NVE Region Øst

# Flomsikring av Otta sentrum

Utredning av flomfare fra Kleivrudbekken, Sel kommune i Innlandet

Oppdragsnr.: **52303409** Dokumentnr.: **RIH-RAPP-005** Versjon: **J02** Dato: **2024-11-08**



Norconsult

| | |
|---|---|
| **Oppdragsgiver:** | NVE Region Øst |
| **Oppdragsgivers kontaktperson:** | Grete Hedemann Aalstad |
| **Rådgiver:** | Norconsult Norge AS, Klæbuveien 127 B, NO-7031 Trondheim |
| **Oppdragsleder:** | Ingrid Buvarp Aardal |
| **Fagansvarlig:** | Carolina Frias Uribe |
| **Andre nøkkelpersoner:** | Anne Vea |

*Forsidefoto: Selsvegen mot Nyhusom, 9. august 2023 under ekstremværet Hans. Foto: Norconsult Otta.*

| Versjon | Dato | Beskrivelse | Utarbeidet | Fagkontrollert | Godkjent |
|---|---|---|---|---|---|
| J02 | 2024-11-08 | For bruk | Anne Vea | Carolina F. Uribe | Ingrid B. Aardal |
| B01 | 2024-10-04 | For gjennomgang hos oppdragsgiver | Anne Vea | Carolina F. Uribe | Ingrid B. Aardal |

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 er engasjert av NVE for å prosjektere flomsikring av Otta sentrum, samt sikring av Søre Kleivrud mot flom og flomskred fra Kleivrudbekken. Som del av oppdraget er det utført kartlegging av flomfare fra Kleivrudbekken, for strekningen fra oppstrøms Søre Kleivrud, gjennom Otta sentrum og til utløp i Lågen.

Arbeidet med flomfarekartlegging er todelt, og består av flomberegning og vannlinjeberegning. Flomberegning gjøres for å fastsette vannføring ved bestemte gjentaksintervall, mens vannlinjeberegningen utføres for å fastsette vannstand, oversvømmelse og vannhastigheter ved de beregnede vannføringene i vassdraget. Flomberegning for Kleivrudbekken er tidligere utført av Norconsult.

Flomutbredelse som følge av flom fra Kleivrudbekken er beregnet i denne rapporten~~,~~ ~~–~~ved bruk av en 2-dimensjonal hydraulisk modell i dataprogrammet HEC-RAS. Grunnlaget for modellen er laserdata med terrenggrunnlag for Otta sentrum fra 2023, supplert med innmålinger av infrastruktur (kulverter) og enkelte tverrsnitt.

I mangel av vannføringsmålinger er ikke vannlinjemodellen kalibrert, men det er gjort en rimelighetsvurdering av beregnet 20-års flomsone (uten klimapåslag) ved å kontrollere resultatene opp mot bilder fra flomskred i 2011 og flomhendelsen Hans i august 2023. 24-timers nedbør under Hans tilsvarte omtrent døgnnedbør med 20 års gjentaksintervall.

Resultater fra vannlinjeberegningene er presentert på flomsonekart som ligger vedlagt denne rapporten. Det er utarbeidet flomsonekart for 20-, 200- og 1000-årsflom med klimapåslag. Det må forventes betydelig massetransport ned mot Søre Kleivrud ved stor flom i bekken. Vannlinjeberegning viser at tunet på Søre Kleivrud er flomutsatt, især om man antar at bekkeløpet tilstoppes oppstrøms bygningene.

I de flate områdene langs Selsvegen og gjennom sentrum har dagens delvis lukkede løsning ikke tilstrekkelig kapasitet. Vann fra Kleivrudbekken oversvømmer områder ved Nyhusom, Selsvegen og Sagtomta, samt sentrum mellom Rv.15 og Storgata. Ved 200- og 1000-årsflom med klimapåslag oversvømmes i tillegg området rundt Ottahallen og fotballbanen nord for hallen. Flomvannet fra Kleivrudbekken renner tilbake i Lågen i lavbrekket mellom Lågen kjørebru og Circle K. Begynnende skadeflom settes til 5-årsflom for Kleivrudbekken.

# Innhold

**1 Formål og datagrunnlag 6**
1.1 Beskrivelse av oppdrag 6
1.2 Formål og omfang 6
1.3 Tilgjengelig informasjon og datagrunnlag 7
1.4 Dagens trasé 8
**2 Flomberegninger 9**
2.1 Nedbørfelt 9
2.2 Valg av flomverdier og klimapåslag 10
2.3 Flomforløp 11
**3 Vannlinjemodellering 12**
3.1 Beregningsmodell og datakvalitet 12
*3.1.1 Delstrekning 1 – Søre Kleivrud 12*
*3.1.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen 16*
3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold 19
3.3 Kulverter i modellen 20
*3.3.1 Kulverter under Selsvegen 20*
*3.3.2 Kulvert under Sagtomta 23*
*3.3.3 Modellering av kulverter 24*
**4 Resultater 26**
4.1 Resultater for 20-, 200- og 1000-årsflom fra Kleivrudbekken inkl. klimapåslag 26
*4.1.1 Delstrekning 1 –Søre Kleivrud 27*
*4.1.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen 27*
4.2 Kulvertkapasitet 28
4.3 Begynnende skadeflom 28
4.4 Sammenlikning med kjente flomhendelser 29
*4.4.1 Delstrekning 1 – sammenlikning med berørt område ved flomskred som traff Søre Kleivrud i juni 2011 29*
*4.4.2 Delstrekning 2 – sammenlikning med flomsone i Otta sentrum under ekstremværet Hans 2023 31*
**5 Kvalitet og usikkerheter 38**
5.1 Vurdering av kvalitet og usikkerhet 38
5.2 Sikkerhetspåslag 38
*5.2.1 Delstrekning 1 – Søre Kleivrud 39*
*5.2.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen 39*
5.3 Sensitivitet for vannstand i Lågen 40
5.4 Sensitivitet for volum og lengde av flomforløp 41

**6 Konklusjon 42**
**7 Referanser 43**
**8 Vedlegg 44**

# 1 Formål og datagrunnlag

## 1.1 Beskrivelse av oppdrag

Norconsult har på oppdrag fra NVE Region Øst, utført en vurdering av flomfare og utarbeidet tilhørende flomsonekart for Kleivrudbekken i Sel kommune.

I dagens situasjon går Kleivrudbekken i delvis åpen og delvis lukket løsning fra Søre Kleivrud og fram til utløp i Lågen. Utredning av flomfare fra Kleivrudbekken inngår som grunnlag for sikring av Kleivrudbekken, som er en del av arbeidet med helhetlig flomsikring av Otta sentrum. Det er derfor ønskelig å utføre en mer detaljert flomfarevurdering for avklaring av reell flomsone i henhold til gjeldende krav til sikkerhet mot naturfare i TEK17.

Beregningene er utført i henhold til NVE-veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom [1], samt gjeldende praksis for denne typen flomvurderinger. Detaljer omkring vurderingene som er utført, er gitt nedenfor.

## 1.2 Formål og omfang

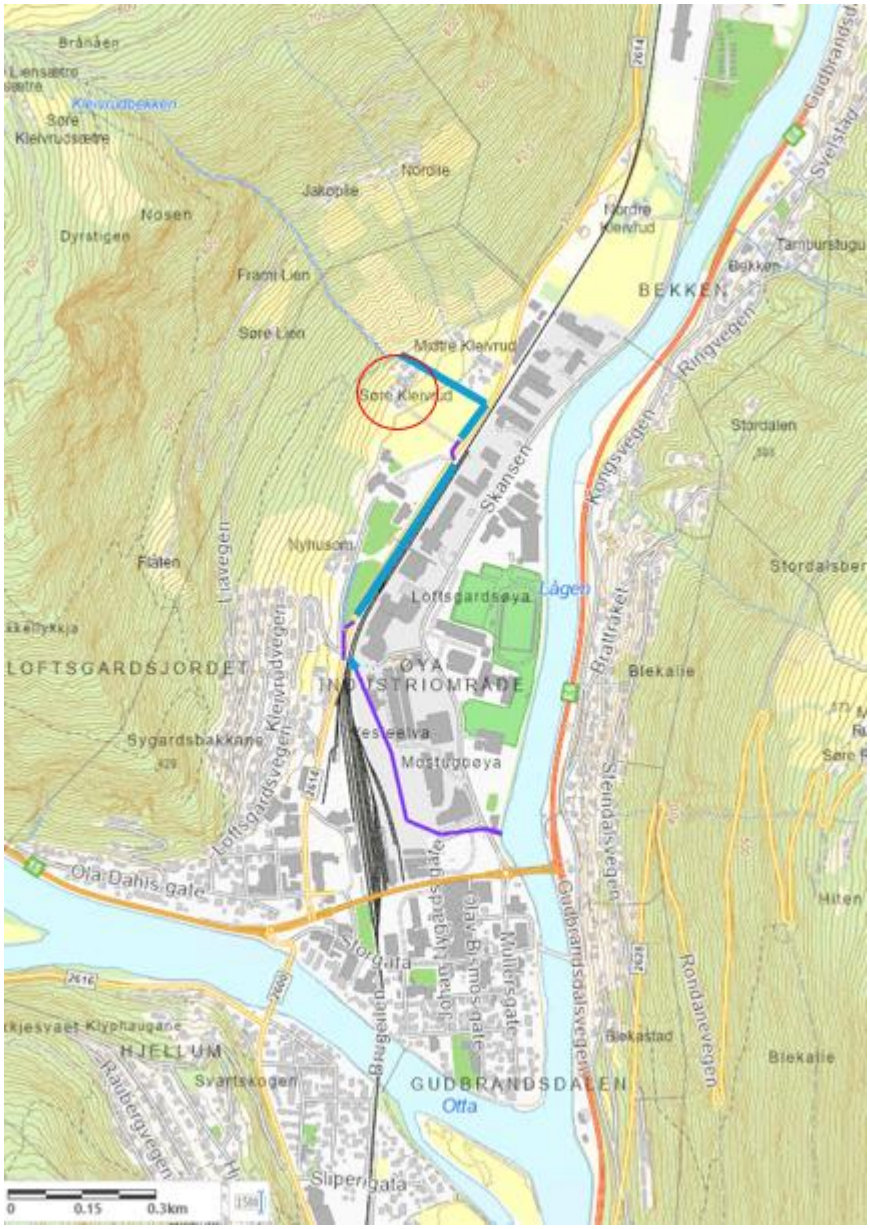
Denne rapporten har som hensikt å kartlegge flomsonen fra Kleivrudbekken ved Otta sentrum, for en strekning fra oppstrøms gården Søre Kleivrud ned til bekkens utløp i Lågen. Se Figur 1 for oversiktskart over dagens trasé fra Søre Kleivrud til Lågen.

Beregningene er gjort for dagens situasjon, uten sikringstiltak ved Søre Kleivrud, og uten omlegging av Kleivrudbekken. Det er tatt høyde for at bekkeløpet ved Søre Kleivrud kan være tilstoppet ved store flommer.

Senere skal det utarbeides en løsning for sikring av Søre Kleivrud mot flom/flomskred, og for flomsikring av bekken fram til utløpet i Lågen. Valg av løsning for omlegging/sikring av Kleivrudbekken gjennom Otta sentrum er på nåværende tidspunkt ikke bestemt. Detaljprosjektering av flom/skredvoll ved Søre Kleivrud er heller ikke ferdigstilt.

Observasjon fra befaring tyder på at vann fra Kleivrudbekken infiltrerer ned i grunnen ved lave vannføringer. Ved flom med høyt grunnvannivå er et eventuelt vanntap på grunn av infiltrasjon neglisjerbart i forhold til vannføringen i bekken, og det er derfor ikke tatt høyde for infiltrasjon. Ved styrtregn over tørt terreng, og med lav grunnvannstand/vannstand i Lågen, kan imidlertid noe vann fra Kleivrudbekken renne ned i grunnen. Beregning av flomsoner og kapasitet i det lukkede systemet kan derfor være konservativ i noen tilfeller.

Oversvømmelse som følge av nedbør direkte på terreng utenfor Kleivrudbekkens nedbørfelt, samt oversvømmelse på grunn av høy grunnvannstand og/eller overvannsproblematikk fra andre deler av Otta sentrum er ikke vurdert i denne rapporten.




*Figur 1 Kleivrudbekken - dagens trasé fra Søre Kleivrud (i rød ring), til utløp i Lågen oppstrøms Lågen kjørebru. Dagens åpne bekk er markert med blå linje. Lilla linjer viser hvor bekken ligger i rør.*

## 1.3 Tilgjengelig informasjon og datagrunnlag

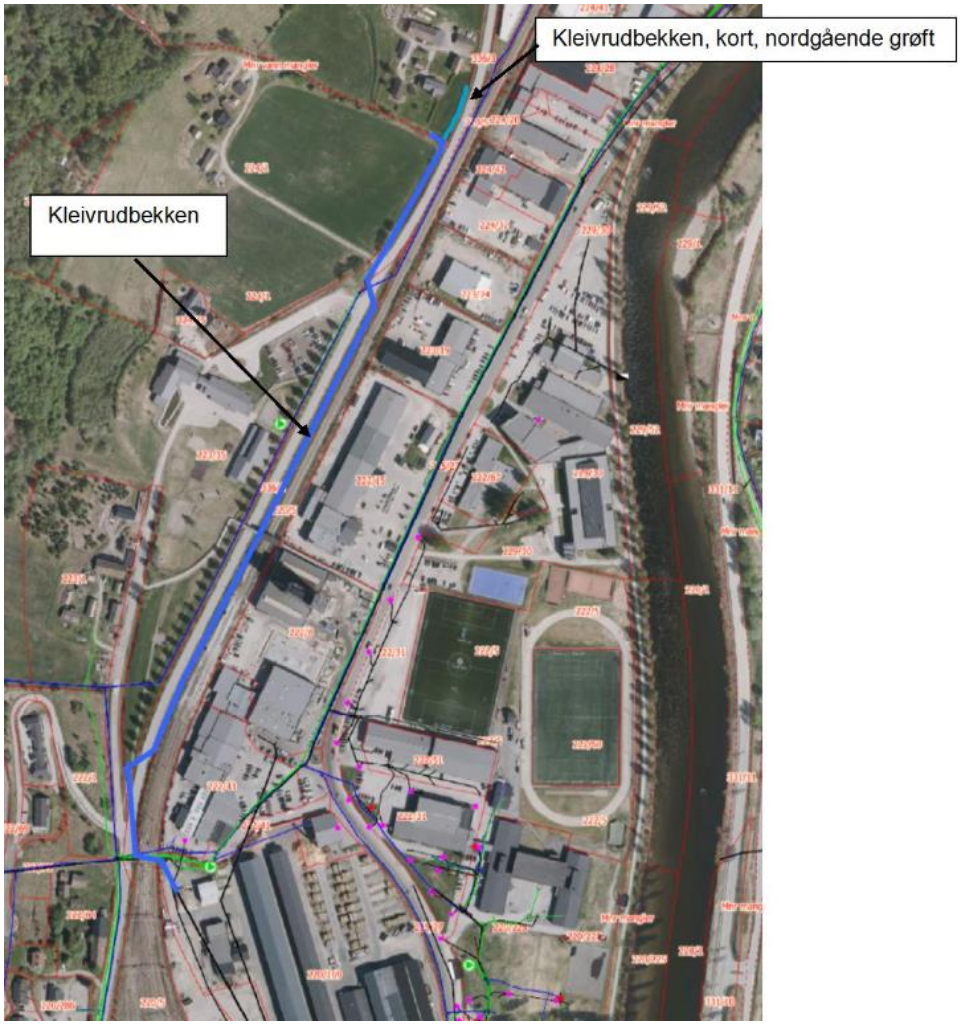
Terrengmodellen i beregningen er laserdata hentet fra www.hoydedata.no, supplert med innmålinger utført av Rondane Oppmåling og hydrolog Frode Randen ved Norconsults kontor på Otta.

