. Internt notat 200709506-7,» 2015.

[23] NVE, «Varsom.no,» 2018. [Internett]. Available: <https://www.varsom.no/nyheter/nyheter-flom-og-jordskred/for-90-ar-siden-februar-1928-50-mennesker-omkom-pa-grunn-av-sorpeskred-pa-vestlandet/>.



## Vedlegg 1- Historiske bilder

### Flom 13.-14. november, 1938

- Mildt vær med regn på et ikke ubetydelig snødekke
- 200-år siden siste «storflom», med noe sikringstiltak siden da (uvisst type og omfang)
- Mye skader på østsiden av elven
- Elven gikk ut over sine bredder og dannet et flomløp helt øverst i Busdalen og nedover i det som var et gammelt elveløp (se Figur1 og 2)
- Mye erosjon som nesten tok bedehuset, se Figur 3
- Ungdomshuset og idrettsplassen var erosjonssikret og fikk ikke skader, se Figur 4



Figur 1. Flyfoto fra 1948 for Øystese. Flomløpet til storflommen i 1938 er synlig på bildet (røde piler). Blåe piler viser hovedelveløpet. Noe av det lyse feltet på østsiden av elven kan være sikringsarbeidet til NVE, hvorav noe har byggedato 12. aug. 1947 og sikring helt nederst i elven er bygd 25. okt. 1932. Foto: NorgeiBilder.no, mottatt fra Kvam herad.



*Figur 2. Utsikt oppover Øysteseelva etter storflommen i 1938. Flomløpet som ble dannet øverst i Busdalen er så vidt synlig i bildet. Foto: T. Lofthus.*



*Figur 3. Utsikt oppover Øysteseelva etter storflommen i 1938. Bedehuset ble nesten tatt av elven, og det var mye utvasking av jordbruksareal. Foto: T. Lofthus.*





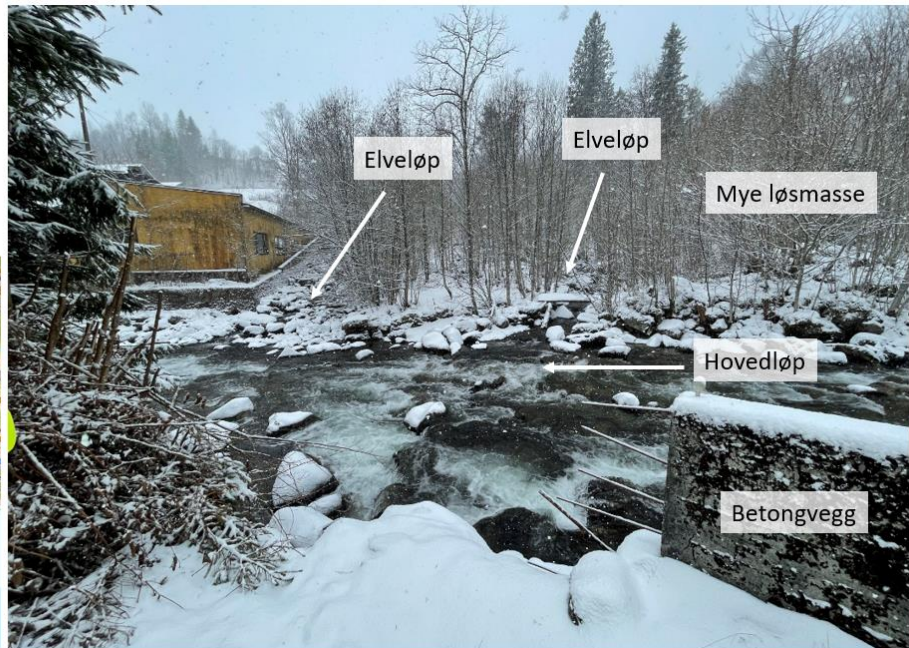
*Figur 4. Utsikt nedover Øysteseelva etter storflommen i 1938. Bildet tatt fra oppstrøms bedehuset. Elven har erodert mye mot øst og lagt seg en sandbar midt i elveløpet. Ungdomshuset og idrettsplassen var erosjonssikret og fikk ikke skader (synlig i bildet). Foto: T. Lofthus.*



## Vedlegg 2- Bilder fra befaring av Øysteseelva

Bildene tatt under befaring av Øysteseelva 27. – 28. mars, 2023. Bilder med snø er fra 28. mars, bilder uten snø er fra 27. mars.

Utsikt mot oppstrøms ende av Sjusetevegen 67, bildet tatt fra østsiden av elven. Bildet tatt hvor de to elvestrekninger har samløp med hovedløpet igjen.



Utsikt mot oppstrøms fra østsiden av elven mot Sjusetevegen 67

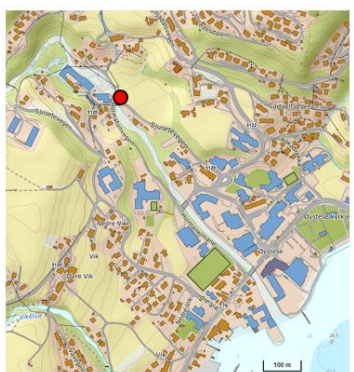




Utsikt mot oppstrøms ved østsiden av brua i Sjusetevegen

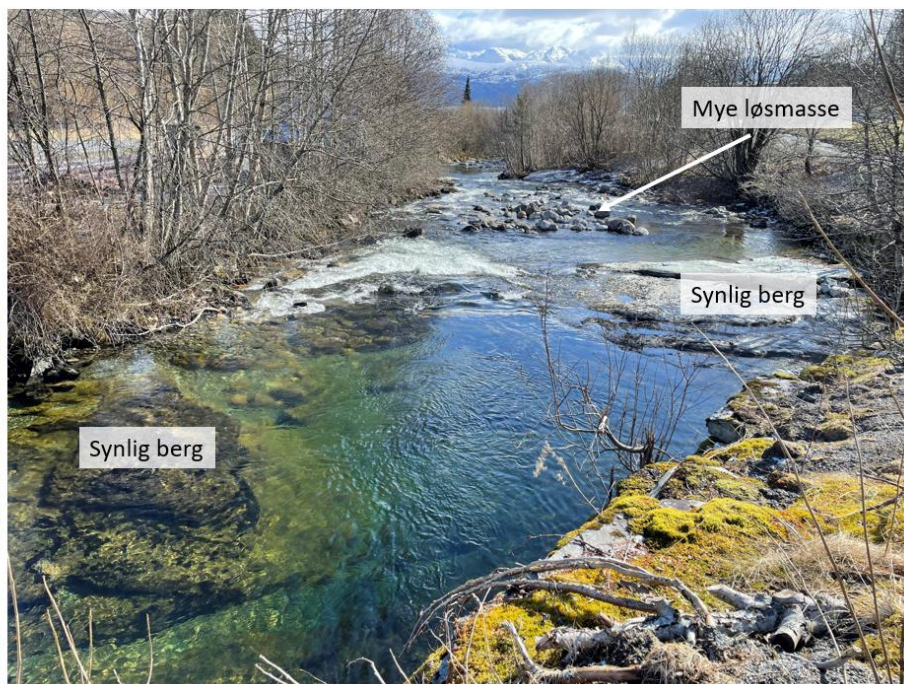


Utsikt nedstrøms under rørgate og brua i Sjusetevegen





Utsikt mot nedstrøms fra  
vestsiden av elven  
nedstrøms Sjusetevegen  
bru



Utsikt mot oppstrøms / mot  
brua i Sjusetevegen, bildet  
tatt fra vestsiden av elven





