
RAPPORT

Flomfarevurdering med terrengendringer

OPPDRAAGSGIVER

Bygherrerådgiveren AS

EMNE

Vurdering av flomfare inkludert
terrengendring

DATO / REVISJON: 28.08.2023/01

DOKUMENTKODE: 10247156-01-RIVASS-RAP-02



Multiconsult

Dette dokumentet har blitt utarbeidet av Multiconsult på vegne av Multiconsult Norge AS eller selskapets klient. Klientens rettigheter til dokumentet er gitt for den aktuelle oppdragsavtalen eller ved anmodning. Tredjeparter har ingen rettigheter til bruk av dokumentet (eller deler av det) uten skriftlig forhåndsgodkjenning fra Multiconsult. Enhver bruk av dokumentet (eller deler av det) til andre formål, på andre måter eller av andre personer eller enheter enn de som er godkjent skriftlig av Multiconsult, er forbudt, og Multiconsult påtar seg intet ansvar for slikt bruk. Deler av dokumentet kan være beskyttet av immaterielle rettigheter og/eller eiendomsrettigheter. Kopiering, distribusjon, endring, behandling eller annen bruk av dokumentet er ikke tillatt uten skriftlig forhåndssamtykke fra Multiconsult eller annen innehaver av slike rettigheter.

RAPPORT

| | | | |
|---------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| OPPDRAG | Flomfarevurdering | DOKUMENTKODE | 10247156-01-RIVASS-RAP-002 |
| EMNE | Vurdering av flomfare | TILGJENGELIGHET | Åpen |
| OPPDRAGSGIVER | Bygherrerådgiveren AS | OPPDRAGSLEDER | Konstantinos Kalomoiris |
| KONTAKTPERSON | Kjell Ivar Kjølhamar | UTARBEIDET AV | Maren Mood |
| | | ANSVARLIG ENHET | 10234051 Vannkraft Midt |

SAMMENDRAG

Leirfossvegen AS planlegger utvikling av næringsområdet i Leirfossvegen 71 i Trondheim kommune og ønsker å omregulere tomten til boligformål. Multiconsult AS har utført en flomfarevurdering som utreder flomfaren iht. TEK17. Det er utført flomberegninger og hydraulisk 2D-modellering med utgangspunkt i NVE sin veileder *Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE, 3/2022). Beregningene viser at det ikke er mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom og stormflo for det planlagte tiltaket uten å heve terrenget.

Ved å modellere strekningen med den planlagte terrenghevingen og plassering av de nye byggene, blir ikke tomten lenger berørt av flomsituasjonen ved en 200-årsflom. Heving av terrenget kan gi konsekvenser for 3.part og tiltaket er derfor utredet iht. TEK 17 § 7-1, 2.ledd. Beregningene viser at tiltaket vil medføre en forverring av flomsituasjonen lokalt i vassdraget, men at eksisterende infrastruktur ikke blir direkte berørt av endringene. Terrenghevingen ved Leirfossvegen 71 gir en vannstandsøkning på maksimalt 15 cm, i tillegg til en økning i DV-tall på opptil 3,3 m²/s.

| | | | | | |
|------|------------|---|---------------|-----------------|-------------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| 01 | 28.08.2023 | Flomfarevurdering Leirfossvegen 71 ink terrenndring | Maren Mood | Kjartan Orvedal | |
| REV. | DATO | BESKRIVELSE | UTARBEIDET AV | KONTROLLERT AV | GODKJENT AV |

Innholdsfortegnelse

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Innledning | 1 |
| 1.1 | Bakgrunn for oppdrag | 1 |
| 1.1 | Nedbørfelt og vassdrag | 3 |
| 1.2 | Forutsetninger for beregningene | 5 |
| 2 | Vurdering av flomfare i plan- og byggesak | 6 |
| 2.1 | TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo | 6 |
| 3 | Flomfrekvensanalyse | 7 |
| 3.1 | Erfaringsverdier og store observerte flommer | 9 |
| 3.2 | Momentanverdier | 10 |
| 3.3 | Klimaframskrivninger | 10 |
| 3.4 | Valg av dimensjonerende flom | 11 |
| 4 | Hydraulisk modell | 11 |
| 4.1 | Datagrunnlag | 12 |
| 4.2 | Modelloppsett | 13 |
| 4.2.1 | Modellens geometri | 13 |
| 4.3 | Grensebetingelse og stormflo | 14 |
| 4.4 | Friksjonsforhold | 14 |
| 4.5 | Følsomhetsanalyse og klassifisering av hydrauliske beregninger | 15 |
| 4.6 | Sikkerhetspåslag | 15 |
| 5 | Resultater | 15 |
| 6 | Konklusjon | 20 |
| | Referanser | 20 |