Alle høyder som er lagt til grunn i denne flomsonekartleggingen refererer til høydegrunnlaget NN2000 hvis ikke annet er spesifisert.

## 1.4 Dagens trasé

Beregningene i denne rapporten gjelder for Kleivrudbekken i dagens trasé. Følgende beskrivelse, samt Figur 2, er basert på FFAG-RAPP-001 Vurdering av åpen og lukket løsning for Kleivrudbekken [2]:

Fra Kleivrud går bekken etter en sving utenom tunet i et «naturlig» bekkeløp mot Selsvegen nord for Otta sentrum. Når den kommer ned til Selsvegen går den i en åpen grøft parallelt med Selsvegen. Rett før innkjøringen til gardsvegen opp mot Søre Kleivrud, krysser den under Selsvegen og går videre mellom Selsvegen og jernbanen, se Figur 2. Rett sør for avkjøringen opp mot Nordigard krysser den jernbanen i en stor kulvert/bru. Kulvert under jernbanen er fylt med mye sedimenter og har begrenset kapasitet. Kleivrudbekken er åpen kun noen meter på østsiden av jernbanesporene før den går lukket i rør videre mot Lågen. Røret er et gammelt 1000 mm betongrør som går under Sagtomta med utløp i Lågen. Det er gjort kamerakjøringer og inspeksjon i røret og det viser seg at tilstanden til røret er dårlig. Dette gir begrenset kapasitet på noen strekker, og oppsprukne rør. Det er planlagt at traseen skal legges om noe og skiftes ut til et nytt 1000 mm rør.




*Figur 2 Dagens trasé (med tykk blå linje) for Kleivrudbekken, fra der den kommer ned mot Selsvegen i nord til den i sør går lukket videre etter å ha krysset under jernbanen.*

# 2 Flomberegninger

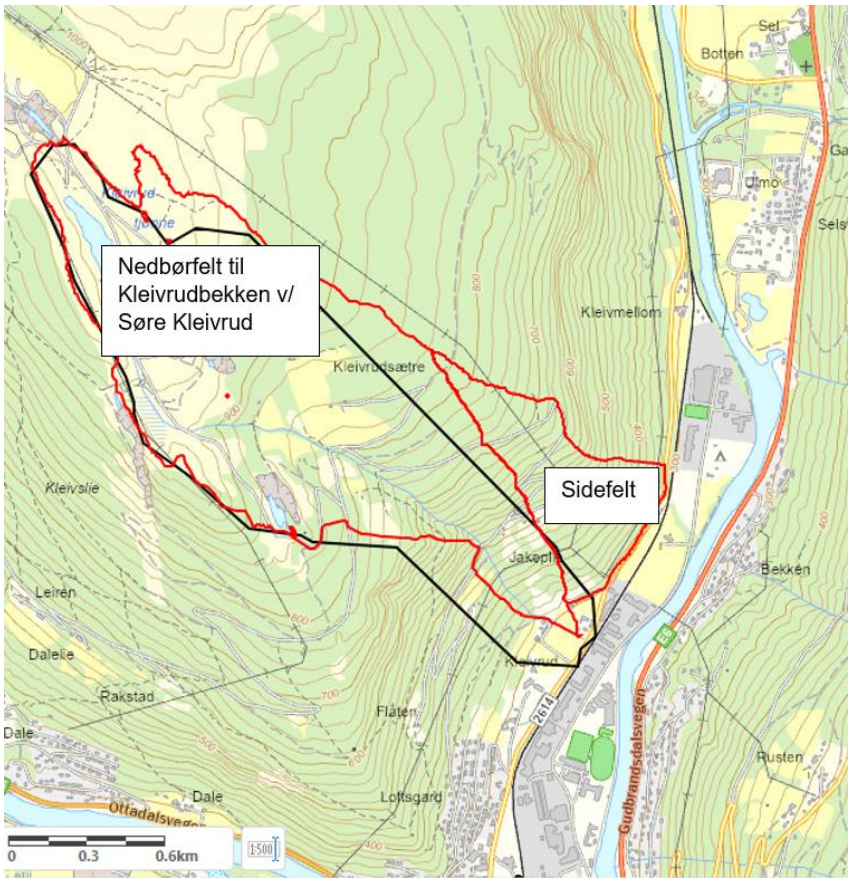
Norconsults rapport RIH-RAPP-003 Flomberegning Kleivrudbekken [2] beskriver nedbørfeltet til Kleivrudbekken og beregnet flomvannføring.

Flomberegning for Lågen og Otta er utført av NVE i rapport Flomberegning for Gudbrandsdalsvassdraget (002.DZ) [5], og kommentert i Norconsults rapport RIH-RAPP-002 Flomsikring av Otta sentrum – Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum [6].

Kapittel 2 er en gjengivelse/oppsummering av innhold fra RIH-RAPP-002 Flomsikring av Otta sentrum – Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum [6] og RIH-RAPP-003 Flomberegning Kleivrudbekken [2].

## 2.1 Nedbørfelt

Kleivrudbekken ligger i Sel kommune i Innlandet fylke. Bekken renner fra Kleivrudtjønne (966 moh), bratt ned lia til gården Søre Kleivrud, og videre i grøft langs Selsvegen. Ved Søre Kleivrud er nedbørfeltet 1,63 km$^2$. Ned til Selsvegen drenerer også et lite (0,31 km$^2$) sidefelt fra skråningen nord for Kleivrudbekken. I flomsonekartlegging ned til Søre Kleivrud benyttes flomverdier uten sidefeltet. Fra Selsvegen og til utløpet inkluderes flomvannføring fra sidefeltet.




*Figur 3 Nedbørfelt til Kleivrudbekken ved Søre Kleivrud, vurdert med bakgrunn i befaring. Til sammenlikning er felt fra Nevina tegnet inn med svart omkrets. Feltet fra Nevina er basert på en mindre detaljert høydemodell. Kart fra NVE Atlas.*

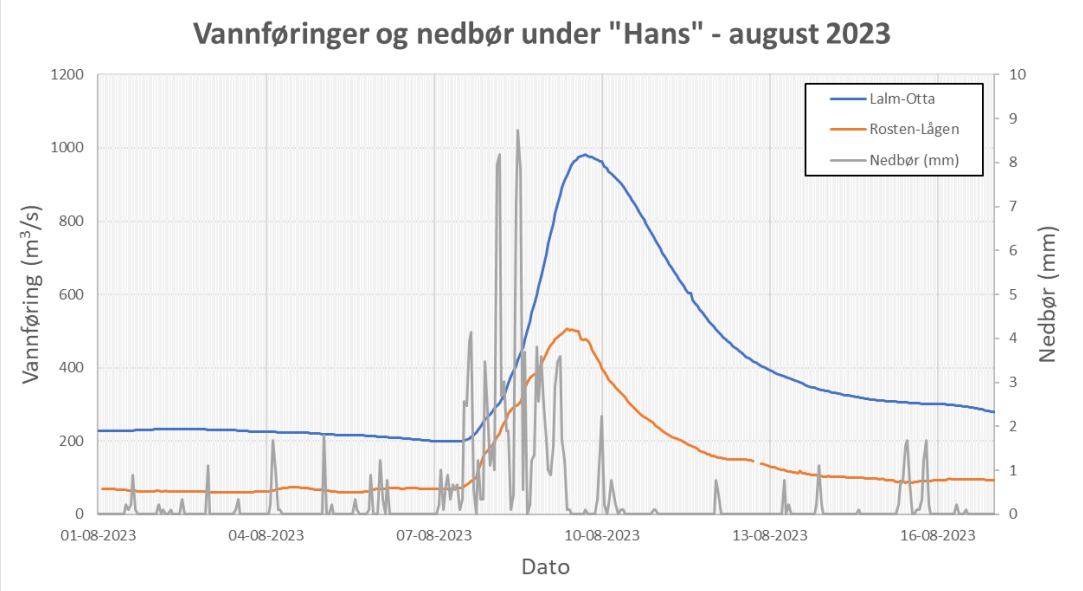
## 2.2 Valg av flomverdier og klimapåslag

Flomvannføringer fra RIH-RAPP-003 Flomberegning Kleivrudbekken [3] er vist i Tabell 1. I flomsonekartleggingen legges det til grunn flomverdier med 40% klimapåslag, slik NVE har satt som forutsetning for prosjekteringsfasen. Det er i tråd med anbefalinger i Klimaprofil Oppland fra Norsk Klimaservicesenter [4]: «*I små, bratte vassdrag (elver og bekker) som reagerer raskt på kraftig regn, og i tettbygde strøk vil mer intens lokal nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man også forvente minst 20 % økning i flomvannføringene, og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier.*» Kleivrudbekken er et lite og raskt felt, slik at 40% klimapåslag virker rimelig.

*Tabell 1 Flomverdier (kulminasjonsverdi) for alle gjentaksintervall, fra Flomberegning Kleivrudbekken [3]. Til flomsonekartlegging for Kleivrudbekken benyttes flomvannføringer inkludert 40% klimapåslag.*

| | $Q_5$ ($m^3/s$) | $Q_{10}$ ($m^3/s$) | $Q_{20}$ ($m^3/s$) | $Q_{200}$ ($m^3/s$) | $Q_{1000}$ ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|---|
| **Kleivrudbekken v/ Søre Kleivrud** | | | | | |
| Uten klimapåslag | 2.1 | 2.5 | 2.9 | 4.9 | 6.1 |
| Inkl. 40% klimapåslag | 2.9 | 3.5 | 4.1 | 6.8 | 8.6 |
| **Kleivrudbekken inkl. sidefelt** | | | | | |
| Uten klimapåslag | 2.5 | 3.0 | 3.5 | 5.8 | 7.3 |
| Inkl. 40% klimapåslag | **3.4** | **4.1** | **4.9** | **8.1** | **10.2** |

Feltet til Kleivrudbekken vil respondere hurtigere på intens nedbør enn feltene til Lågen og Otta. Det er ikke realistisk at flomtopp i bekken sammenfaller med flomtopp i hovedelvene. Maksimal vannføring i Kleivrudbekken forventes å komme som følge av intens nedbør. Under ekstremværet «Hans» kulminerte vannføringen i hovedelven etter at den mest intense nedbøren var over, se Figur 4. Flommen i mai 2018 hadde tilsvarende dynamikk.




*Figur 4 Vannføringer i Otta (blå kurve) og Lågen (rød kurve), sammen med målt timesnedbør ved målestasjon Otta Skansen.*

I flomsonekartlegging av 5-, 10- og 20-årsflom i Kleivrudbekken (nedstrøms Søre Kleivrud) er det lagt til grunn stasjonær vannføring tilsvarende kulminasjonsverdi for middelflom i Lågen, med tilhørende flom i Otta. 200- og 1000-årsflom i Kleivrudbekken kombineres med 10-årsflom i Lågen og tilhørende flom i Otta. Flomvannføringer for Lågen og Otta er beregnet i NVEs Flomberegning for Gudbrandsdalsvassdraget (002.DZ) [5]. For Lågen og Otta er det brukt 20% klimapåslag. Det er ikke utført noen detaljert analyse av gjentaksintervall for flom i hovedelvene ved stor flom i Kleivrudbekken, men sensitivitetsanalyse i avsnitt 5.3 viser at beregningene er relativt lite sensitive for vannstand i hovedelvene.

*Tabell 2 Flomverdier (kulminasjonsverdi) for alle gjentaksintervall, fra Flomberegning for Gudbrandsdalsvassdraget (002.DZ) [5]. Til flomsonekartlegging for Kleivrudbekken benyttes flomvannføringer fra nederste linje i tabellen.*

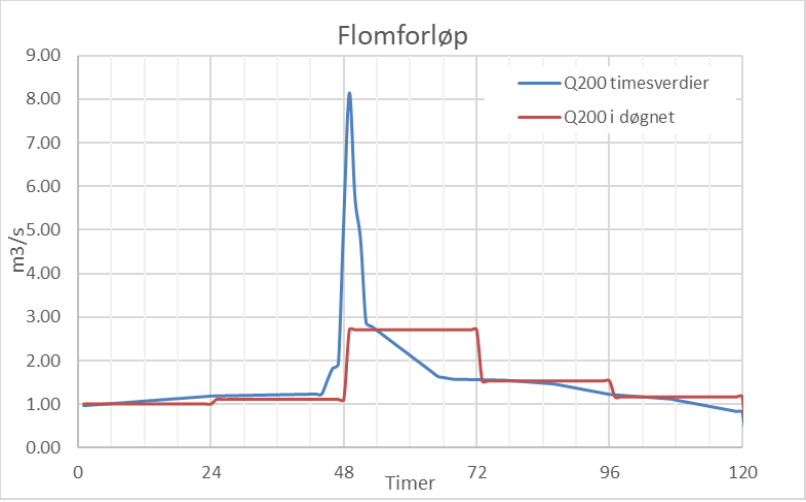
| | $Q_M$ Lågen ($m^3/s$) | $Q_M$ Otta ($m^3/s$) | $Q_{10}$ Lågen ($m^3/s$) | $Q_{10}$ Otta ($m^3/s$) |
|---|---|---|---|---|
| Uten klimapåslag | 402 | 674 | 575 | 760 |
| Inkl. 20% klimapåslag | **482** | **809** | **690** | **912** |

## 2.3 Flomforløp

I beregning for Kleivrudbekken ned til Søre Kleivrud tas det utgangspunkt i kulminasjonsverdi, dvs. vannføring ved flomtopp i Kleivrudbekken. Bekken er bratt, uten områder hvor vannet kan magasineres over tid gjennom en flomhendelse. Totalt døgn- og flerdøgnsvolum er av liten betydning for flomutbredelsen ved Søre Kleivrud.