Utsikt mot Sjusetevegen 56  
/ nedstrøms fra vestsiden  
av elven noen meter  
nedstrøms brua i  
Sjusetevegen



Utsikt mot oppstrøms mot  
Sjusetevegen 56





Utsikt mot nedstrøms fra vestsiden av elven ca. halvveis mellom Sjusetevegen bru og Holmane bru

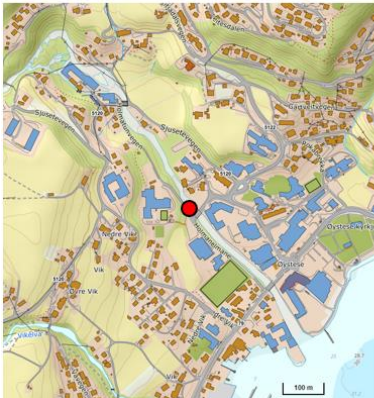


Utsikt mot oppstrøms ved østsiden av elven ved Holmane 7

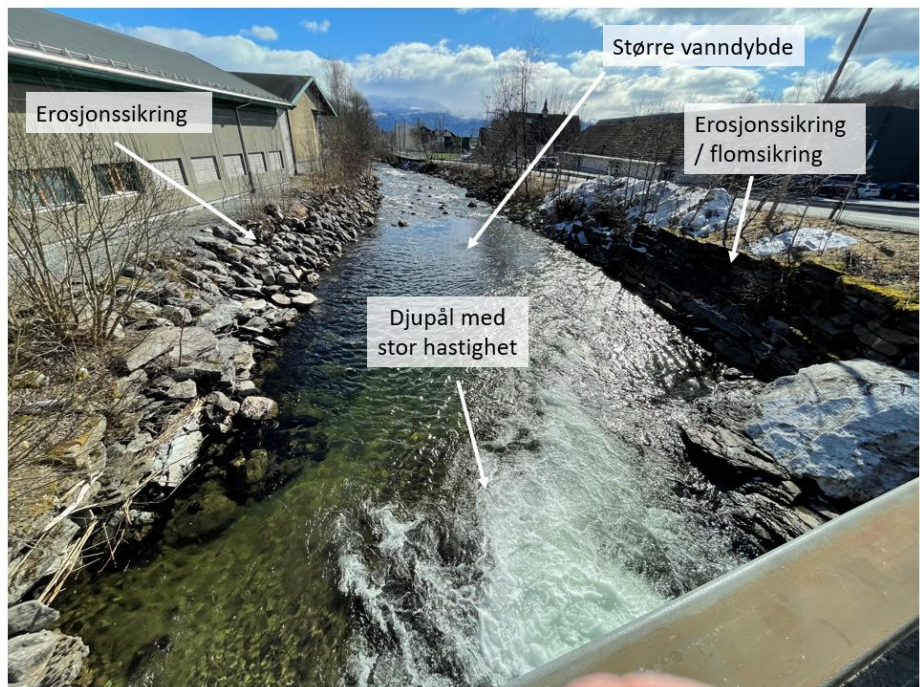
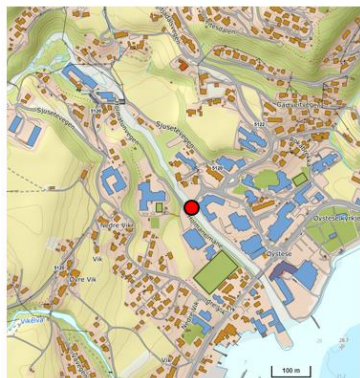




Utsikt mot nedstrøms fra  
oppstrøms Holmane bru  
(fra vestsiden av elven)

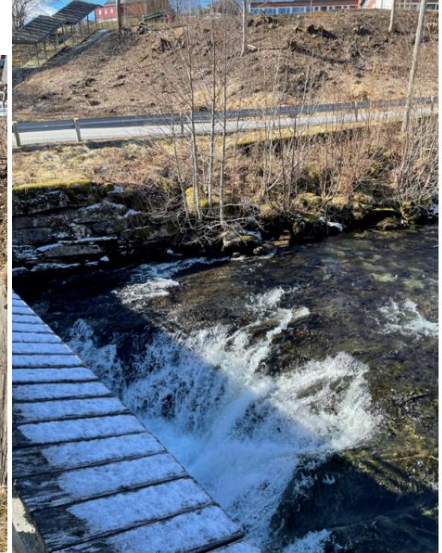


Utsikt mot nedstrøms fra  
Holmane bru





Oppstrøms Holmane bru



Nedstrøms Holmane bru



Utsikt oppstrøms mot Holmane bru – bildet tatt fra østsiden av elven





Utsikt mot vestsiden av elven / mot ungdomshuset og oppstrøms ende av idrettsplassen



Utsikt mot vestsiden av elven / mot idrettsplassen fra oppstrøms Hardangerfjordbrua





Utsikt nedstrøms mot brua i  
Hardangerfjorvegen, bildet  
tatt fra vestsiden av elven



Forhold oppstrøms ende av  
brua i Hardangerfjorvegen,  
bildet tatt fra vestsiden av  
elven