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for oppdrag

Leirfossvegen AS planlegger utvikling og ombygging av næringsområdet i Leirfossvegen 71 i Trondheim kommune til boligformål. Multiconsult er engasjert av Bygherrerådgiveren AS for å utrede flomfare for Flomfarevurdering. Flomfarevurderingen gjennomføres med utgangspunkt i NVE sin veileder Sikkerhet mot flom - Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (NVE, 3/2022) og vil utgjøre en del av kunnskapsgrunnlaget for videre arbeid med prosjektet. Området som skal vurderes er vist Figur 1-1 og Figur 1-2.



Figur 1-1: Oversiktskart over området som skal vurderes. Kartkilde: norgeskart.no

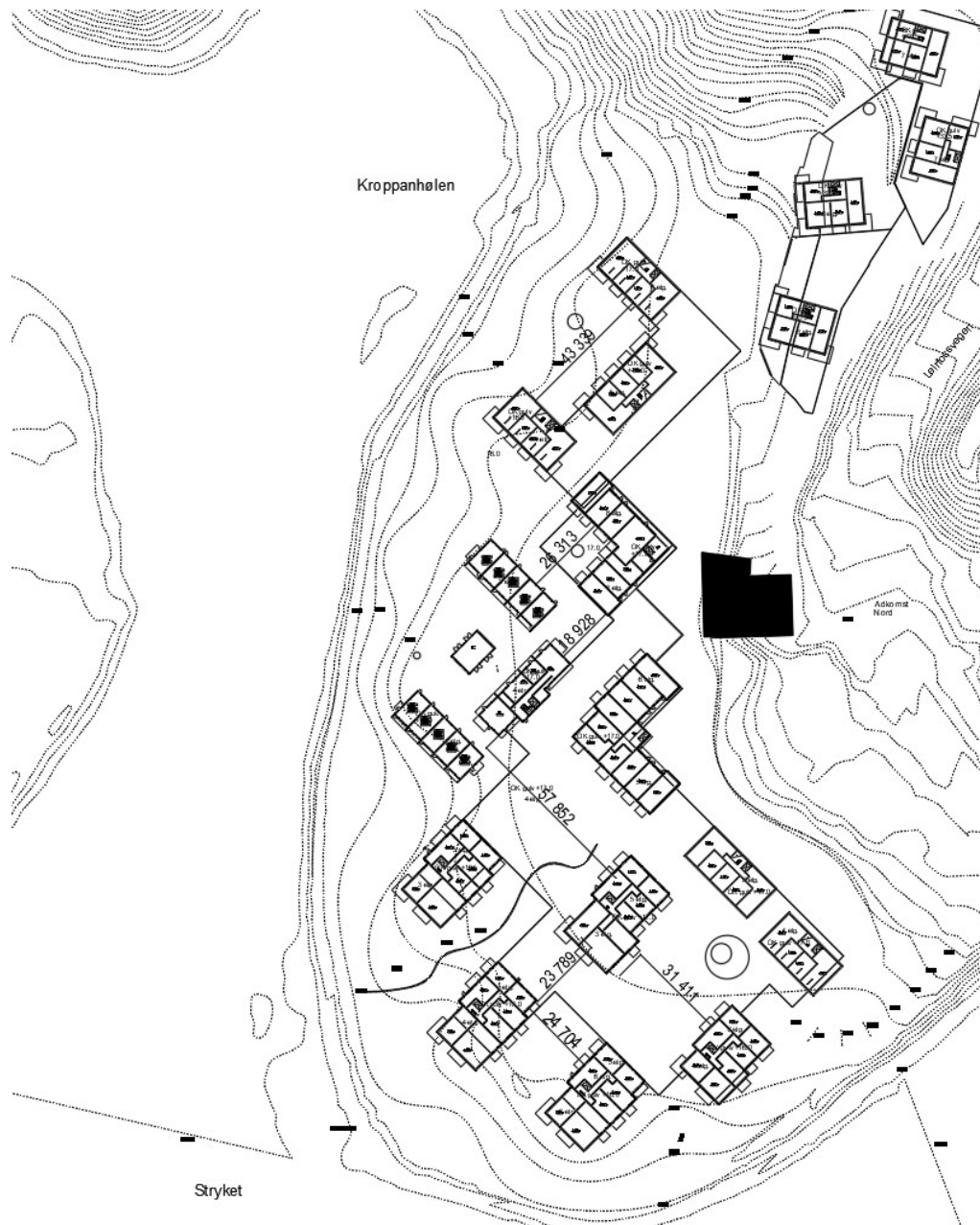
En skisse som viser det planlagte Flomfarevurdering er vist i Figur 1-2 under. Multiconsult er bedt om å vurderes om det er behov for å heve terrenget eller etablere andre sikringstiltak for sikre området.