For flomsonekartlegging av Kleivrudbekken gjennom Otta sentrum er flomforløpet av betydning ettersom vann kan lagres i de flate sentrumsområdene. Døgnvolum og flerdøgnsvolum vil inngå i vurderinger knyttet til pumpekapasitet og grunnvannsmodellering. Det er derfor satt opp et flomforløp av 200-årsflom med varighet fem døgn, kulminasjonsvannføring ved 200-årsflom tilsvarende 3000 l/s/km² og døgnmiddel 200-årsflom tilsvarende 1000 l/s/km². Flomforløpet for $Q_{200}$ inkl. 40% klimapåslag, med kulminasjonsvannføring 8,1 $m^3/s$, er vist i Figur 5. Forløpet er skalert til bruk for andre gjentaksintervall.

I de hydrauliske beregningene er simuleringene kjørt for 24 timer av forløpet; fra 12 timer før kulminasjon, til 12 timer etter. Det er i tillegg gjort en sensitivitetsanalyse der hele det fem døgn lange forløpet er tatt med.




*Figur 5 Flomforløp for Kleivrudbekken inkl. sidefelt med kulminasjonsvannføring 8,1 $m^3/s$ (tilsvarende $Q_{200}$ inkl. 40% klimapåslag).*

# 3 Vannlinjemodellering

## 3.1 Beregningsmodell og datakvalitet

Beregning av 20,- 200- og 1000-års flomvannstand med klimapåslag gjøres på grunnlag av beregnet flomvannføring. For å kunne gjøre om vannføring til vannstand må flomvannføringen rutes gjennom en hydraulisk modell. I denne analysen er programvaren HEC-RAS versjon 6.2 benyttet. HEC-RAS kan beregne strømning i 2 dimensjoner, noe som er egnet for å vurdere flomsoner langs vassdrag.

Av praktiske hensyn er bekken modellert med to separate modeller:

1. Delstrekning 1 omfatter Kleivrudbekken fra ca. 350 moh, ned forbi tunet på Søre Kleivrud og ned mot Selsvegen. Modellen har høy detaljeringsgrad i bekkeløpet og rundt bygningsmassen på Søre Kleivrud.
2. Delstrekning 2 starter også oppstrøms Søre Kleivrud, men modellen er mindre detaljert i det bratte partiet. Delstrekning 2 omfatter resten av bekken (inkl. lukkede strekninger), til utløp i Lågen. For delstrekning 2 er det lagt vekt på å få en god modell fra der Kleivrudbekken kommer ned til Selsvegen og fram til utløpet i Lågen.

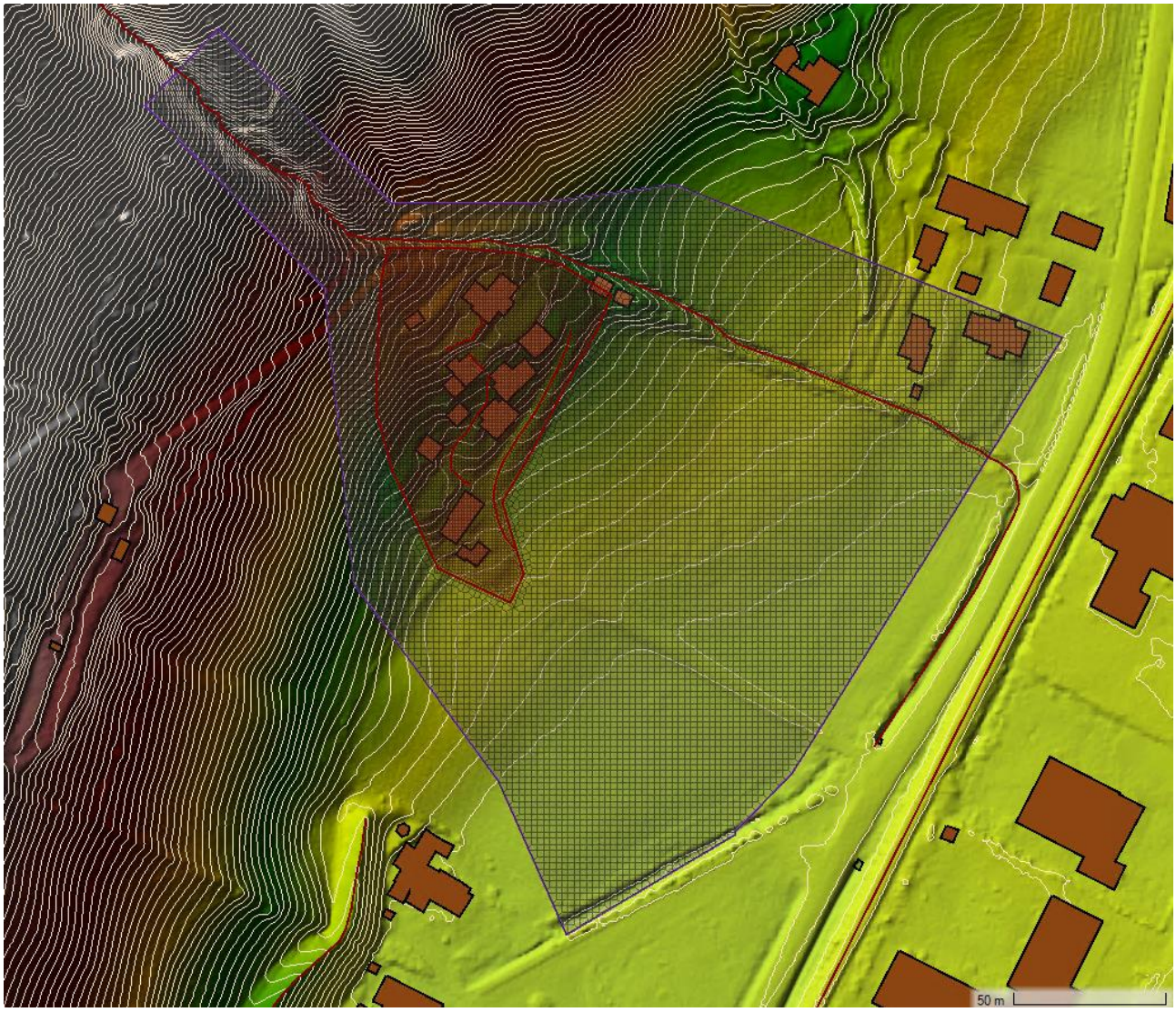
De to hydrauliske modellene har forskjellig oppbygning, ettersom bekken skifter karakter fra delstrekning 1 til delstrekning 2. Detaljer om modellering og metode for hver modell er gitt i de neste avsnittene.

I flomsonekart vises resultater fra delstrekning 1 for Kleivrudbekken ved Søre Kleivrud, og resultater fra delstrekning 2 for Nyhusom, Selsvegen og sentrumsområdene.

### *3.1.1 Delstrekning 1 – Søre Kleivrud*

Høydemodellen i beregningen er hentet fra www.hoydedata.no, der det foreligger en scanning over Otta fra 2023 med tetthet på 5 pkt./m², høyder i NN2000. Scanningen «Innlandet-Viken flom-skred 2023» ble utført høsten 2023 i etterkant av ekstremværet Hans.

For Kleivrudbekken oppstrøms Søre Kleivrud er det vegetasjon langs bekkeløpet, og dette gjør at terrengmodellen har færre bakkepunkter og dermed større usikkerhet. Det er i tillegg utfordrende å bygge opp en stabil vannlinjemodell når vassdraget er smalt og svært bratt. For å fange opp mest mulig detaljer, er beregningsnettet satt til oppløsning 1 m x 1 m i bekkeløpet, samt rundt tunet ved Søre Kleivrud. Beregningene er kjørt med tidsskritt 0,1 s, som i hovedsak gir et Courant-tall under 1. Beregningsnettet for delstrekning 1 er vist i Figur 6.




*Figur 6 Detaljkart av beregningsnett for delstrekning 1; det bratte partiet i Kleivrudbekken fra ca. 350 moh og ned til jorder mot Selsvegen.*

Det har vært vurdert å benytte sedimentmodell i Hec-Ras for å ta høyde for massetransporten som vil oppstå under stor flom på strekningen. Ettersom bekken faller bratt og vannhastigheten på strekningen er høy (6-8 m/s), vil modellen sannsynligvis ikke avsette noe særlig volum med sedimenter. Hec-Ras kan heller ikke reflektere at flomskredene vil komme i pulser, eller at bekken ved flomskred transporterer stor stein og vegetasjon. Figur 7 og Figur 8 viser hvordan løvskogen står tett på begge sider av bekken ned mot Søre Kleivrud, og at flomskredet i 2011 tok med seg store greiner og trestokker. I flomsonekartlegging for dagens situasjon tas det derfor hensyn til at det er en reell fare for at vegetasjon og større steiner blokkerer bekkeleiet.

Ved 1000-års flom/flomskred vil det høyst sannsynlig komme mye masse og trær ned i pulser. Det er valgt å ta høyde for massetransporten ved å legge inn blokkeringer i terrengmodellen. Ved å fylle opp bekkeleiet (slette forsenkningene i terrengmodellen), får man vurdert spredning av vann som følge av avsetninger i bekken. I modellen er bekkeløpet blokkert og ineffektivt på to utvalgte punkter:

1. Der bekken endrer retning oppstrøms Søre Kleivrud. Punktet er valgt fordi gangbrua og svingen i bekken oppstrøms våningshuset er steder hvor det kan forventes å legge seg opp masser, og tilstopping her vil føre til større oversvømmelse av tunet på Søre Kleivrud.
2. Der hastigheten avtar noe ved uthusene som ligger nært bekken nedenfor våningshuset. Punktet er valgt fordi helningen i bekken avtar nedenfor våningshuset. Det er sannsynlig at løsmasser fra både skred og flom med sedimenttransport kan stoppe opp i denne delen av bekken.

Norconsult understreker at i praksis vil forutgående hendelser påvirke bekkeleiet oppstrøms Søre Kleivrud. Tilgangen på transporterbar masse avhenger av hvor lenge det er siden forrige gang det var flom i vassdraget. Masse og trær bygger seg opp i og langs bekkeleiet over tid. Der det har gått skred et år, vil det kunne gå 30-50 år eller mer før en har potensial for samme skred ved samme, lignende nedbørhendelse.



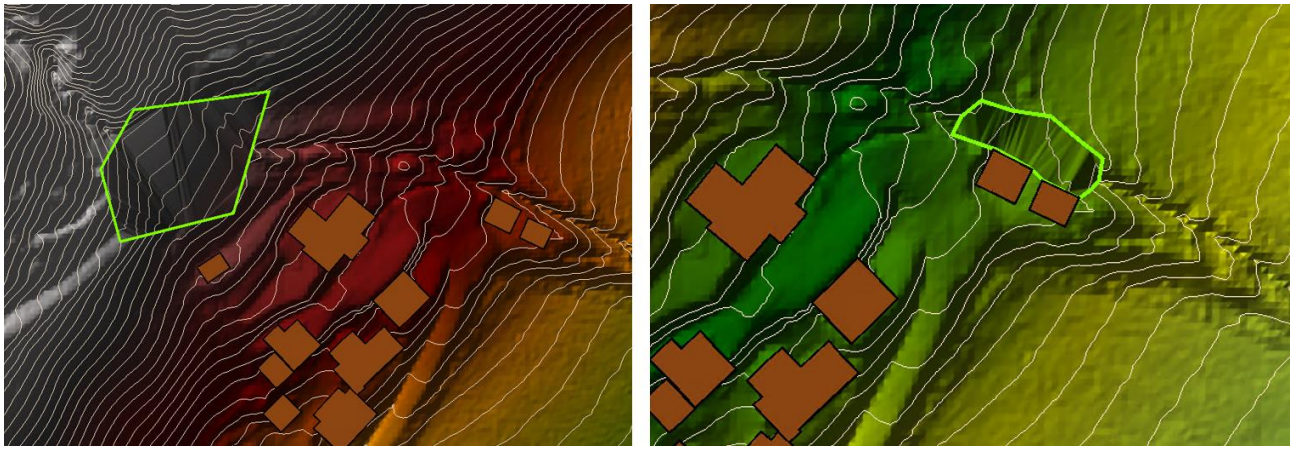
*Figur 7 Kleivrudbekken oppstrøms Søre Kleivrud. Foto til venstre er tatt av Øyvind Høydal etter flomskred i juni 2011. Foto til høyre er tatt av Carolina Uribe under befaring i juni 2023.*



*Figur 8 Flomskred ved Søre Kleivrud i juni 2011. Foto: Øyvind Høydal.*

Figur 9 viser terrengmodell med tilstopping i punkt 1 og 2. Bekkeløpet er fylt igjen over en strekning på 20-30 meter.

Ved blokkering på øverste punkt, tvinges det meste vannet ut av bekkeløpet. En samtidig blokkering i punkt 2 ville da hatt liten effekt. De to situasjonene simuleres derfor separat. Total flomutbredelse fra de to situasjonene kombineres til et samlet resultatkart.



*Figur 9 Tilstopping av bekkeleie, lagt inn manuelt i terrengmodellen. Venstre: tilstopping oppstrøms Søre Kleivrud. Høyre: Tilstopping ved uthus nært dagens bekk.*

Den hydrauliske beregningen forholder seg til terrenget slik det var på scanningstidspunktet. Det kan ha oppstått erosjon/ sedimentasjon i vassdraget i tiden etter scanning, og terrenget kan endre seg under fremtidige flomhendelser. Modellen reflekterer heller ikke at vannet graver i løsmassene underveis i en ekstrem flomhendelse. Det gjelder både i masser som avsettes fra skred/massetransport under flomhendelsen, og i eroderbare masser for øvrig. Se Figur 10 for eksempel på hvordan vannmassene har gravd seg et nytt løp i gårdsveien nedenfor Søre Kleivrud under flom i 2011.