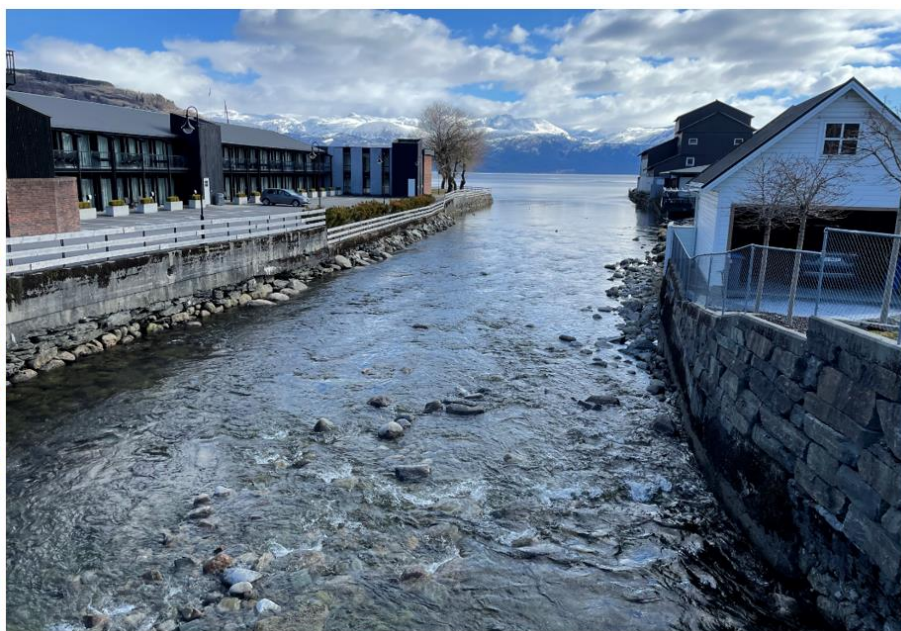




Utsikt oppstrøms mot  
Holmane bru, bildet tatt fra  
Hardangerfjordbrua



Utsikt nedstrøms fra  
Hardangerfjordbrua mot  
utløp i fjorden





Vedlegg 3 – NEVINA rapport

Nedbørfeltparametere

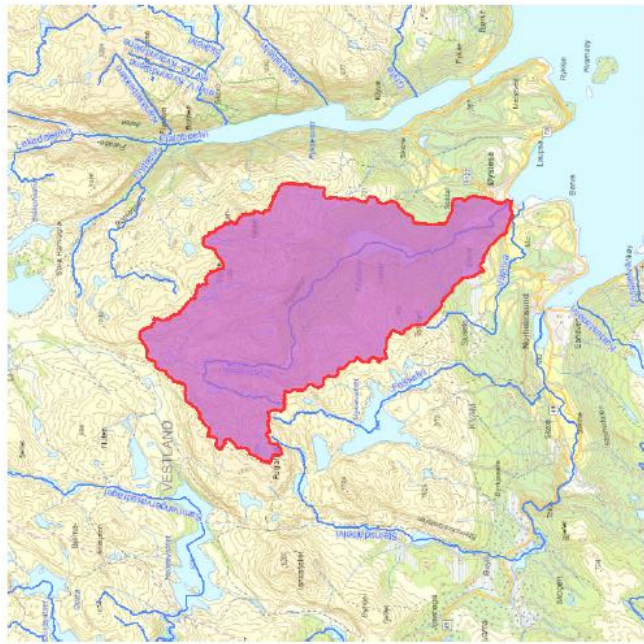
Vassdragsnr.: 052.6A  
Kommune.: Kvam  
Fylke.: Vestland  
Vassdrag.: Øysteseelvi

| Feltparametere                                      |                      |
|-----------------------------------------------------|----------------------|
| Areal (A)                                           | 44.7 km <sup>2</sup> |
| Effektiv sjø (A <sub>SE</sub> )                     | 2.38 %               |
| ElveleNGde (E <sub>L</sub> )                        | 16.5 km              |
| Elvegradient (E <sub>G</sub> )                      | 61.2 m/km            |
| Elvegradient <sub>1085</sub> (E <sub>G,1085</sub> ) | 61.1 m/km            |
| Helning                                             | 21.3 ‰               |
| Dreneringstetthet (D <sub>T</sub> )                 | 1.9 km <sup>-1</sup> |
| Feltlengde (F <sub>L</sub> )                        | 11.7 km              |

| Arealklasse                              |        |
|------------------------------------------|--------|
| Bre (A <sub>BRE</sub> )                  | 0 %    |
| Dyrket mark (A <sub>JORD</sub> )         | 1.5 %  |
| Myr (A <sub>MYR</sub> )                  | 1.1 %  |
| Leire (A <sub>LEIRE</sub> )              | 0 %    |
| Skog (A <sub>SKOG</sub> )                | 29.4 % |
| Sjø (A <sub>SJO</sub> )                  | 4.9 %  |
| Snøfjell (A <sub>ST</sub> )              | 59.5 % |
| Urban (A <sub>U</sub> )                  | 0.3 %  |
| Uklassifisert areal (A <sub>REST</sub> ) | 3.3 %  |

| Hypsografisk kurve   |        |
|----------------------|--------|
| Høyde <sub>MIN</sub> | 2 m    |
| Høyde <sub>10</sub>  | 290 m  |
| Høyde <sub>20</sub>  | 422 m  |
| Høyde <sub>30</sub>  | 561 m  |
| Høyde <sub>40</sub>  | 687 m  |
| Høyde <sub>50</sub>  | 777 m  |
| Høyde <sub>60</sub>  | 859 m  |
| Høyde <sub>70</sub>  | 933 m  |
| Høyde <sub>80</sub>  | 1013 m |
| Høyde <sub>90</sub>  | 1124 m |
| Høyde <sub>MAX</sub> | 1326 m |

| Klima- /hydrologiske parametere     |                           |
|-------------------------------------|---------------------------|
| Avrenning 1961-90 (Q <sub>N</sub> ) | 113.5 l/s*km <sup>2</sup> |
| Sommernedbør                        | 928 mm                    |
| Vinternedbør                        | 1735 mm                   |
| Årstemperatur                       | 3.1 °C                    |
| Sommertemperatur                    | 8.2 °C                    |
| Vintertemperatur                    | -0.5 °C                   |



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
Kartdatum: EUREF89 WGS84  
Projeksjon: UTM 33N  
Beregning: 15888 E 6726804 N

Nedbørfeltgrenser og feltparametere er automatisk generert og kan inneholde feil.  
Resultatene må kvalitetssikres.

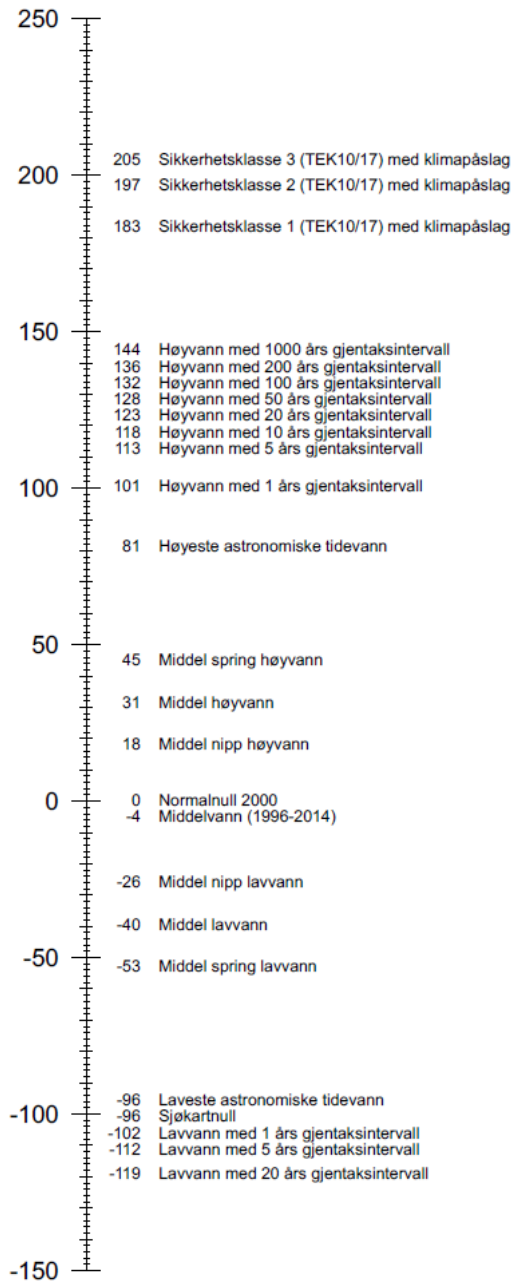
## Vedlegg 4 – Vannstand i havet

N60°23,2' E6°12,0'

Nivåskisse

### ØYSTESE

Nivå knyttet til tidevann er hentet fra Vikøy, justert med faktor 1,00.