Vurdering av flomfare



Figur 1-2: Flyfoto over Leirfossvegen 71 fra 2022. Omtrentlig avgrensning av undersøkelsesområdet er vist med rød stiptet linje. Kartkildekilde: Norgeskart.no

Planlagt plassering av hus og terrengendring er vidt i påfølgende figur.



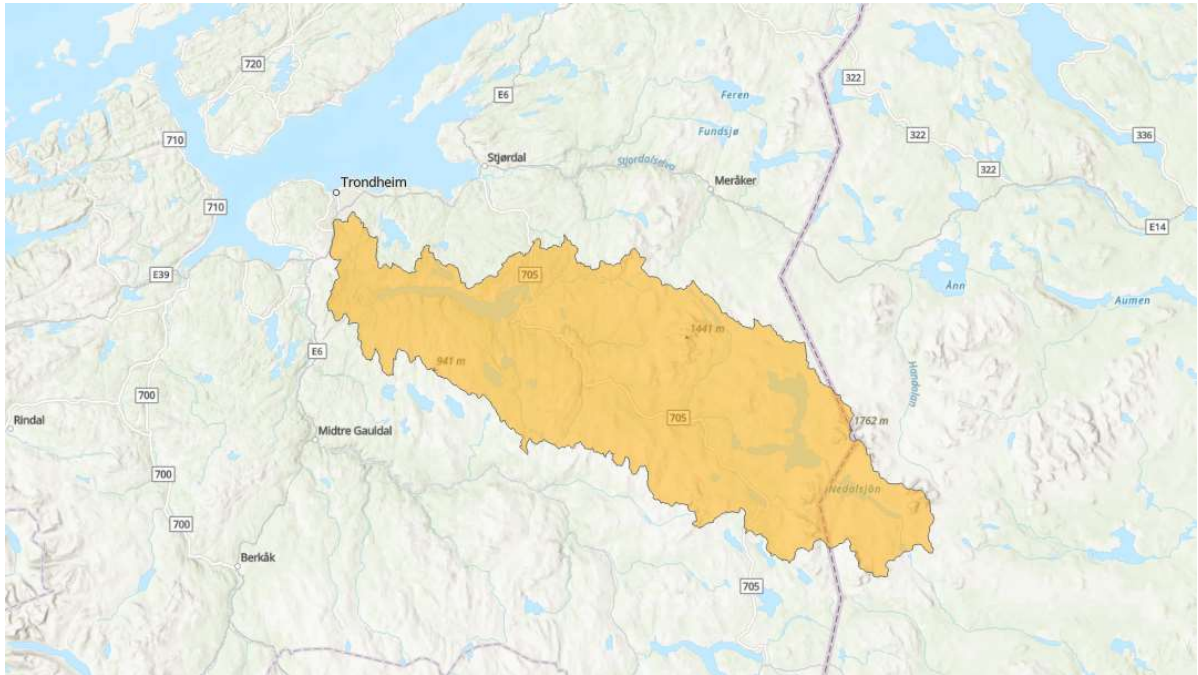
Figur 1-3: Plassering av nye hus og planlagt terrengheving

Alle høyder i dette notatet er oppgitt i NN2000 høydesystem.