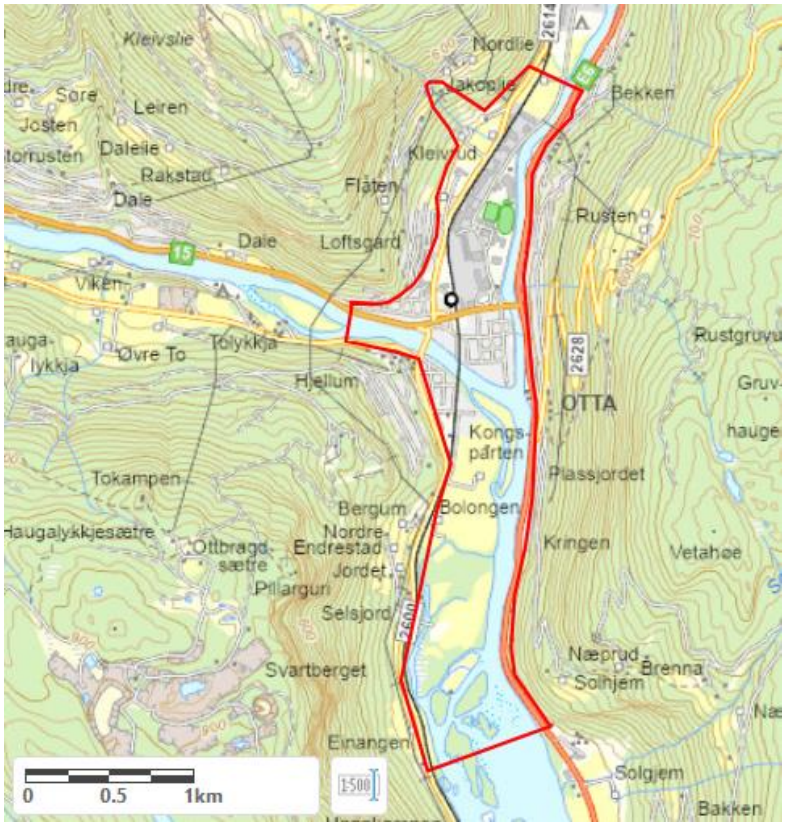


*Figur 10 Fra gårdsvei opp til Søre Kleivrud etter flom/skred i 2011. Vannet har gravd seg et løp nedover deler av gårdsveien. Foto: Øyvind Høydal.*

### *3.1.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen*

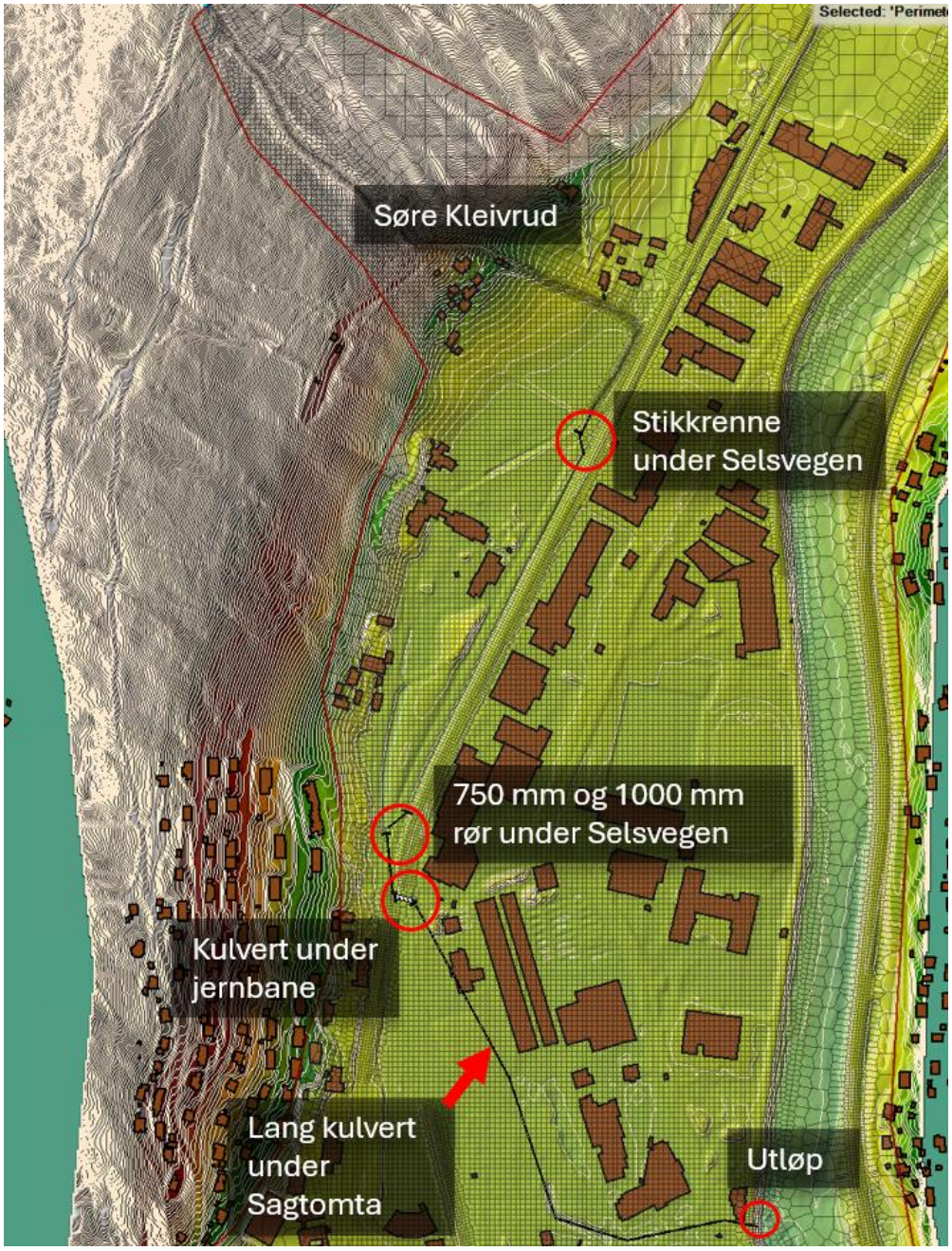
For høyder over normal vannstand benyttes samme høydedata som for delstrekning 1; «Innlandet-Viken flom-skred 2023». 2023-scanningen inneholder ikke data fra bunnkartlegging av elvene. I resten av beregningsområdet benyttes derfor scanning «NVE Gudbrandsdalslågen 2016», hvor bunndata fra Otta og Lågen er inkludert. Det er gjort manuelle justeringer for å få en jevn overgang mellom de to modellene i elvekanten.

I oppstrøms ende starter beregningsstrekningen i Lågen ved enden av næringsbebyggelsen langs Skansen, og i Otta like nedstrøms Toøya. I sør avsluttes beregningen ved Solsgjemsøyene. Beregningsstrekningen er vist på kart i Figur 11. Sammenliknet med vannlinjemodellen til Norconsults rapport Utredning av flomfare fra Lågen og Otta ved Otta sentrum [6] er strekningen kortet inn, av hensyn til beregningstid. Det er tidligere vist at vannstanden helt nede ved Eide bru påvirker vannstanden i Lågen og Otta ved Otta sentrum. I beregning for Kleivrudbekken er imidlertid detaljer knyttet til Lågen og Otta mindre viktig, fordi sensitivitetsanalyse på vannstand i hovedelvene gir relativt små utslag (se senere avsnitt 5.3). Hovedelvene behandles derfor forenklet.




*Figur 11 Beregningsstrekning ved flomsonekartlegging Kleivrudbekken, delstrekning 2.*

Beregningsnettet er satt til en oppløsning på 5 m x 5 m i Otta sentrum. Langs forhøyninger og kanter i terrenget (f.eks. jernbanefylling og elvebredd) er det lagt breaklines med finere oppløsning. Plassering av breaklines er justert etter innledende kjøringer av modellen. I områder lenger vekk fra Kleivrudbekkens flomsone, har beregningsmeshet oppløsning 10 m x 10 m. Beregningene er kjørt med tidsskritt 1 sekund, som gir stabilt Courant-tall godt under 1. Den mest sentrale delen av beregningsmeshet er vist i Figur 12.



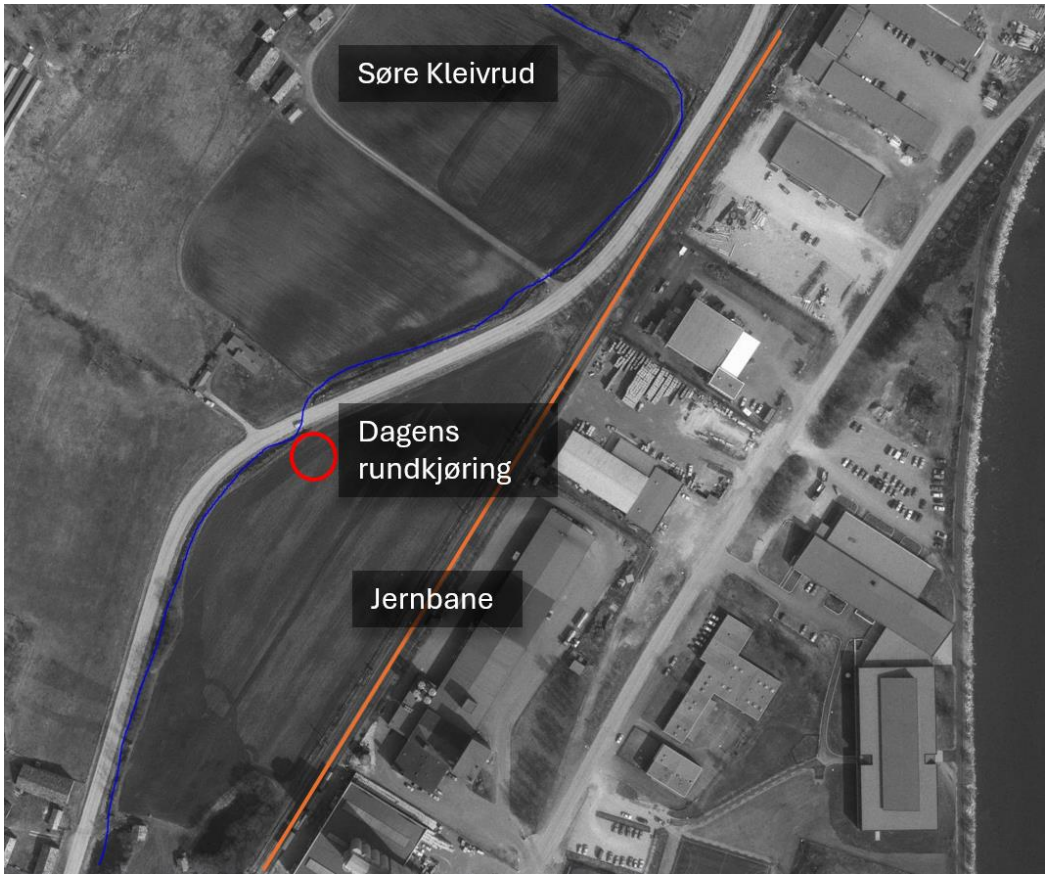

*Figur 12 Detaljkart av mesh for delstrekning 2 – fra Søre Kleivrud til Kleivrudbekkens utløp i Lågen. Den lukkede delen av Kleivrudbekken er modellert med kulverter. Kulvertene er vist på kartet.*

Der Kleivrudbekken renner i grøft langs Selsvegen stod det antakelig vann på tidspunktet da terrenget ble scannet høsten 2023. Bunnen av grøfta i terrengmodellen er justert på bakgrunn av tverrsnitt som Rondane Oppmåling målte inn i august 2023, samt ut fra oppgitte nivå for inn- og utløp av kulverter fra tidligere innmåling av OV-systemet på Otta.

Tidligere ble Kleivrudbekken ført sørover langs Sygardsvegen. Det var grøft/bekkeløp forbi dagens barnehage på Nyhusom. Dagens grøft langs jernbanen eksisterte ikke. Foto fra 1983 (Figur 13) viser

tidligere situasjon, før bekken ble flyttet til grøft mellom Selsvegen og jernbanen. Foto fra www.norgeibilder.no tyder på at omleggingen har skjedd en gang mellom 1994 og 2006. Sel kommune opplyser at Kleivrudbekken kan ha blitt lagt om i forbindelse med omlegging av veien da Nyhusom skole ble bygget ca. 1999-2000. Det kan ikke utelukkes at det finnes overvannsrør eller kummer i Nyhusom-området som ikke er tatt hensyn til.

Generelt er ikke kummer i overvannssystemet modellert. Vannlinjeberegningen tar ikke hensyn til at det kan komme vann opp av kummene ved en flomhendelse.




*Figur 13 Kleivrudbekkens tidligere løp markert på flyfoto fra www.norgeibilder.no, foto fra 1983. Dagens rundkjøring i Nyhusom er vist med rød ring.*

## 3.2 Grensebetingelser og friksjonsforhold

Øvre grensebetingelse er flomvannføring i Kleivrudbekken, Otta og Lågen. For Kleivrudbekken på delstrekning 1 (Søre Kleivrud) benyttes stasjonær kulminasjonsverdi fra Tabell 1. Nedre grensebetingelse er satt til normalhelning. Strømningen er overkritisk forbi Søre Kleivrud, slik at vannstand nedstrøms ikke påvirker flomforholdene ved tunet på Søre Kleivrud. Overgang fra over- til underkritisk strømning inntreffer der jordet flater ut mot Selsvegen, og strømningen bremses opp.

For Kleivrudbekken på delstrekning 2 (fra Selsvegen til utløp) benyttes flomforløp fra Figur 5 for tiden fra 12 timer før til 12 timer etter kulminasjon. For Lågen benyttes stasjonær verdi for kulminasjonsflom, med tilhørende vannføring i Otta (se avsnitt 2.2). Nedre grensebetingelse er satt til normalhelning i Lågen ved Solgjemsøyene nedstrøms samløpet. Dette er en forenkling for å begrense størrelsen på modellen. Arbeid

med Norconsults rapport RIH-RAPP-002 Flomsikring av Otta sentrum – Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum [6] har vist at vannstand i hovedelvene er påvirket av vannstanden helt ned til Eide bru (Sjoa jernbanebru), men for flomsonekartlegging av Kleivrudbekken behandles hovedelvene forenklet.

Friksjonsforhold (overflateruhet) beskrives vha. Manningstall i modellen. Ruheten har betydning for beregnet vannstand og hastighet. Høyere Mannings n gir høyere vannstand og lavere hastighet. Lavere n-verdier gir motsatt effekt. Mannings n er lagt inn for ulike arealklasser fra FKB-data, med verdier som vist i Tabell 3. Bygninger er representert med Mannings n 10 slik at de ikke er gjennomstrømbare, med unntak av bebyggelsen på Søre Kleivrud i modell for delstrekning 1, hvor byggene er lagt inn direkte i terrengmodellen.

Mannings n er satt til 0,05 i Kleivrudbekken ned til Selsvegen. For øvrig ferskvann er n satt lik 0,03. For flomsonekartlegging av Kleivrudbekken er ikke hovedelvene i fokus, og det er derfor valgt en forenklet tilnærming her, til forskjell fra RIH-RAPP-002 Flomsikring av Otta sentrum – Utredning av flomfare fra Gudbrandsdalslågen og Otta ved Otta sentrum [6], hvor det ble differensiert på friksjonstall i ulike deler av Lågen og Otta.

Tabell 3 viser Mannings n for ulike arealklasser benyttet i hydraulisk 2D-modell for flomsonekartlegging av flom fra Kleivrudbekken.

*Tabell 3 Mannings n for ulike arealklasser benyttet i hydraulisk 2D-modell.*

| Arealklasse | Mannings n ($s/m^{1/3}$) |
|---|---|
| Samferdsel | 0.02 |
| Bygning | 10 |
| Åpen fastmark | 0.025 |
| Fulldyrka jord | 0.06 |
| Bebygd areal | 0.016 |
| Skog | 0.08 |
| Innmarksbeite | 0.06 |
| Myr | 0.06 |
| Overflatedyrka jord | 0.06 |
| Kleivrudbekken ned til Selsvegen | 0.05 |
| Ferskvann | 0.03 |

## 3.3 Kulverter i modellen

Kleivrudbekken går i delvis lukket løsning fra Selsvegen til utløp i Lågen. Bekken krysser i rør under Selsvegen på tre punkter, under jernbanen i kulvert og under Sagtomta i rør. I det videre er infrastrukturen beskrevet.