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 17. august 2021. Lastet ned: 29. november 2023.

1





### Øystese

#### Observasjoner, prediksjoner, væreffekt og varsel.

Tidevann fra Vikøy og observert værbidrag fra Bergen

60°23' N 6°12' E

| Oktober 2014 |      |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|--------------|------|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|--|-----|-----|-----|-----|-----|
|              | Tid  | Obs | Pre | Vær | Var |  | Tid | Obs | Pre | Vær | Var |  | Tid | Obs | Pre | Vær | Var |  | Tid | Obs | Pre | Vær | Var |
| 27<br>Ma     | 0000 | 73  | 42  | 31  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0100 | 91  | 63  | 29  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0200 | 75  | 51  | 24  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0300 | 32  | 10  | 23  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0400 | 2   | -18 | 20  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0500 | -1  | -22 | 21  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0600 | -11 | -31 | 21  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0700 | -29 | -46 | 17  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0800 | -15 | -33 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0900 | 20  | 6   | 14  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1000 | 41  | 29  | 12  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1100 | 41  | 27  | 14  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1200 | 45  | 33  | 12  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1300 | 70  | 57  | 13  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1400 | 74  | 60  | 15  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1500 | 40  | 24  | 17  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1600 | 4   | -14 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1700 | -6  | -24 | 17  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1800 | -8  | -26 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1900 | -25 | -40 | 15  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2000 | -22 | -40 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2100 | 11  | -8  | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2200 | 45  | 24  | 20  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2300 | 51  | 28  | 23  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
| 28<br>Ti     | 0000 | 46  | 25  | 21  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0100 | 65  | 45  | 20  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0200 | 79  | 60  | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0300 | 53  | 38  | 15  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0400 | 13  | -2  | 16  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0500 | -2  | -21 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0600 | 0   | -22 | 22  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0700 | -13 | -31 | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0800 | -20 | -40 | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0900 | 6   | -19 | 25  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1000 | 44  | 17  | 27  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1100 | 56  | 29  | 27  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1200 | 52  | 24  | 28  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1300 | 61  | 35  | 26  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1400 | 83  | 57  | 26  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1500 | 76  | 49  | 26  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1600 | 33  | 10  | 23  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
| 29<br>On     | 1700 | -1  | -20 | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1800 | -4  | -24 | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 1900 | -9  | -26 | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2000 | -21 | -37 | 17  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2100 | -10 | -30 | 20  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2200 | 21  | 2   | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 2300 | 43  | 25  | 18  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |
|              | 0000 | 41  | 23  | 19  |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |  |     |     |     |     |     |

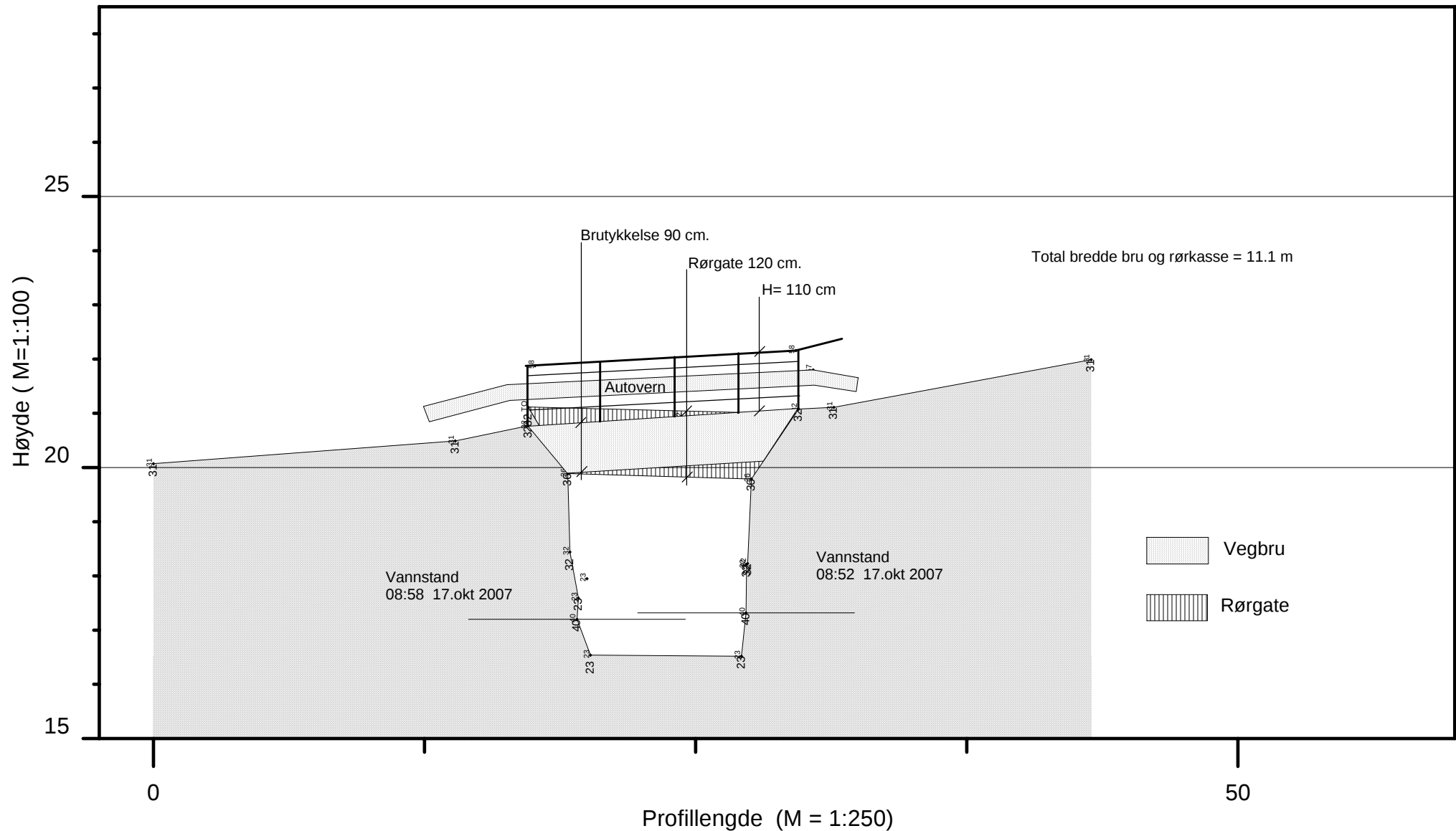
Tidspunktene følger gjeldende tid i Norge. De blir automatisk justert etter sommer- og vintertid. Sommertid fra siste søndag i mars til siste søndag i oktober. Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000.

## Vedlegg 5 – Tegninger og oppmåling av bruene



NVE Region Vest  
Tverrprofilering Øysteseelvi ved Øystese.  
Målinger 15 - 17 Oktober 2007.

Side 1 av 1.