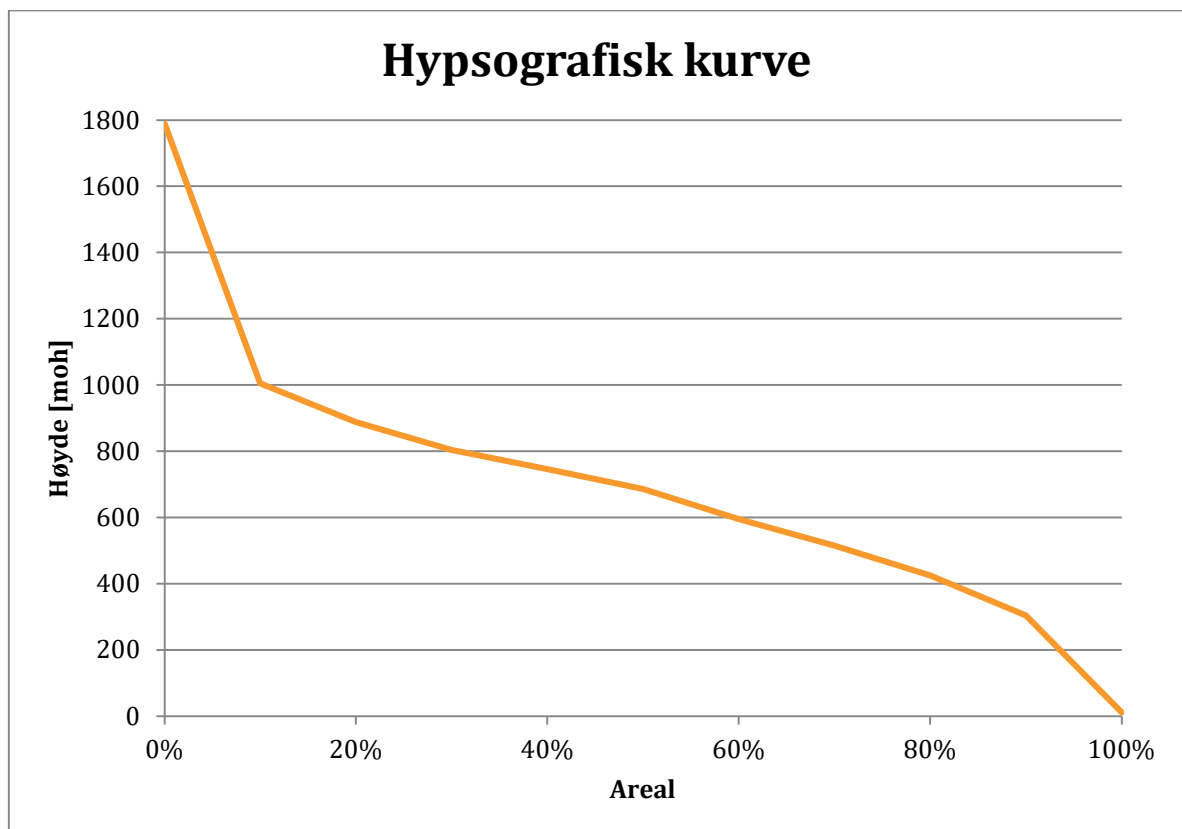
1.1 Nedbørfelt og vassdrag

Nedbørfeltet til Nidelva er 3 060 km². Feltavgrensningen er presentert i Figur 1-4.

Vurdering av flomfare



Figur 1-4: Kart over nedbørfeltet til Nidelva. Feltet er beregnet via SCALGO.



Figur 1-5: Hypsografisk kurve for Nidelva sitt nedbørfelt.

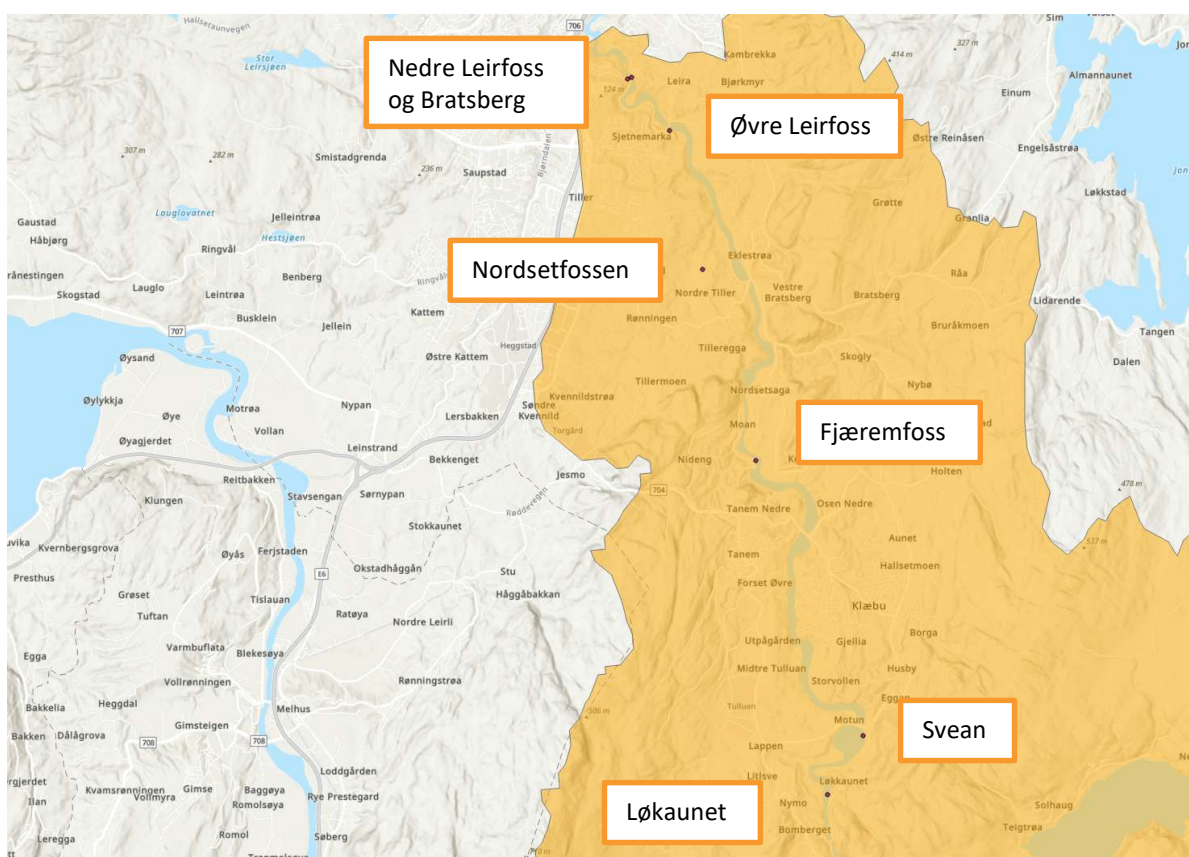
Nedbørfeltet strekker seg fra Sylsjøen, i Sverige i Øst, og renner ut i havet i Trondheimsfjorden via Nea-Nidelvassdraget. Vassdraget er i stor grad utbygd for vannkraftproduksjon og regulert med flere dammer.