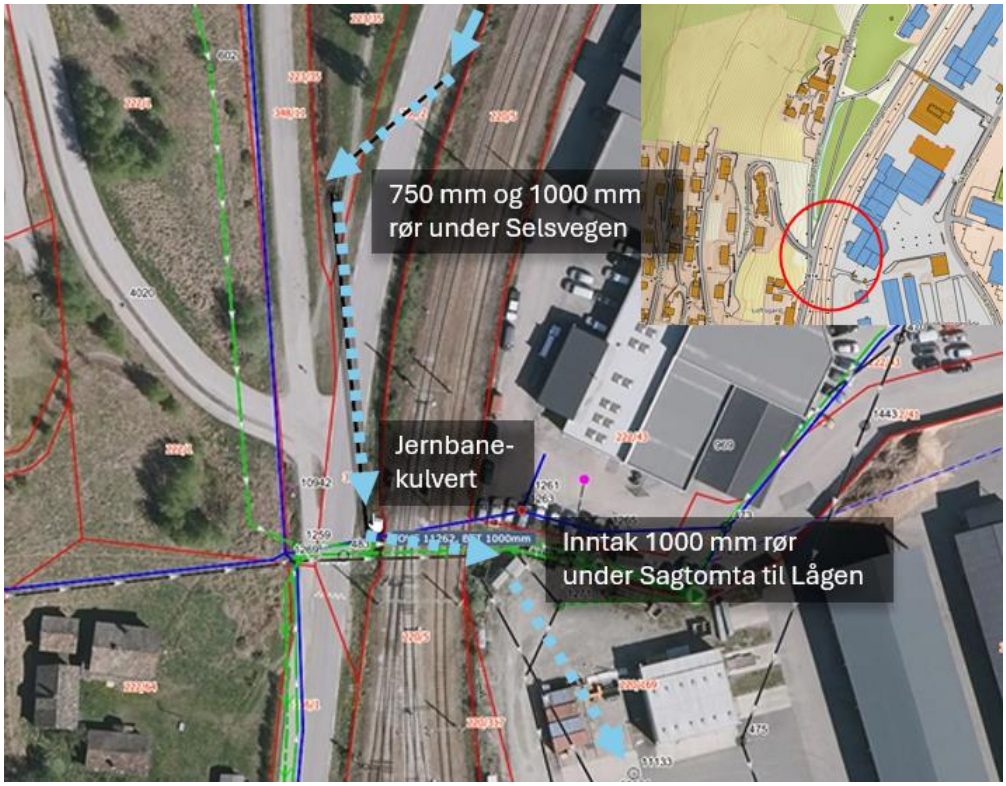
### *3.3.1 Kulverter under Selsvegen*

Fra jordet nedenfor Søre Kleivrud renner bekken i åpen grøft på vestsiden av Selsvegen, deretter i rør under Selsvegen og videre i åpen grøft mellom Selsvegen og jernbanen (Figur 14).




*Figur 14 Kryssing i rør under Selsvegen nært Søre Kleivrud, videre sørover i åpen grøft mellom Selsvegen og jernbanen.*

Nært avkjørsel fra Selsvegen til Loftsgard krysser bekken først over til vestsiden av Selsvegen, og like etter tilbake til østsiden. Under jernbanen går bekken gjennom en rektangulær kulvert. Ved utløpet av jernbanekulverten ligger et nytt inntak med vingemur. Figur 15-Figur 18 viser traseen og rørene i dette området.




*Figur 15 Lukket løsning med to kryssinger under Selsvegen, rektangulær kulvert under jernbanen, og videre 1000 mm kulvert under Sagtomta til utløp i Lågen.*




*Figur 16 Rør under Selsvegen. Utløp av 750 mm-kulvert og innløp til 1000 mm-kulvert. Foto: Norconsult.*



*Figur 17 Kleivrudbekken renner gjennom rektangulær kulvert under jernbanen. Bilde tatt fra nedstrøms ende. Foto: Norconsult.*



*Figur 18 Utløp av jernbanekulvert, og inntak av 1000 mm-kulvert som går under Sagtomta til utløp i Lågen. Foto: Norconsult.*

### *3.3.2 Kulvert under Sagtomta*

Fra inntaket nedstrøms jernbanekulverten går et 1000 mm-rør helt til utløpet i Lågen ved Holum Sport, oppstrøms Lågen kjørebru (Figur 19). Røret går under Sagtomta. I forbindelse med tiltak på Sagtomta er deler av 1000 mm-røret erstattet med et nytt. Sel kommune opplyser 06.11.2024 at anlegget ikke er helt ferdigstilt, slik at innmålinger av nytt rør ikke er tilgjengelig ennå. Situasjonsplan fra VA Prosjektering AS viser at ny ledning vil være trukket litt lenger inn mot midten av Sagtomta, sammenliknet med dagens trasé. En overvannsledning fra Liavegen ved høydebassenget skal kobles inn på ny 1000 mm-ledning under Sagtomta høsten 2024, men det er per 06.11.24 ikke utført ennå. Overvann fra Liavegen inngår ikke i vannlinjemodellen, ettersom overvann fra andre nedbørfelt enn Kleivrudbekken ikke er omfattet av denne utredningen.

Ca. 40 m oppstrøms utløpet i Lågen er det en forgreining, der 1000 mm-røret splittes i to separate rør. Sel kommune oppgir at ved utløpet i Lågen har rørene tilbakeslagsklaffer.



*Figur 19 Utløp av Kleivrudbekken i Lågen ved Holum Sport. Foto: Norconsult.*

### *3.3.3 Modellering av kulverter*

Til vannlinjeberegning har Norconsult modellert rørene. Det er kun rørene som er tilknyttet Kleivrudbekken som er modellert i Hec-Ras – ikke det komplette overvannssystemet på Otta. Kummene på Sagtomta er ikke modellert. Hec-Ras støtter ikke modellering av tilbakeslagsklaffer. I flomsonekartleggingen står 1000 mm-røret åpent ut i Lågen, med mulighet for tilbakestrømning. Forgreiningen der 1000 mm-røret splittes i to ved utløpet er heller ikke modellert, på grunn av begrensninger i Hec-Ras. Strekningen med to rør er imidlertid kort (ca. 40 m) sett i forhold til den ca. 500 m lange strekningen med ett rør under Sagtomta oppstrøms forgreiningen. Forenklingen antas dermed ikke å ha noen praktisk betydning for resultatene av flomsonekartleggingen.

En oversikt over rørene i modellen er vist i Tabell 4. Dimensjoner og høyder er oppgitt i mottatt digitalt grunnlag for noen av rørene. For øvrige rør er bunn rør lagt i samsvar med terrengmodellen på stedet. I tillegg har Norconsult Otta v/ Frode Randen målt inn lysåpning og lengde for kulverten under jernbanen, og

Rondane Oppmåling målte inn høydenivå (NN2000) i jernbanekulverten som en del av sitt oppdrag i august 2023.

*Tabell 4 Informasjon om Kleivrudbekkens kulverter.*

| Strekning | Diameter (m) | Lengde (m) | Innløp (moh) | Utløp (moh) | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|
| Selsvegen kryssing 1, vest-øst | 0.6+0.5 | 25.72+17.42 | 286.08 | 286.05 | Innløpshøyde oppgitt i dwg, utløpshøyde estimert fra terreng |
| Selsvegen kryssing 2, øst-vest | 0.75 | 24.50 | 285.21 | 285.05 | Høyder oppgitt i dwg |
| Selsvegen kryssing 3, vest-øst | 1.0 | 60.87 | 285.15 | 285.15 | Høyder ikke oppgitt i dwg, estimert fra terreng |
| Jernbanekulvert | 4.7 x 1.2 (B x H) | 14.8 | 284.94 | 284.94 | U.k. bru 286,14 innmålt av Rondane Oppmåling. Kulvert har nesten ikke fall, utløpshøyde satt lik nivå på innløp. Målinger bekrefter at det er 40-50 cm fall fra utløp jernbanekulvert til innløpet av lang kulvert under Sagtomta (se Figur 18). |
| Lang kulvert under Sagtomta, til Lågen | 1 | 543.17 | 284.4 | 283.19 | Høyder oppgitt i dwg |

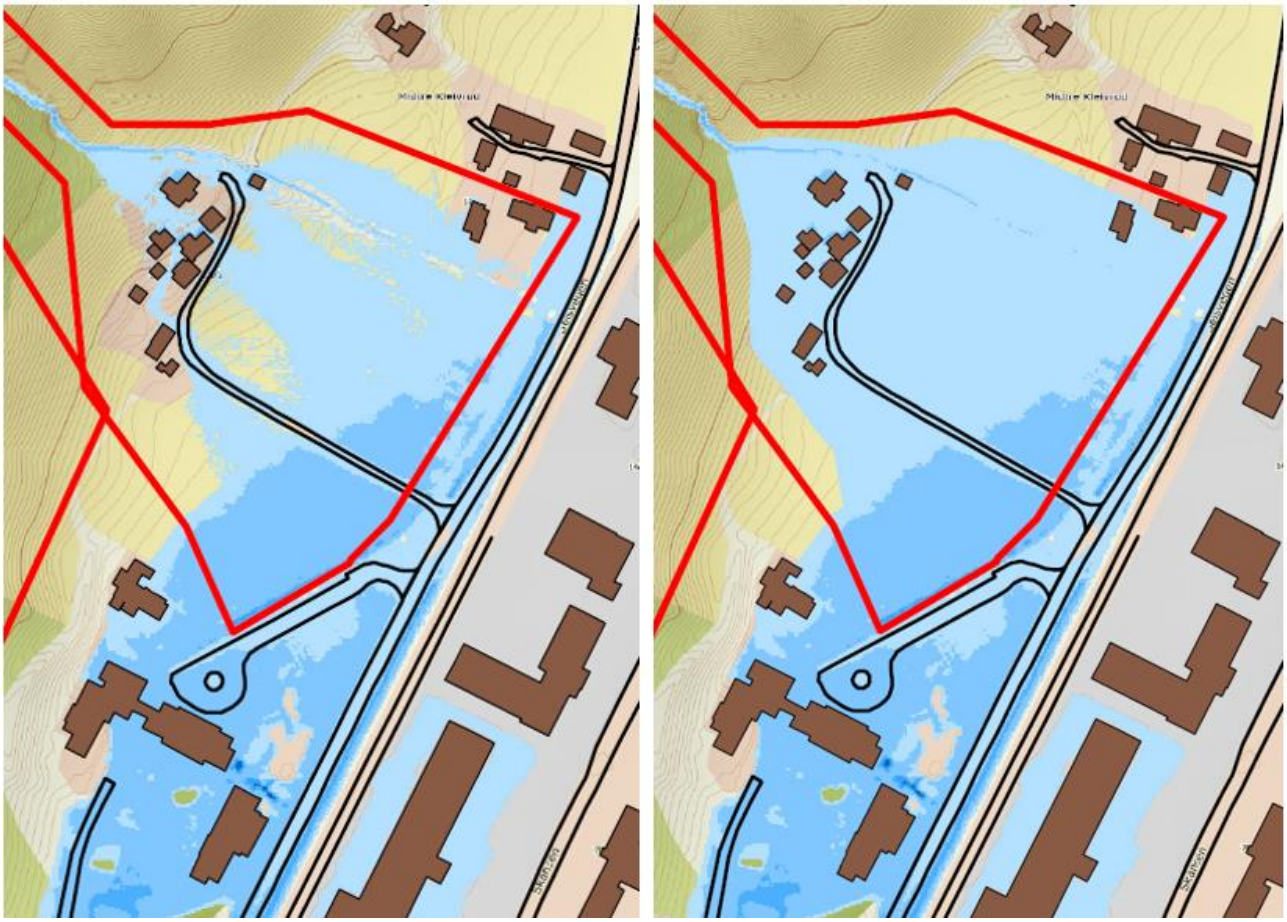
I vannlinjeberegning for Kleivrudbekken modelleres Lågen og Otta forenklet. Bruene i hovedelvene er derfor ikke lagt inn i modellen.

# 4 Resultater

## 4.1 Resultater for 20-, 200- og 1000-årsflom fra Kleivrudbekken inkl. klimapåslag

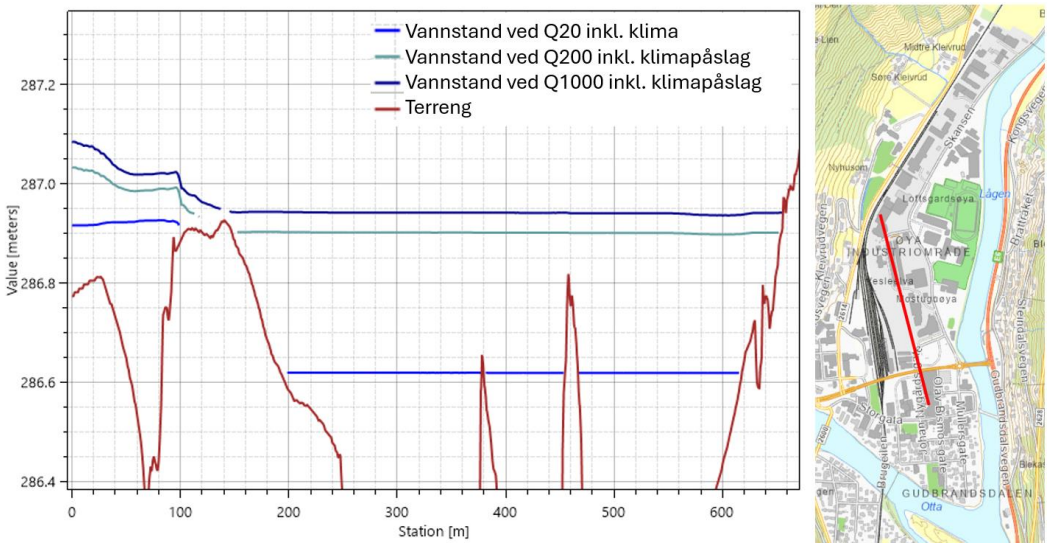
Beregnede flomsoner ved flom i Kleivrudbekken er vist på kart i Vedlegg 1. I beregning av flomsonene er det lagt til grunn at hovedelvene har vannføring inntil kulminasjonsvannføring ved 10-årsflom inkl. 20 % klimapåslag. Flomutbredelse ved 20-, 200- og 1000-årsflom i Otta og Lågen vil derfor gi vesentlig større flomsone i Otta sentrum enn det som fremkommer av de vedlagte kartene med flomsone fra Kleivrudbekken i Otta sentrum. Senere vil det utarbeides samlede faresonekart, som kombinerer flomvannstand fra Kleivrudbekken og Otta/Lågen.