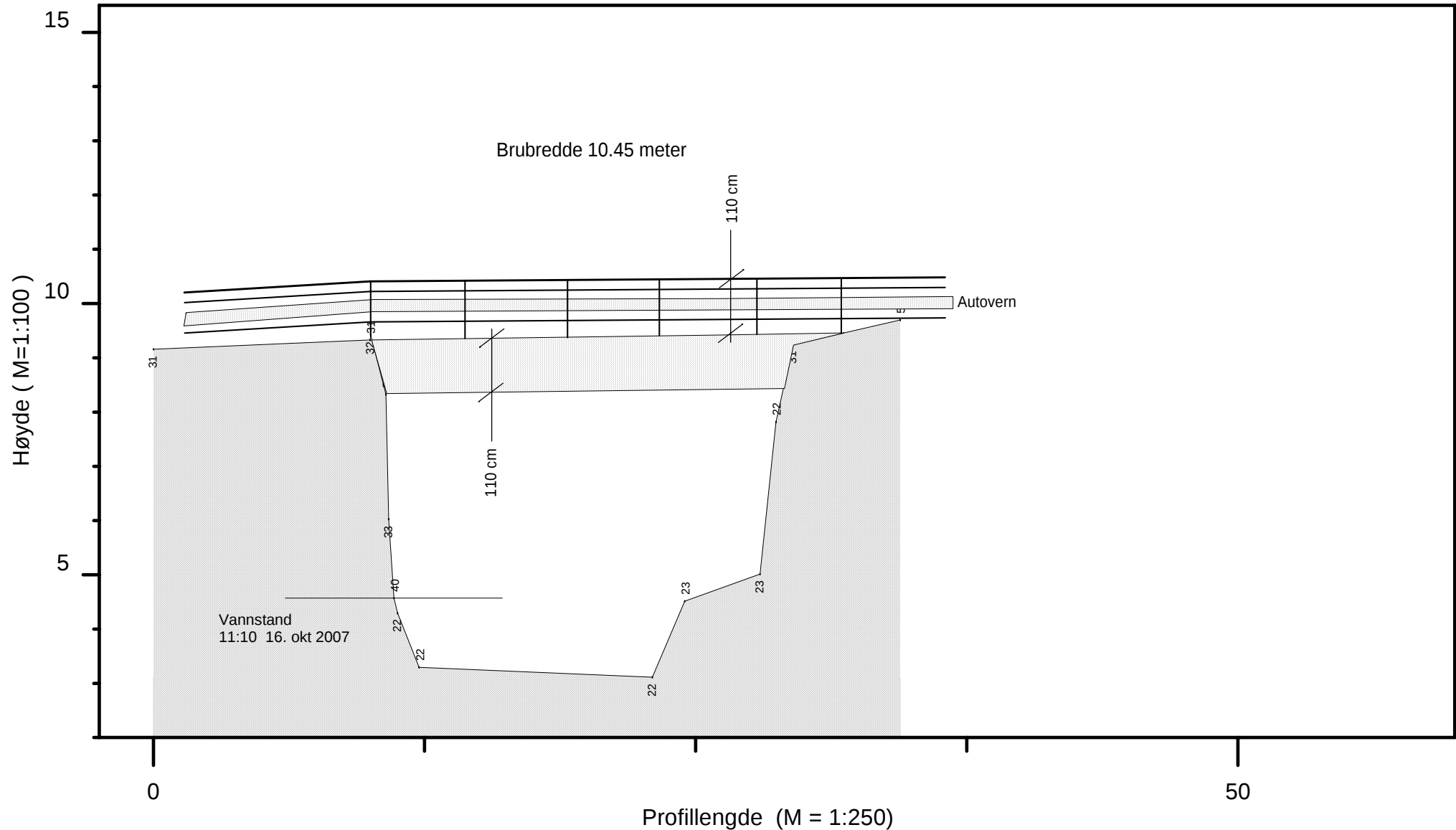
# NOVATEK AS

P.O.Boks 615  
8001 Bodø, Norway  
Telefon: +47 75 55 17 00  
Telefax: +47 75 55 17 01  
E-mail: novatek@novatek.as

NVE Region Vest  
Tverrprofilering Øysteseelvi ved Øystese.  
Målinger 15 - 17 Oktober 2007.

## Bru i profil 09

Side 1 av 1.





NOVATEK AS

P.O.Boks 615

8001 Bodø, Norway

Telefon: +47 75 55 17 00

Telefax: +47 75 55 17 01

E-mail: [novatek@novatek.as](mailto:novatek@novatek.as)

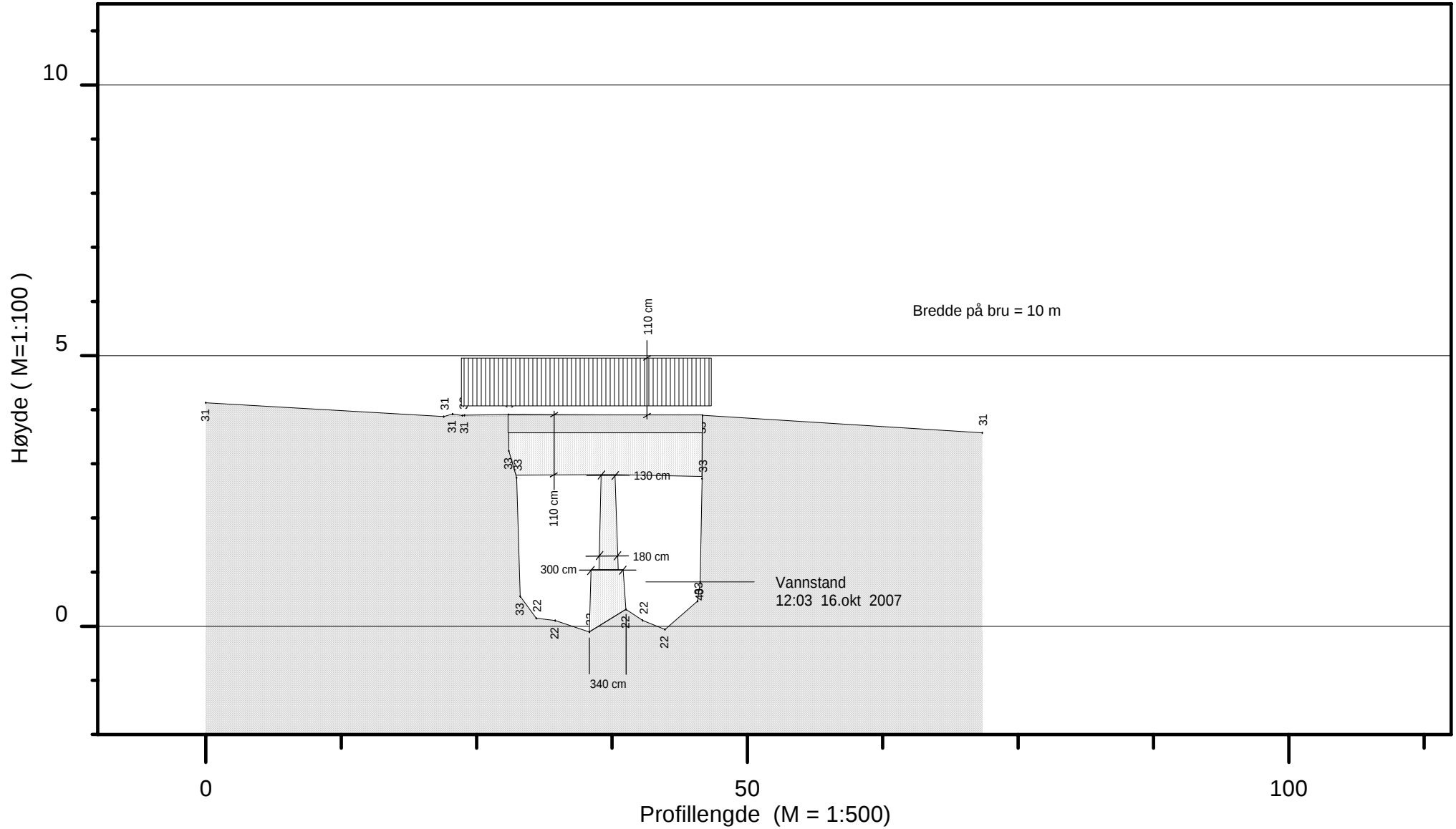
## NVE Region Vest

Tverrprofilering Øysteseelvi ved Øystese.