Vurdering av flomfare

Fra elva renner ut fra Selbusjøen til den har utløp i Trondheimsfjorden kalles den Nidelva. På denne strekningen på ca. 4 mil, finner vi 6 kraftverk. Øverst ligger kraftstasjonen Løkaunet, med inntak ved Hyttefossen dam. Omtrent på samme sted finner vi Svean kraftstasjon, med inntak i selve Selbusjøen.

I nærheten av Klæbu finner vi Fjæremfoss dam, og litt lenger nedstrøms, Nordsetfossen. Deretter renner vannet ned til Øvre Leirfoss, Trondheims eldste kraftstasjon, fra 1901. Fra Øvre Leirfoss til Nedre Leirfoss er det kun et kort strekke. Denne stasjonen ligger kun 700 m oppstrøms Leirfossvegen 71.

Den siste kraftstasjonen i Nidelva er Bratsberg kraftverk, plassert på linje med Nedre Leirfoss. Bratsberg henter vann fra Selbusjøen og Jonsvatnet. Det er verdt å merke at Jonsvatnet ikke inngår i Nidelva sitt nedbørfelt. Oversikten over kraftstasjonene er vist i Figur 1-6.



Figur 1-6: Oversikt over kraftstasjoner i Nidelva

1.2 Forutsetninger for beregningene

Beregningene er utført med dagens beste tilgjengelige datagrunnlag, men er basert på forutsetninger som man antar vil være riktige ved en fremtidig stor flom. Det forutsettes blant annet at en ikke har profilendringer i elva og at en har rent vann. I dette ligger det at effekter av massetransport, erosjon, endret elvegeometri over tid, is, tilstopping som følge av drivgods m.m. ikke beregnes. Dersom ny kunnskap viser at disse forutsetningene ikke er riktige må beregningene oppdateres. Det kan eksempelvis være tilfelle dersom det bygges nye konstruksjoner i vannveien eller dersom massetransport fører til endret vannvei.

Over tid vil datagrunnlaget beregningene er basert på endres. Dette gjelder både det hydrologiske datagrunnlaget og terrengdata. Beregningene er derfor kun gyldige for

Vurdering av flomfare

elveløpet slik det er i dag. Flomberegningene bør oppdateres om det inntreffer store flommer i vassdraget eller datagrunnlaget forbedres betydelig (NVE, 3/2022). Dersom det gjøres tiltak innenfor flomsone, vil dette kunne påvirke beregningene som vil medføre at de må ajourføres for å være gyldige.

Denne flomberegningen tar utgangspunkt i NVE sin flomsonekartlegging av Trondheim i 2001 (NVE, 2001). Det tas da utgangspunkt i metoden som er benyttet ved å basere flomberegningen på den mest representative målestasjonen for området som skal vurderes.