I flomsonekartene er det i tillegg lagt inn en skjønnsmessig flomfaresone rundt Søre Kleivrud, slik at kartene viser noe større flomutbredelse enn resultatene direkte fra vannlinjemodellen. Ved store flomhendelser vil det være risiko for at vannet graver nye veier. Norconsult vurderer at området innenfor den skjønnsmessige sonen kan være utsatt ved stor flom, selv om vannlinjemodellen viser tørre områder i deler av sonen. Flom og flomskred i 2011 viste at det er erosjonen som styrer vannet ved store flommer. Den skjønnsmessige sonen må derfor betraktes som en ytre avgrensning, som gjelder for alle gjentaksintervall. Forskjellen uten og med skjønnsmessig flomfaresone er vist i Figur 20 for 1,4x$Q_{1000}$.



*Figur 20 Venstre: Flomsone beregnet med den hydrauliske modellen, med tilstopping av bekkeløp. Høyre: Det er i tillegg vurdert å være flomfare i et større område ved Søre Kleivrud. Den skjønnsmessige sonen er lagt til grunn for flomsonekart i Vedlegg 1.*

Iht. NVE-veileder 3-2022 [1] er det anbefalt å presentere kotelinjer for vannstand på flomsonekartet. I flomsonekart for Kleivrudbekken er det valgt å utelate kotelinjene fordi vannstanden er nesten horisontal gjennom hele Otta sentrum. Som vist i Figur 21 er det liten variasjon i vannlinja på en lang strekning gjennom sentrum. Lengdesnittet er vist langs rød linje i kartet, gjennom Sagtomta.




*Figur 21 Vannlinjer fra flomsonekartlegging av Kleivrudbekken. Vannlinjene er tatt ut i et lengdesnitt som følger rød linje på kartet til høyre.*

I det videre følger en kortfattet beskrivelse av konsekvensene ved flom i Kleivrudbekken ved ulike gjentaksintervall.

### *4.1.1 Delstrekning 1 –Søre Kleivrud*

Ved alle gjentaksintervall rammes de fleste bygninger på Søre Kleivrud. Det er relativt liten forskjell i flomsonen. Med tilstopping i nedre del av bekken, rammes i tillegg bygg nærmest bekken på Midtre Kleivrud.

### *4.1.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen*

**20-års flom inkl. 40 % klimapåslag ($1,4xQ_{20}$)**

Kleivrudbekken oversvømmer området ved Nyhusom og Selsvegen. Kulverten under Sagtomta (det store industriarealet mellom jernbanen og Skansen 2A-F) har ikke tilstrekkelig kapasitet. Ved innløpet har terrenget et lavbrekk på nordsiden/mot Sagtomta, slik at vannet først strømmer ut her. Vannet brer seg utover deler av Sagtomta og jernbanesporene nært Otta stasjon. Veien Skansen står delvis under vann, men her er vanndybden moderat (ca. 0,15 m). Noe vann renner over Skansen og ut på plassen rundt Otta ungdomsskole. Mesteparten av vannet fra Sagtomta strømmer over parkeringsplassen ved Sagtunet (bygget med adresse Skansen 2A-E), over Rv. 15 og ut igjen i Lågen gjennom lavbrekket på sørsiden av Lågen kjørebru ved Circle K.

**200-års flom inkl. 40 % klimapåslag ($1,4xQ_{200}$)**

Ved 200-årsflom med 40% klimapåslag berøres i tillegg området ved Otta ungdomsskole og Ottahallen, samt fotballbanen nord for Ottahallen. Ellers oversvømmes samme arealer som ved $1,4xQ_{20}$, men vanndybden er større.

**1000-års flom inkl. 40 % klimapåslag (1,4x$Q_{1000}$)**

Det er ingen vesentlig endring i oversvømt areal, sammenliknet med 1,4x$Q_{200}$. Vannstanden er jevnt over ca. 5 cm høyere, med noen mindre, lokale variasjoner.

## 4.2 Kulvertkapasitet

Kulvertene i Kleivrudbekken har ikke nok kapasitet til å føre flomvannføringen ut til Lågen. Ved 20-, 200- og 1000-årsflom inkl. klimapåslag (4,9-10,2 $m^3/s$) går det maksimalt 0,1-0,4 $m^3/s$ gjennom den lange kulverten som ender i Lågen. Ved flom er vannstanden i Lågen høy. Forskjellen i vannstand fra inn- til utløp blir liten. Det fører til at kulvertene ikke har kapasitet til å transportere flomvannføringen fra Kleivrudbekken ut i Lågen. I flomsonekartlegging for Kleivrudbekken (med stor flom i Kleivrudbekken og mindre flom i Lågen) forutsetter vi at klaffene står åpne. I situasjoner med høy vannstand i Lågen uten at det er høy vannføring i Kleivrudbekken, kan det imidlertid være risiko for tilbakeslag, dersom ikke utløpet av den lange kulverten under Sagtomta er stengt.

## 4.3 Begynnende skadeflom

Allerede ved 5-årsflom berøres bygninger i Nyhusom og Otta sentrum, selv om vanndybden er liten. Gjentaksintervall for begynnende skadeflom fra Kleivrudbekken settes derfor til 5 år. Det virker rimelig i lys av at det har vært oversvømmelser i området flere ganger det siste tiåret. I 2011 ble Søre Kleivrud rammet av flomskred. Foto på www.norgeibilder.no viser at det var fuktig inn mot bebyggelse i Nyhusom også i 2013 og 2018 (Figur 22), og under ekstremværet Hans i august 2023 var store deler av Nyhusom oversvømt.



*Figur 22 Nyhusom, flyfoto fra www.norgeibilder.no, prosjekt "Flom Gudbrandsdalen 2018".*

## 4.4 Sammenlikning med kjente flomhendelser

### *4.4.1 Delstrekning 1 – sammenlikning med berørt område ved flomskred som traff Søre Kleivrud i juni 2011*

I juni 2011 ble et bolighus på Søre Kleivrud truffet av flomskred. Fra foto i Figur 24 ser man at bekkeløpet og terrenget ned til bakveggen av huset ble gjenfylt med skredmasser, og flyfoto i Figur 23 viser hvordan skredmassene fra flomskredet har fordelt seg på begge sider av huset. Spor fra vann gjennom tunet kan også sees på flyfotoet.

Til sammenlikning viser Figur 25 flomutbredelsen ved 1000-årsflom inkl. 40% klimapåslag, forutsatt tilstopping i bekken oppstrøms huset. Ved mindre flommer er utbredelsen kun marginalt mindre. I hovedtrekk følger vannet de samme flomveiene mellom bygningene som det man kan se fra flyfoto.

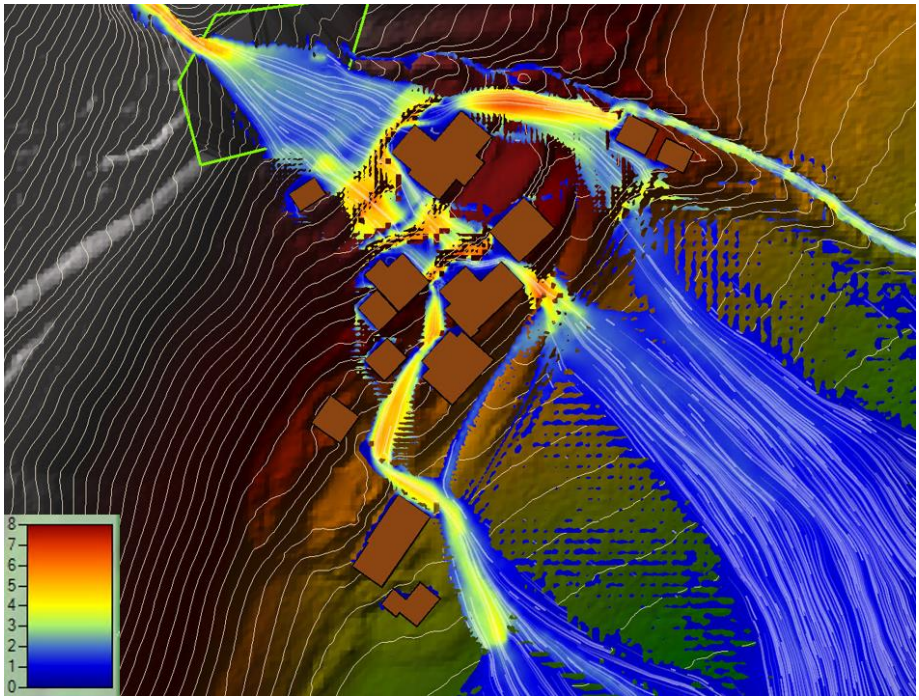
Samtidig illustrerer simuleringen at Hec-Ras ikke kan fange opp alle effekter gjennom et flom- og skredforløp. I modellen renner vannet over gårdsveien og ned på jordet. Under ekstremværet i 2011 gravde vannet seg ned i terrenget og fant nytt løp langs gårdsveien (Figur 10).



*Figur 23 Flomskred ved Søre Kleivrud i 2011. Foto: Øyvind Høydal.*



*Figur 24 Flyfoto etter flomskred ved Søre Kleivrud i 2011. Foto fra www.norgeibilder.no, scanning Gudbrandsdal flom 2011.*



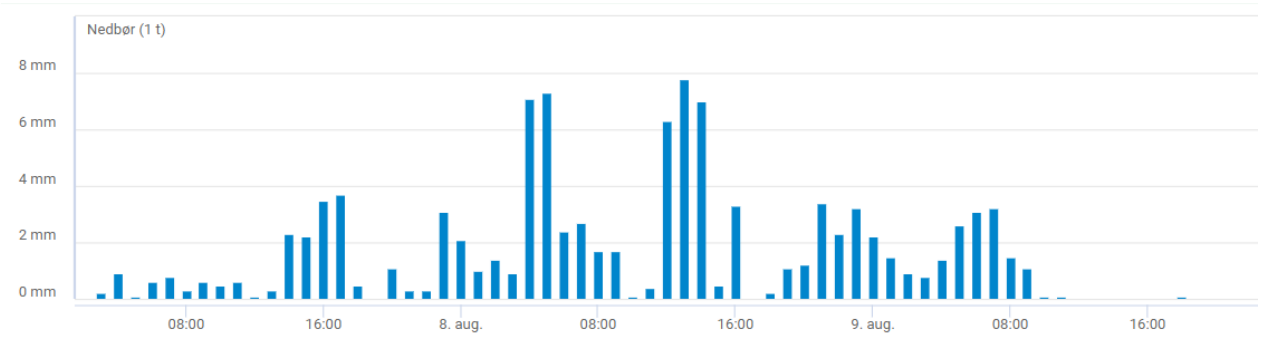

*Figur 25 Beregnet vannhastighet ved Søre Kleivrud ved 1,4x$Q_{1000}$ med tilstopping av bekken oppstrøms tunet (innenfor grønt polygon).*

### *4.4.2 Delstrekning 2 – sammenlikning med flomsone i Otta sentrum under ekstremværet Hans 2023*

Det foreligger ingen målinger av vannføring i Kleivrudbekken. Vannføring under ekstremværet Hans i august 2023 er derfor ikke kjent. Fra timesnedbør registrert ved måler Otta-Skansen, er høyeste 24-timers sum 65,7 mm under Hans. Det tilsvarer omtrent nedbør med 20 års gjentaksintervall på 65 mm/24 t fra nyeste IVF-kurve for Lillehammer, slik det ble gjort i flomberegning for Kleivrudbekken (se RIH-RAPP-003 [3]]).

Norconsults kontor på Otta har dokumentert oversvømmelsen under Hans i form av bilder. Otta sentrum er flatt, og høy vannstand i elvene og høyt grunnvann var også årsak til oversvømmelser i Otta sentrum under Hans. Det er vanskelig å skille på om det var Kleivrudbekken eller andre forhold som er årsaken til høy vannstand for de enkelte punktene hvor bildene er tatt. Det er likevel gjort en sammenlikning med resultatene for $Q_{20}$ (uten klimapåslag) i Kleivrudbekken.

Alle foto i dette delkapitlet er tatt 9. august 2023 av Norconsult, om ikke annet er oppgitt. Fotoene er vist sammen med beregnet flomsone/maksimal dybde ved 20-årsflom. Det presiseres at kartutsnittene viser maksimal flomutbredelse. Kulminasjonen i Kleivrudbekken er kortvarig. Ut fra observert nedbørforløp under Hans i Figur 26, kulminerte antakeligvis vannføringen i Kleivrudbekken i løpet av døgnet 8. august. Dermed er sannsynligvis bildene tatt på et tidspunkt etter kulminasjon i Kleivrudbekken, slik at vannstanden kan ha gått noe ned. Det vil derfor være rimelig at bildene viser litt mindre flomutbredelse enn beregnet maksverdi fra vannlinjemodellen.




*Figur 26 Målt timesnedbør på målestasjon Otta-Skansen, 7.-10. august 2023. Hentet fra www.seklima.met.no.*

**Ved kryss mellom gårdsvei til Søre Kleivrud og Selsvegen**

Både bilder og beregninger viser at vann renner over nederste del av gårdsveien til Søre Kleivrud (Figur 27). Det står vann på jordene ovenfor Selsvegen, på begge sider av gårdsveien (Figur 28).




*Figur 27 Vann renner over nederste del av gårdsveien til Søre Kleivrud. Foto nedover gårdsveien, mot Selsvegen. Bildet er tatt omtrent ved rødt punkt i kartet.*



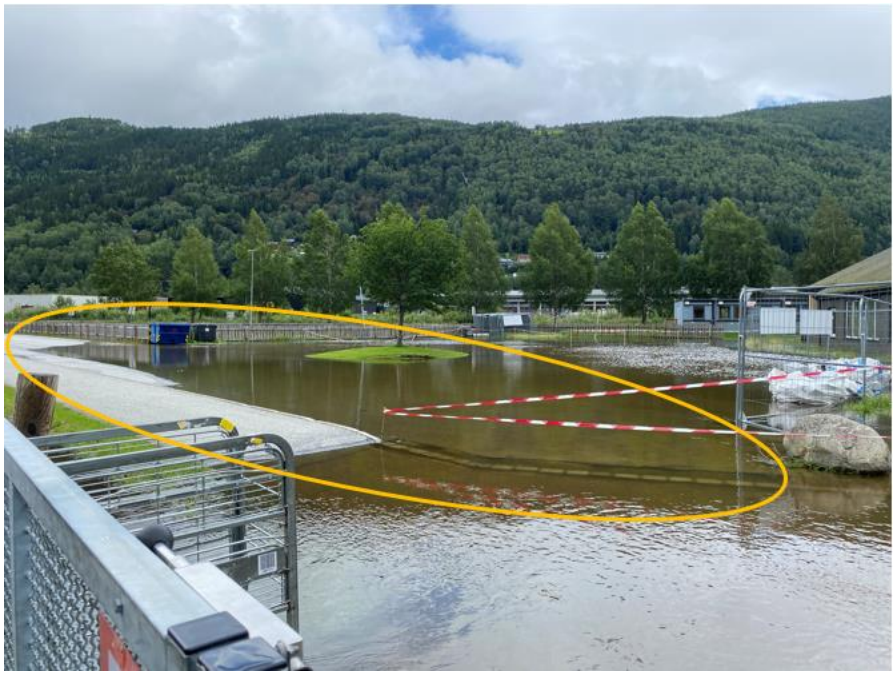
*Figur 28 Vann på jordet nord (venstre bilde) og sør (høyre bilde) for gårdsveien til Søre Kleivrud.*

## Nyhusom

Under Hans var plassen foran Nyhusom barnehage oversvømt, bortsett fra et lite område nærmest bygningen. Beregningen viser at det er tørt i samme område. Veien inn mot snuplass/rundkjøring er delvis oversvømt. Forhøyningen med treet i midten står så vidt over flomsonen, både i beregning og bilder.