Målinger 15 - 17 Oktober 2007.

## Bru i profil 02

Side 1 av 1.



Bredde på bru = 10 m

Vannstand  
12:03 16.okt 2007



982

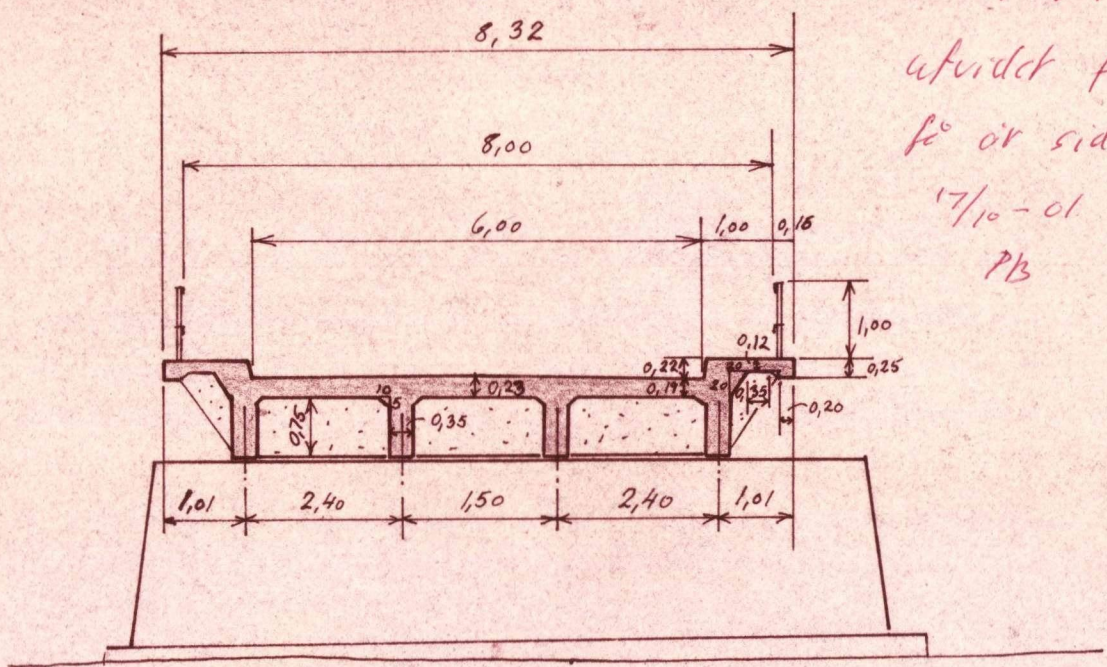
Ferdigbrutegning

STATENS VEGVESEN

982

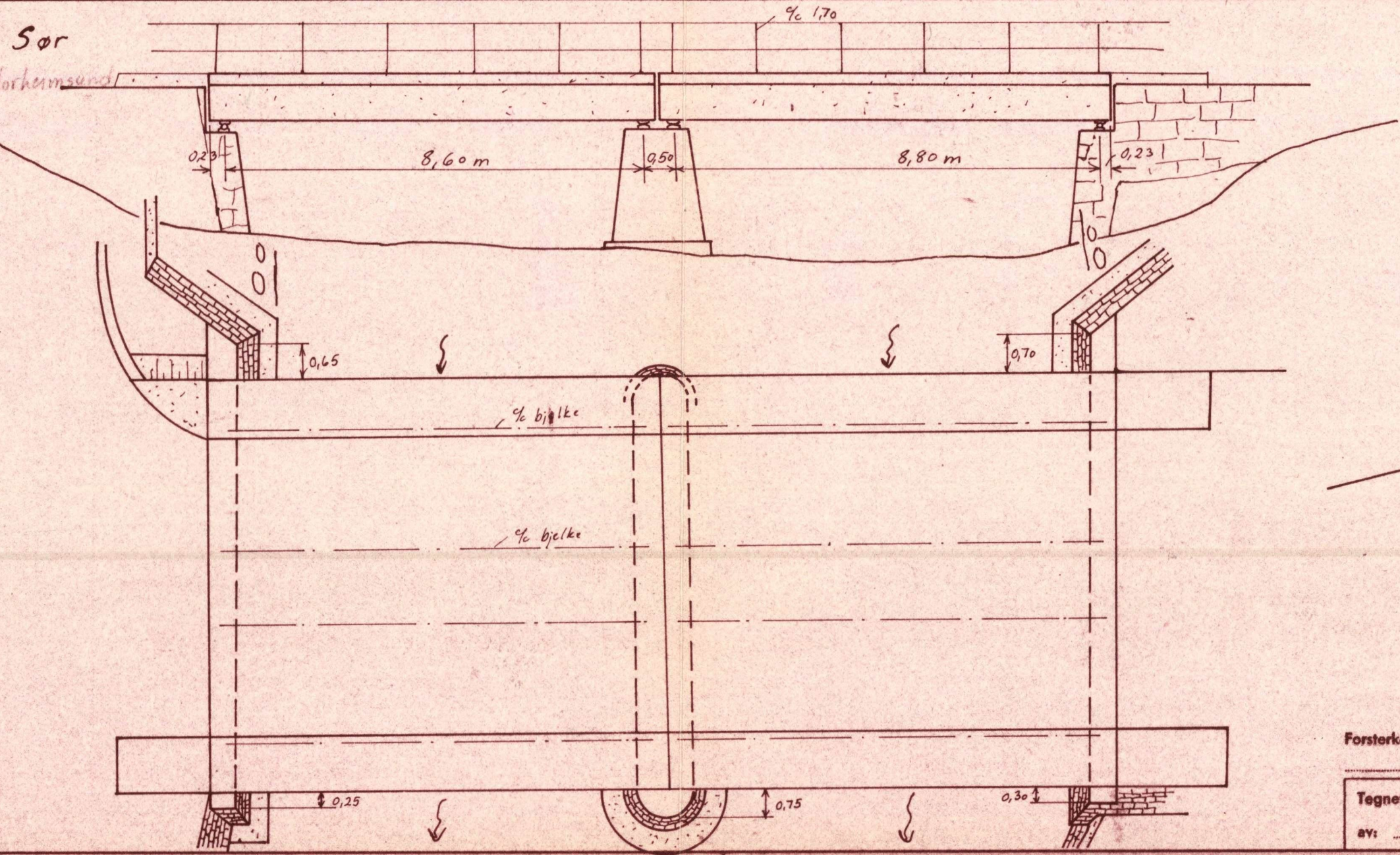
|                                                                    |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------|--------------------------|-----------------|-----------|
| Oystese                                                            |                        | bru                                 | riks veg        | E-68/17                  | 1943            | Arkiv nr. |
| Kvannidal - Bergen                                                 |                        | nr.                                 | Byggenr.        | Bygd år                  | 68 P E-68/61    |           |
| Fylke                                                              | Hordaland              | Kommune                             | Kvann           | Kilometring (beliggende) | Tidl. Pr. 20/63 |           |
|                                                                    |                        | 11-01722/74                         |                 | 6,1 km for Nørheimsund   |                 |           |
| Brusystem Fritt opplagt bjelke i to spenn                          |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Konstruksjon (materialer) 4 arm. betongbjelkar                     |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Brudekke Arm. betong t=19-23 cm Slitedekke                         |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Underbygning (materialer) Landkar av hoggen stein, faga med mørtel |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Fundamentering                                                     |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Spennvidde/Lysvidde Sp.v. = 8,60 m + 8,80 m                        |                        |                                     |                 |                          |                 |           |
| Kurveutv. b =                                                      |                        | Gangbaner G = 2 x 1,00 m            |                 | Føringsavst. F = 6,00 m  |                 |           |
| Fri bredde over føring                                             | Fri bredde over rekkv. | Fri høyde over pl.                  | Fri høyde ø bru | Fritt seilløp            |                 |           |
| 8,00 m                                                             | ∞ m                    | ∞ m                                 | ∞ m             | m                        |                 |           |
| Konstruert for lastkl. 11/1930                                     |                        | Endringer av lastkl./akseltr. 73 E. |                 |                          |                 |           |
| Konstruert for akseltrykk: 10 tonn                                 |                        | 1975-BK10 / BK10                    |                 |                          |                 |           |
| Overbygning:                                                       |                        | Underbygning:                       |                 |                          |                 |           |
| Konstruert av:                                                     |                        | Konstruert av:                      |                 |                          |                 |           |
| Bygd av:                                                           |                        | Bygd av:                            |                 |                          |                 |           |