2 Vurdering av flomfare i plan- og byggesak

Krav om sikker byggegrunn, herunder sikkerhet mot flom og stormflo, er fastsatt i plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1 og § 29-5, (Lovdata, 2008). De generelle kravene til sikkerhet mot naturpåkjenninger er konkretisert i TEK17 § 7-1, og konkrete sikkerhetskrav mot saktevoksende flom, erosjon og stormflo er videre presisert i § 7-2. Kravene skal sikre at det ikke gjennomføres tiltak i et område som kan være utsatt for flomfare, uten at sikkerheten er tilstrekkelig ivarettatt eller ved at man utsetter omgivelsene for økt flomfare som følge av tiltaket. Sikkerhetskravene er førende for arealplan, og tilstrekkelig sikkerhet mot flom må i forbindelse med reguleringsplaner dokumenteres med lovpålagt ROS-analyse, jf. pbl. § 4-3. Sikkerhetskravene i TEK17 gjelder også for ikke søknadspliktige tiltak.

NVE anbefaler at utredningen av flomfare inkluderer hensyn til fremtidige klimaendringer, jf. pbl. § 3-1 g.

Det er som hovedregel forslagsstiller (plansaker) eller tiltakshaver (byggesaker) som har ansvaret for å framskaffe nødvendig dokumentasjon om sikkerhet mot flom. Kommunen som plan- og bygningsmyndighet er ansvarlig for å påse at planen/tiltaket oppfyller kravene til sikkerhet gitt i plan- og bygningsloven (pbl) og byggt teknisk forskrift (TEK17).

Iht. TEK17 gjelder sikkerhetskravene under § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo mot saktevoksende flommer som normalt ikke medfører fare for menneskeliv* (Direktorat for byggkvalitet, 2017). For bratte masseførende vassdrag med fare for sterk erosjon og massetransport, herunder flomskred, fastsettes sikkerhetsklasse iht. § 7-3 *Sikkerhet mot skred*. Grensen for når flom i et vassdrag defineres som saktevoksende og at det ikke vil være fare for liv, eller som hurtigvoksende og/eller med fare for liv, er ikke definert og det er opp til utførende å vurdere dette. Flomskapende sesong, muligheten for å varsle, potensialet for massetransport og muligheten for å evakuere er sentrale temaer i vurderingen.

2.1 TEK17 § 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo

NVEs veileder *Sikkerhet mot flom* (NVE, 3/2022) bør primært brukes for å dokumentere om et område eller tomt tilfredsstiller kravene til sikkerhet for saktevoksende vassdrag.

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom med ulike gjentaksintervall som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder, jf. TEK17 § 7-2 annet ledd, se Tabell 2-1. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom, slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, er avhengig av funksjonen og konsekvensen ved flom. Sikkerhetsklasse F2 omfatter imidlertid de fleste byggverk beregnet for personopphold. Dersom det er fare for liv, skal sikkerhetsklassen fastsettes etter § 7-3 i TEK17.

Vurdering av flomfare

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: TEK17 § 7-2, andre ledd.

| Sikkerhetsklasse for flom | Konsekvens | Største nominelle årlige sannsynlighet |
|---------------------------|------------|--|
| F1 | liten | 1/20 |
| F2 | middels | 1/200 |
| F3 | stor | 1/1000 |

Dersom konsekvensene av en flom er særlig store, gjelder kravet til sikkerhet som er gitt i TEK17 §7-2 første ledd; altså skal ikke bygget plasseres i områder som er flomutsatt, (Direktorat for byggkvalitet, 2017). Dette kravet kan ifølge NVEs veileder oppfylles ved å plassere bygget utenfor området som blir oversvømt ved påregnelig maksimal flom, (NVE, 3/2022).

Multiconsult vurderer at ny bebyggelse på Leirfossvegen 71 med terrengheving faller inn under sikkerhetsklasse F2.

I TEK17, §7-2 stilles det også krav om sikkerhet mot stormflo. Med stormflo menes vannstander høyere enn normal flo i sjøen. DSB anbefaler i sin veileder Havnivåstigning og stormflo (DSB, 2016) at det gjøres egne vurderinger for bølger og bølgeoppkylling. Tidevannet vil ikke påvirke vannstanden i Nidelva ved denne Leirfossvegen 71. Det er derfor ikke nødvendig å ta høyde for stormflo.