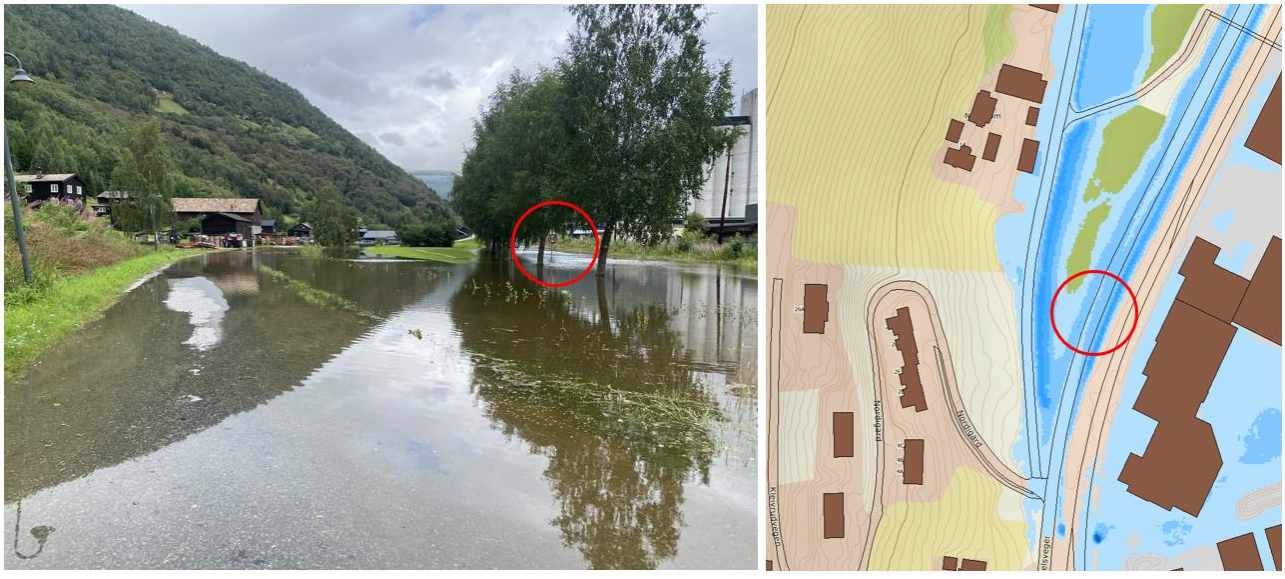

*Figur 29 Oversvømmelse på plassen foran Smurfen barnehage i Nyhusom. Barnehagebygget ligger innenfor røde ringer i foto og kart. Rundkjøring i oransje ring er vist på foto i Figur 30.*



*Figur 30 Oversvømmelse på snuplass ved Smurfen barnehage i Nyhusom. Vei og forhøyning i rundkjøring er delvis utenfor flomsonen. Rundkjøring i oransje ring er vist på flomsonekart i Figur 29.*

## Selsvegen sør for Nyhusom

Selsvegen var oversvømt på en strekning sør for Nyhusom, ved veikryss Selsvegen/Sygardsvegen (Figur 31). Foto fra Google Street View viser at skiltstolpen står på nivå med veikanten (ikke ned mot grøfta). Foto viser at det stod ca. 0,35 m vann ved stolpen til 60-skiltet på Selsvegen (Figur 32). Modellen gir ca. 0,5 m vanndybde over Selsvegen i samme område.



*Figur 31 Oversvømmelse ved krysset Selsvegen/Sygardsvegen. 60-skiltet er ringet inn.*




*Figur 32 Ca. 0,35 m vanndybde ved 60-skiltet. Høyre bilde er hentet fra Google Street View, og viser at stolpen står omtrent på samme nivå som veien.*

**Sagtomta**

Bildet i Figur 33 er tatt på baksiden av Sagtunet, og viser oversvømmelse på Sagtomta. Norconsult målte vanndybden til ca. 0,2 m der bildet er tatt. Beregningene viser maksimal vanndybde på opptil 0,4-0,5 m i samme område.

Bildet viser anleggsmaskiner som så vidt står på tørt land midt på Sagtomta. Vannlinjeberegningen tyder også på at deler av tomta ikke oversvømmes ved 20-årsflom.




*Figur 33 Foto av Sagtomta, tatt ved hjørnet av søppelskur bak Sagtunet. Se markering av fotoretning øverst til venstre.*

## Skansen langs Sagtomta

Langs Sagtomta stod vannet opp til Skansen. Ved nordenden av Sagtomta ble veien så vidt berørt. Bildene i Figur 34-Figur 36 samsvarer godt med beregnet flomsone, hvor maksimal dybde er beregnet til 5-10 cm der veien er oversvømt.



*Figur 34 Skansen ved nordenden av Sagtomta. Noe oversvømmelse av Skansen nært trelastlageret.*



*Figur 35 Oversvømmelse på Sagtomta langs Skansen, sett sørover.*



*Figur 36 Oversvømmelse på Sagtomta langs Skansen, sett nordover.*

# 5 Kvalitet og usikkerheter

## 5.1 Vurdering av kvalitet og usikkerhet

**Usikkerhet på kart og terrenggrunnlag**

Terrengdata kartlagt med luftbåren laser har de senere år gitt tilgang på betydelig bedre terrengdata for Norge enn det som var tilfellet for bare 10 år siden. Det er positivt at det foreligger oppdaterte terrengdata fra høsten 2023 for Otta sentrum. Laserkartlagte data har likevel også sine begrensninger, blant annet kan ikke tradisjonell rød laser kartlegge terreng under vannflaten, og vegetasjon og løvverk vil redusere antallet registrerte punkt på reell terrengoverflate.

For Kleivrudbekken er ikke manglende terrengpunkt under vannflaten et stort problem, siden det finnes innmålinger av bunnen der traseen normalt har vannspeil. Det er i tillegg lite vegetasjon langs bekkeløpet/grøfta der bekken renner åpent langs Selsvegen. Det er gjort enkelte manuelle korreksjoner i terrengmodellen for at modellen skal samsvare bedre med innmålinger og gi en mest mulig realistisk vurdering av oversvømt areal. Å benytte terrengmodellen direkte uten å korrigere for innmålinger ville vært for konservativt med hensyn på beregnet flomvannstand.

Terrengendringer etter scanningstidspunktet er ikke hensyntatt, utover at flomsonen er beregnet for to scenarier med tilstopping i Kleivrudbekken nært Søre Kleivrud. På delstrekning 1 er det sannsynlig med massetransport under en flomhendelse. Større terrengendringer som følge av flomskred kan heller ikke utelukkes. Kartlagte faresoner for flomskred er vist i Vedlegg 2.

På flata fra Selsvegen til utløpet er maksimal vannhastighet i all hovedsak under 0,5 $m^3/s$. Vannhastigheten her tilsier at det ikke er fare for erosjon, men med lav vannhastighet kan løsmasser legge seg i grøftene. Det antas imidlertid at beregningen er lite sensitiv for grøftedybder.

**Beregningskvalitet**

Ved stor flom i Kleivrudbekken vil det i tillegg renne vann ned den bratte dalsida utenfor løpet til Kleivrudbekken. Oversvømmelse som følge av avrenning ned dalsiden bak Nyhusom, er ikke omfattet av flomvurderingen. Det er heller ikke vurdert om overvannssystemet fra Loftsgard går fullt under en flomhendelse, slik at vann herfra kan renne på overflaten ned mot jernbanekulverten. Figur 38 viser dreneringslinjene i lia ned mot Otta sentrum, sør for Kleivrudbekken. Dreneringslinjene er beregnet med web-applikasjonen Scalgo LIVE. En liten økning i vannføring som følge av tilførsel fra Nyhusom/Loftsgard forventes imidlertid ikke å ha noen betydning for total flomsone.

## 5.2 Sikkerhetspåslag

Iht. NVE-veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom [1] skal det legges på en ekstra høyde på de beregnede vannstandene ved praktisk bruk av resultatene, for eksempel i forbindelse med arealplansaker og byggesaker. For å fastsette sikkerhetspåslaget, må grunnlaget for den hydrauliske modellen klassifiseres i klasse A-E (best-dårligst), og grunnlaget for flomberegningen i klasse 1-5 (best-dårligst). Sikkerhetspåslaget legges til som et prosentpåslag på dimensjonerende vannføring. Størrelsen på sikkerhetspåslaget reflekterer usikkerhetene i de hydrologiske og hydrauliske beregningene – se Figur 37.

Prosentvis påslag på vannføringen

| Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1 | Klasse 1 | Klasse 2 | Klasse 3 | Klasse 4 og 5 |
|---|---|---|---|---|
| **Klasse E** | 40 % | 45 % | 50 % | 60 % |
| **Klasse D** | 20 % | 30 % | 40 % | 50 % |
| **Klasse C** | 15 % | 20 % | 30 % | 40 % |
| **Klasse B** | 10 % | 15 % | 20 % | 30 % |
| **Klasse A** | 5 % | 10 % | 15 % | 25 % |

**Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2**

*Figur 37 Grunnlag for å beregne et sikkerhetspåslag som inkluderes som et prosentvis påslag på vannføringen. Figur hentet fra NVE-veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom [1].*

### 5.2.1 Delstrekning 1 – Søre Kleivrud

For delstrekning 1 er det utført en vurdering av sikkerhetspåslag iht. NVE-veileder 03-2022 Sikkerhet mot flom [1].

Norconsult vurderer at den hydrauliske modellen kan klassifiseres i klasse D. Modellen er ikke kalibrert, men den er tilpasset mot foto fra en flomhendelse. Det hydrologiske grunnlaget for flomberegningen vurderes å være i klasse 4 eller 5 ettersom det er begrenset hydrologisk datagrunnlag i området, spesielt for så små felt. Matrisen i Figur 37 gir da et sikkerhetspåslag på 50% for delstrekning 1. Simulering med 1,5x1,4x$Q_{1000}$ gir kun 0,1-0,15 m høyere vannstand i bekken enn 1,4x$Q_{1000}$. Sikkerhetspåslaget for delstrekning 1 settes derfor til 0,15 m.

### 5.2.2 Delstrekning 2 – Fra nedstrøms Søre Kleivrud til utløp i Lågen

Kulvertsystemet går fullt allerede ved små flommer, slik at mesteparten av vannføringen renner over terrenget. Oversvømt område er stort og flatt. Derfor er vannstanden ved 1000-årsflom kun noen få centimeter høyere enn ved 200-årsflom, selv om vannføring i Kleivrudbekken øker med 25% fra 200- til 1000-årsflom. Det er ikke utført beregning av sikkerhetspåslag for delstrekning 2, ettersom flom fra hovedelvene gir høyere flomvannstand i Otta sentrum enn flom fra Kleivrudbekken. Flomsonen fra hovedelvene med tilhørende sikkerhetspåslag vil derfor være dimensjonerende i dette området.

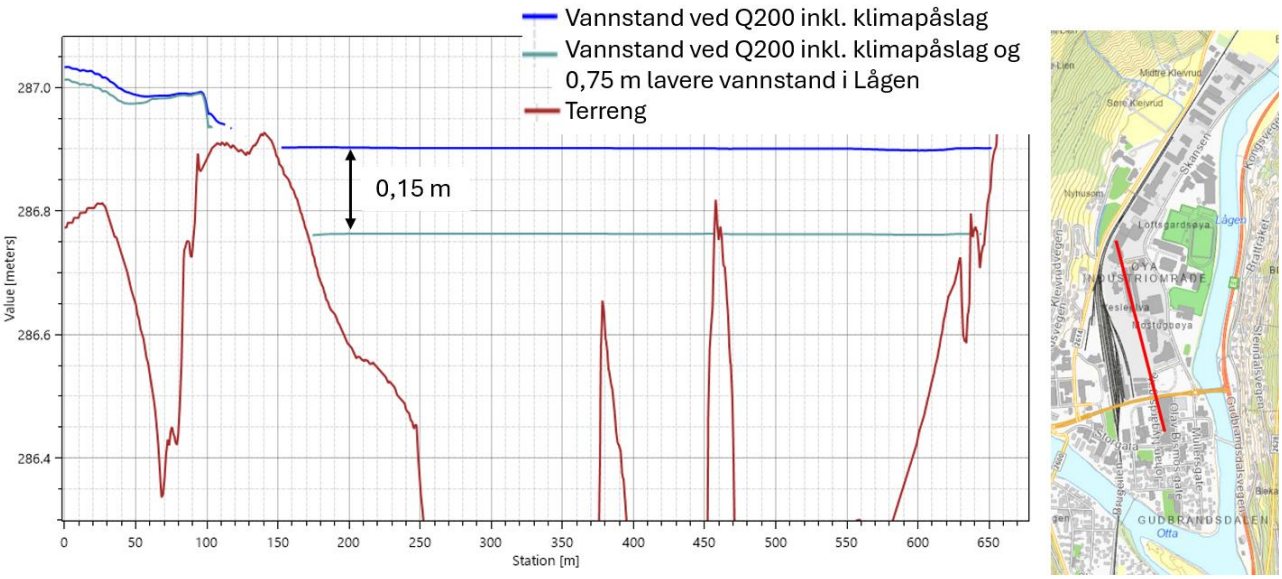



*Figur 38 Dreneringslinjer i lia fra Søre Kleivrud mot Loftsgard. Figur fra Scalgo LIVE.*

## 5.3 Sensitivitet for vannstand i Lågen

Vannstand i Lågen påvirker kapasiteten i den lange kulverten under Sagtomta. For å undersøke sensitiviteten, er det kjørt en simulering for $Q_{200}$ med klimapåslag, men med lavere vannføring og vannstand i Lågen. 0,75 m lavere vannstand i Lågen ved utløpet av kulverten gir 0,15 m lavere vannstand i flomsonen fra Kleivrudbekken gjennom Otta sentrum, se Figur 39.

Det er vanskelig å fastsette én verdi for vannstand i Lågen ved flom i Kleivrudbekken. Antakelig kan 200-årsflom i Kleivrudbekken opptre ved ulike vannstander i Lågen, avhengig av om flommen i Kleivrudbekken skyldes intens nedbør konsentrert over feltet til Kleivrudbekken, eller om det er kraftig nedbør i et større område slik at hovedelvene også har flom.