Tverrsnitt M = 1/100



Forsterket og utvidet for 10 år siden, 17/10-01 PB

Oppriss M = 1/100



Grunnriss M = 1/100

Skisse vegkurvatur:

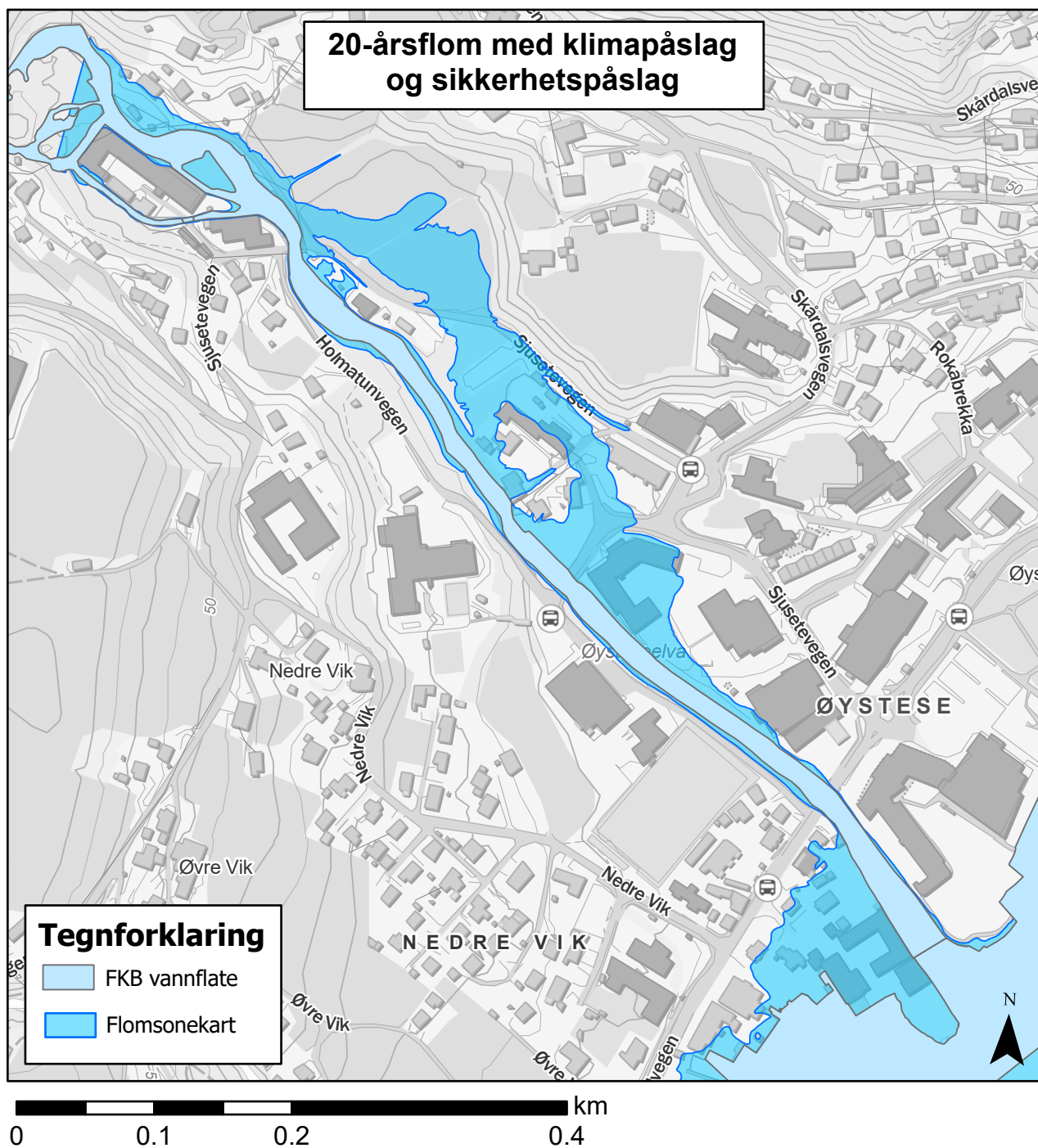
Forsterket/Utv.:

Tegnet den 11/12-1963 av: Odd Bandal

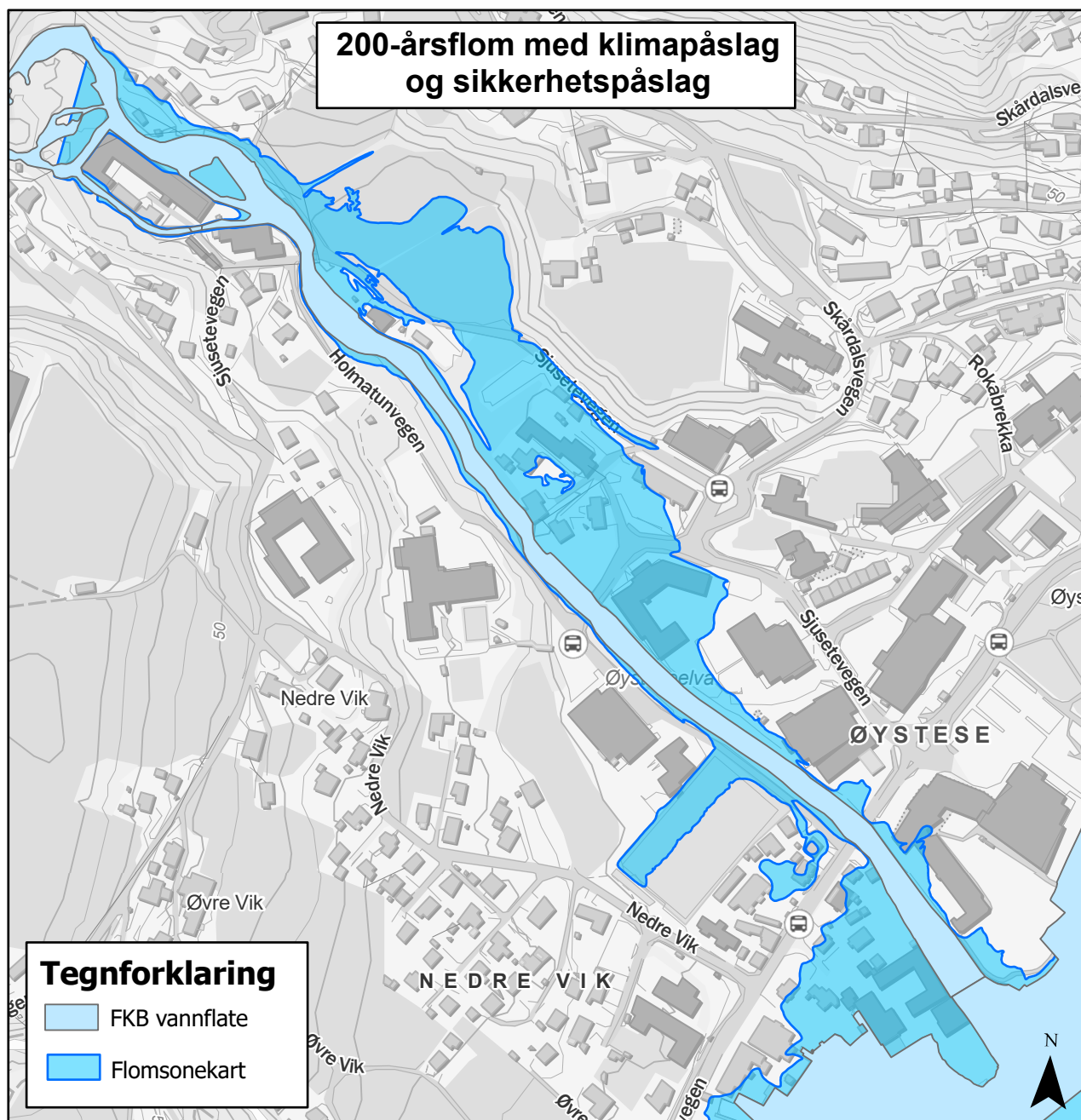


## Vedlegg 6 – Flomsonekart





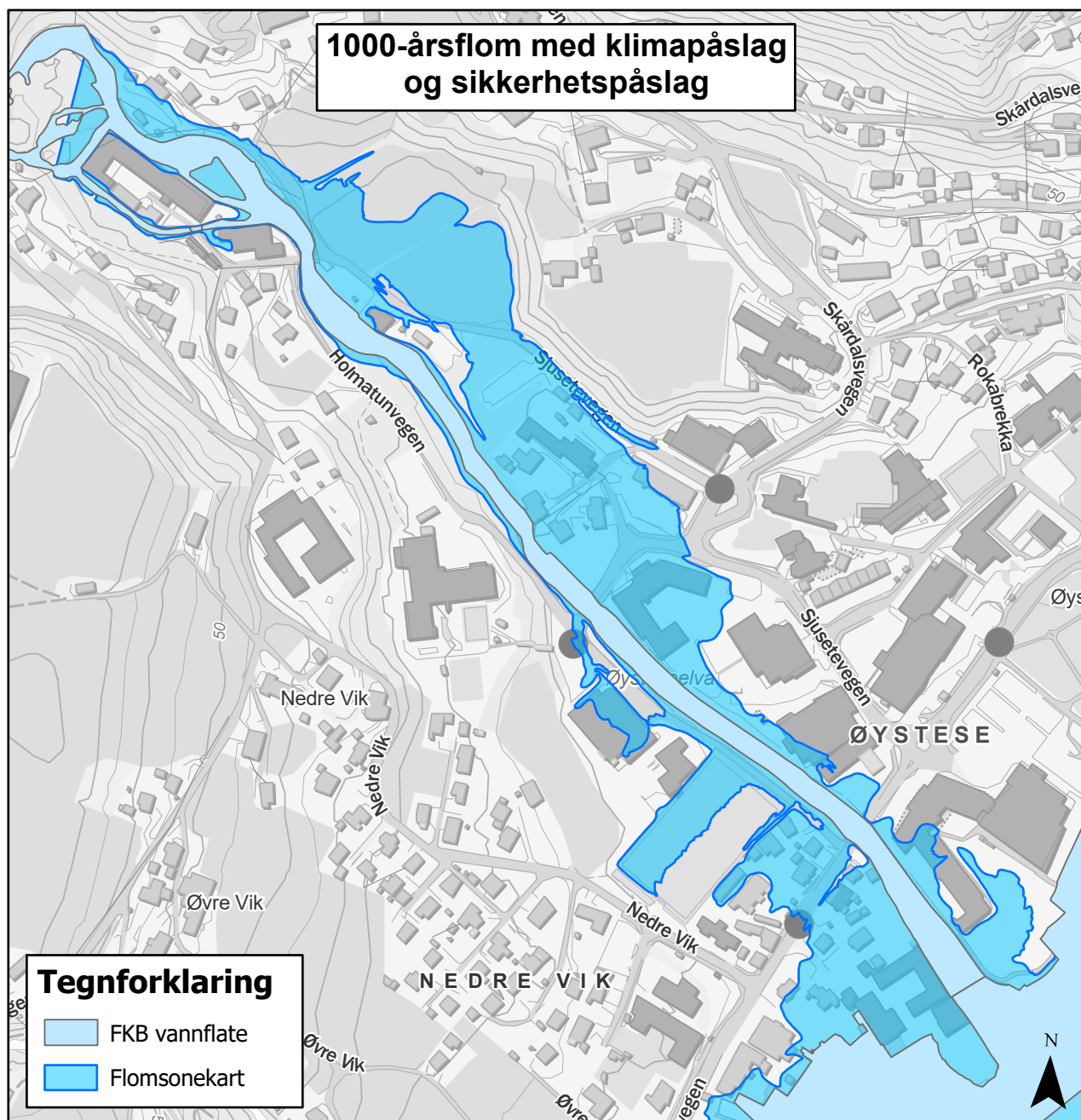
## 200-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag



0 0.1 0.2 0.4 km



# 1000-årsflom med klimapåslag og sikkerhetspåslag



0 0.1 0.2 0.4 km