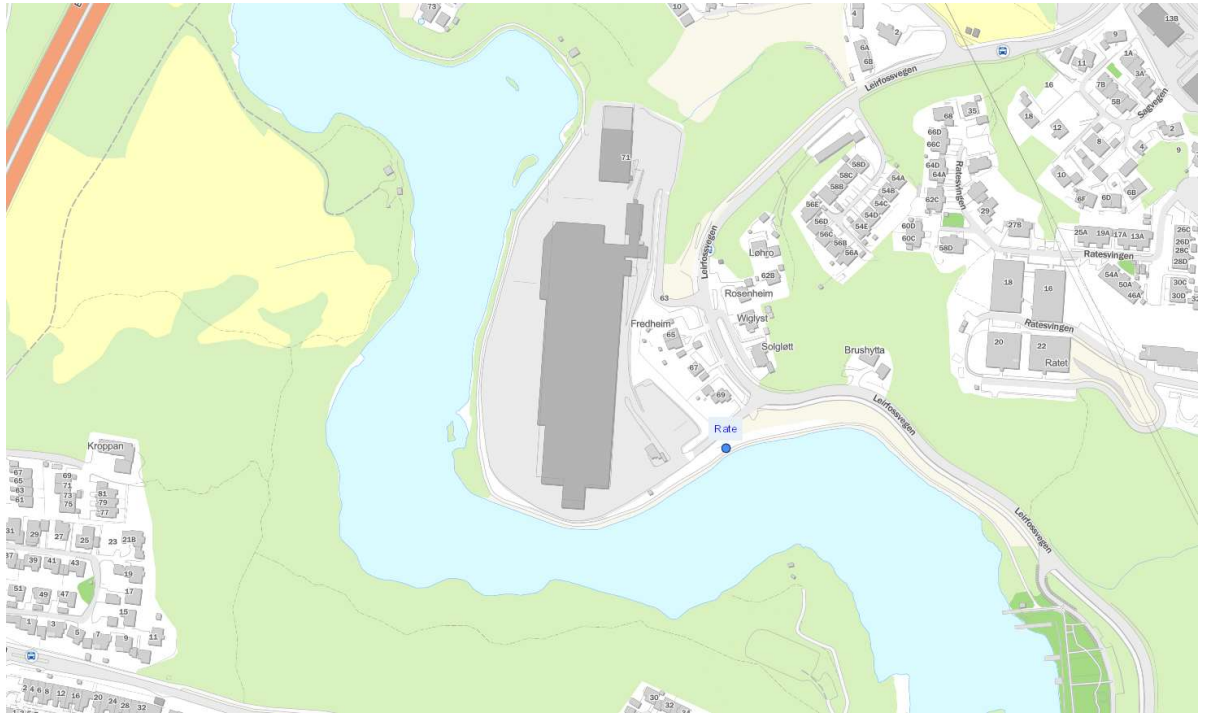
3 Flomfrekvensanalyse

Flomberegningene er utført iht. NVEs veileder (NVE, 3/2022).

Den mest representative målestasjonen for feltet som skal vurderes er 123.20 Rate. Figur 3-1 viser at målestasjonen er plassert rett ved tomten til Leirfossvegen 71. Målestasjonen har vært i drift siden mai 1881, og leverer fremdeles måledata. Den har et nedbørfelt på 3053 km², og ligger nedstrøms alle dammer og kraftverk i Nidelva, inkludert Bratsberg som henter vann utenfra nedbørfeltet.