*Figur 39 Vannlinjer fra sensitivitetsanalyse av hvordan vannstand i Lågen påvirker flomsonen fra Kleivrudbekken gjennom Otta sentrum. 0,75 m lavere vannstand i Lågen ved Kleivrudbekkens utløp gir 0,15 m lavere vannstand i flomsonen. Vannlinjene er tatt ut i et lengdesnitt som følger rød linje på kartet til høyre.*

## 5.4 Sensitivitet for volum og lengde av flomforløp

For å kontrollere om lengden og totalvolumet av flomforløpet har noen betydning for delstrekning 2, er det kjørt en simulering med hele det fem døgn lange flomforløpet fra Figur 5.

Med et langt forløp, er det ikke realistisk at vannføringen i Lågen og Otta tilsvarer samme verdi som i simuleringene med 24 timers forløp. Til sensitivitetsanalysen på forløp, er vannføring i hovedelvene satt til 70% av verdien fra simuleringene med 24 timers forløp. 70% er valgt for å få en viss reduksjon, uten at det er gjort noen detaljert vurdering eller forsøkt ulike kombinasjoner av vannføring i hovedelvene.

Ved 200-årsflom inkl. klimapåslag gir simuleringen med fem døgns flomforløp ca. 0,1 m lavere vannstand i flomsonen i Otta sentrum, sammenliknet med 24 timers forløp. At vannstanden blir lavere, skyldes at resultatene er mer sensitive for lavere elvevannstand enn for lengden på flomforløpet.

# 6 Konklusjon

Flom i Kleivrudbekken fører til oversvømmelse av store arealer i Otta sentrum. I tillegg vil det være fare for flomskred ned mot Søre Kleivrud. En detaljert flomberegning med tilhørende hydraulisk analyse viser at bekken fører til oversvømmelser ved bebyggelse og infrastruktur på Søre Kleivrud, Nyhusom, Sagtomta, til dels Øya og sentrum nord for Storgata.

Flomskredet i 2011 ved Søre Kleivrud viste med tydelighet at massetransport/erosjon kan føre til tilstopping av bekkeløpet. I flomsonekartleggingen er tilstoppingsfaren tatt høyde for ved å legge inn blokkering på to punkter i terrengmodellen. En samlet flomsone fra simulering uten tilstopping og simulering med blokkering opp- og nedstrøms Søre Kleivrud, danner grunnlaget for vedlagte flomsonekart.

Problemene i nedre del av vassdraget skyldes at dagens kulverter ikke har tilstrekkelig kapasitet.

Vannlinjemodellen er ikke kalibrert, men det er utført en rimelighetsvurdering opp mot visuelle observasjoner fra flomskred ved Søre Kleivrud i 2011 og flomhendelsen Hans i august 2023. Beregnet flomvannstand på flata fra Selsvegen til utløpet er lite sensitiv for mindre endring i flomvannføring i Kleivrudbekken og flomforløpets lengde, men påvirkes av vannstanden i Lågen.

# 7 Referanser

1. NVE (2022). *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. NVE-publikasjon 03/2022.
2. Norconsult (2024). *Vurdering av åpen og lukket løsning for Kleivrudbekken*. Oppdragsnr. 52303409, dok.nr. FFAG-RAPP-001, versjon C03.
3. Norconsult (2024). *Flomberegning Kleivrudbekken*. Oppdragsnr. 52303409, dok.nr. RIH-RAPP-003, versjon J02.
4. Norsk Klimaservicesenter (2022). *Klimaprofil Oppland*.
5. NVE (2015). *Flomberegning for Gudbrandsdalsvassdraget (002.DZ)*. Rapport 127-2015.
6. Norconsult (2024). *Flomsikring av Otta sentrum. Utredning av flomfare fra Lågen og Otta ved Otta sentrum*. Oppdragsnr. 52303409, dok.nr. RIH-RAPP-002, versjon J02.

# 8 Vedlegg

1. Flomsonekart – Resultater fra hydraulisk modell, inkludert skjønnsmessig flomfaresone ved Søre Kleivrud
2. Faresoner for flomskred

# Vedlegg 1 Flomsonekart – Resultater fra hydraulisk modell, inkludert skjønnsmessig flomfaresone ved Søre Kleivrud

N

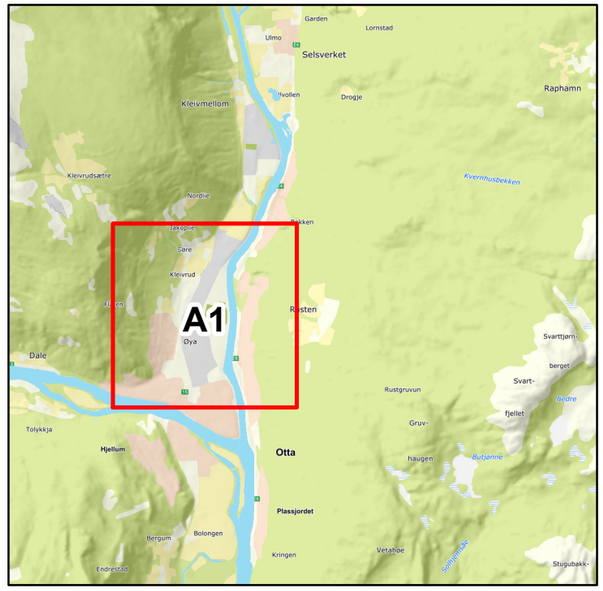
Søre Kleivrud

Nyhusom

Kulvert under jernbane

Sagtomta

Utløp Kleivrudbekken




## Tegnforklaring

- Analyseområder
- Bygning, kl. F1/F2
- Bygning, kl. F3

**Vanndybde (m) - 1,4xQ20**

- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- >2.0

Meter

0 50 100 200 300 400

| | |
|---|---|
| Oppdragsgiver: NVE Region Øst | Kartblad *A1* |

Flomsonekart Otta sentrum ved flom fra Kleivrudbekken
Gjentaksintervall: 20-årsflom inkl. 40% klimapåslag
Maks. vannføring: 4,9 m3/s

Ved Søre Kleivrud er flomsonen skjønnsmessig vurdert.
Det er lagt til grunn at bekkeløpet kan tilstoppes av masser.

| | | |
|---|---|---|
| Målestokk i A3 1:5,000 | Koordinatsystem UTM zone 32 | Høydesystem NN2000 |
| Norconsult | Oppdragsnr. 52303409 | Dato 07.11.2024 |

N

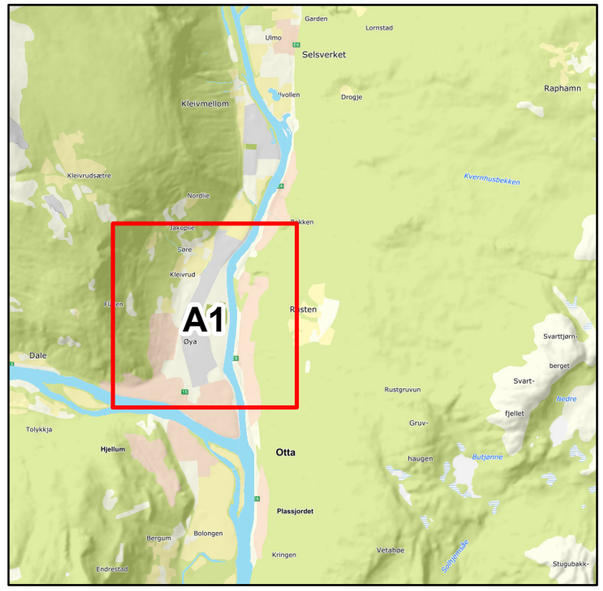
Søre Kleivrud

Nyhusom

Kulvert under jernbane

Sagtomta

Utløp Kleivrudbekken




## Tegnforklaring

- Analyseområder
- Bygning, kl. F1/F2
- Bygning, kl. F3

**Vanndybde (m) - 1,4xQ200**

- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- >2.0

Meter

0 50 100 200 300 400

| | |
|---|---|
| Oppdragsgiver: NVE Region Øst | Kartblad *A1* |

Flomsonekart Otta sentrum ved flom fra Kleivrudbekken
Gjentaksintervall: 200-årsflom inkl. 40% klimapåslag
Maks. vannføring: 8,1 m3/s

Ved Søre Kleivrud er flomsonen skjønnsmessig vurdert.
Det er lagt til grunn at bekkeløpet kan tilstoppes av masser.

| | | |
|---|---|---|
| Målestokk i A3 1:5,000 | Koordinatsystem UTM zone 32 | Høydesystem NN2000 |
| Norconsult | Oppdragsnr. 52303409 | Dato 07.11.2024 |

N

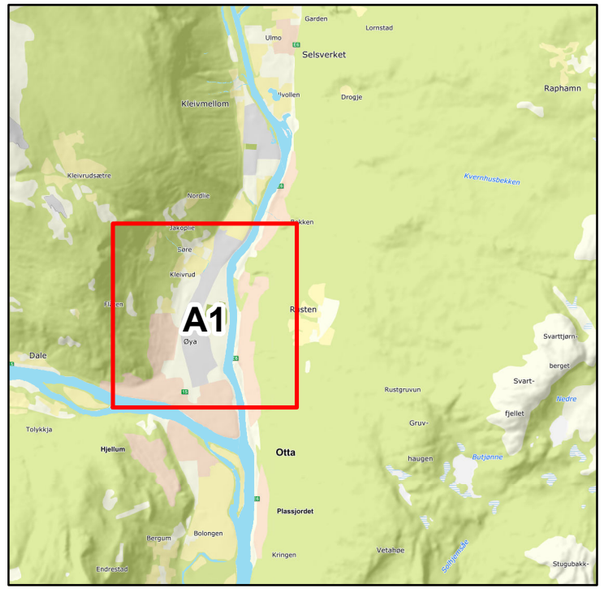
Søre Kleivrud

Nyhusom

Kulvert under jernbane

Sagtomta

Utløp Kleivrudbekken




## Tegnforklaring

- Analyseområder
- Bygning, kl. F1/F2
- Bygning, kl. F3

**Vanndybde (m) - 1,4xQ1000**

- 0.0 - 0.5
- 0.5 - 1.0
- 1.0 - 1.5
- 1.5 - 2.0
- >2.0

Meter

0 50 100 200 300 400

| | |
|---|---|
| Oppdragsgiver: NVE Region Øst | Kartblad *A1* |

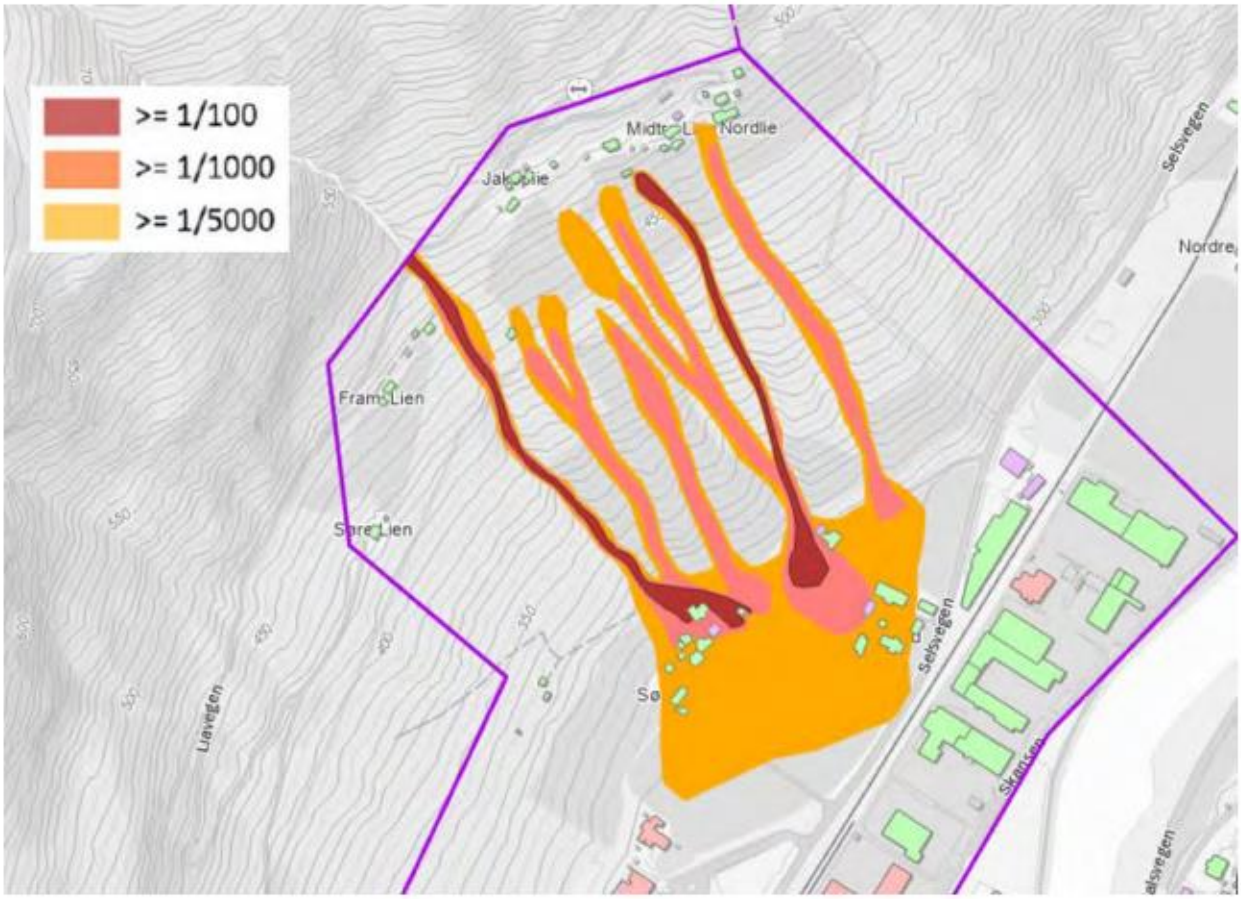
Flomsonekart Otta sentrum ved flom fra Kleivrudbekken
Gjentaksintervall: 1000-årsflom inkl. 40% klimapåslag
Maks. vannføring: 10,2 m3/s

Ved Søre Kleivrud er flomsonen skjønnsmessig vurdert.
Det er lagt til grunn at bekkeløpet kan tilstoppes av masser.

| | | |
|---|---|---|
| Målestokk i A3 1:5,000 | Koordinatsystem UTM zone 32 | Høydesystem NN2000 |
| Norconsult | Oppdragsnr. 52303409 | Dato 07.11.2024 |

# Vedlegg 2 Faresoner for flomskred

Figuren er hentet fra: NVE/Norconsult (2024). *Faresoneutregning skred i bratt terreng – Otta sentrum nord, Sel kommune*. NVE Ekstern rapport nr. 4/2024.




*Figur 4-16 Separate faresoner for flomskred.*