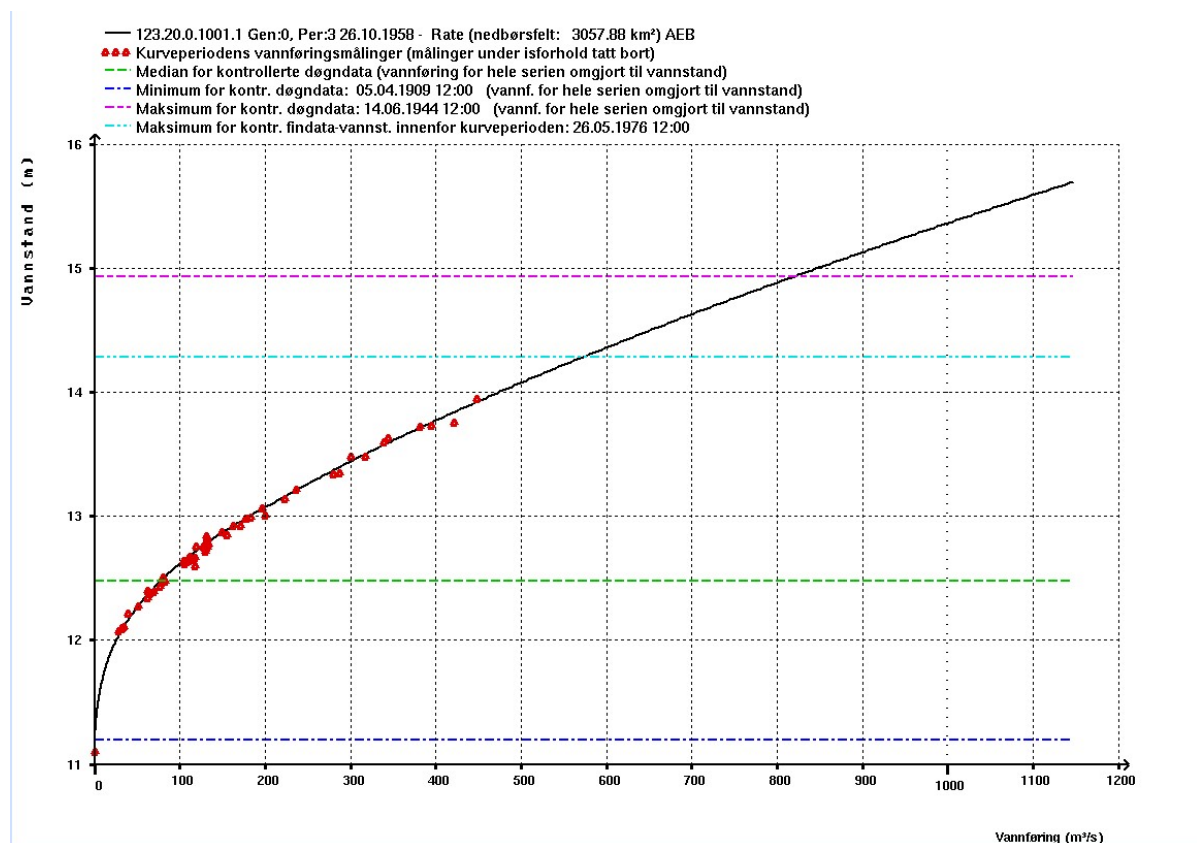
På grunn av dens plassering tett på tomten som skal vurderes, anses det som tilstrekkelig å kun benytte denne målestasjonen i flomfrekvensanalysen.

Vurdering av flomfare



Figur 3-1: Plassering av målestasjon 123.20 Rate

Målestasjonen har en lang måleserie, men det er dog ikke målt inn flommer på størrelse med det vi ser på i flomfarevurderingen. Ekstrapoleringen som er nødvendig for å beregne 200-årsflommen skaper dermed en usikkerhet i beregningene. Vannføringskurven kan sees i Figur 3-2.



Figur 3-2: Vannføringskurve for 123.20 Rate, hentet fra HYDRA II

Vurdering av flomfare

Det er utført flomfrekvensanalyse på data for perioden etter reguleringen av Nidelva, slik som det ble gjort i flomkartleggingen til NVE i 2001. Siden NVE gjennomførte flomkartleggingen, har det blitt gjort korrigeringer og forbedringer på måleseriene. Eekstremverdianalysen er utført på datasett fra Rate for perioden 1978-2022.

Kurvefordelingen velges etter hvilken kurve som ser ut til å gi best tilpasning til data, med vekt på de store flommene. Ved tvil er den fordelingen som gir de høyeste flomverdiene valgt. Det er i dette tilfellet valgt GEV som kurvetilpasning.

Tabell 3-1: Resultatet av flomfrekvensanalysen for 123.20 Rate (døgnverdier).

| | Navn | Periode | Antall år | Q _M m ³ /s | Q ₂₀₀ m ³ /s | Q ₂₀₀ / Q _M | Valgt fordeling |
|--------|------|-----------|-----------|-------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| 123.20 | Rate | 1978-2022 | 44 | 323 | 720 | 2,23 | GEV |

Verdiene presentert i Tabell 3-1 er sammenlignet med NVE sin forberegning fra 2001. Da var middelflommen beregnet til 338 m³/s, og forholdet mellom 200- og middelflom var 2,01. Tallene ser ut til å samsvare godt med hverandre, selv om 200-årsflommen fra vår analyse er noe høyere.

En av grunnene til avviket mellom resultatene fra NVE sin rapport i 2001 og resultatene fra denne flomfrekvensanalysen er at dataen ikke er korrigert. Flomfrekvensanalysen har kun benyttet data fra tiden Nidelva har vært regulert. De store magasinene har ført til større flomdemping. Flomdempingen vil bidra til å redusere de mindre flomhendelsene, men ved større flommer, slik som en 200-årsflom vil ikke magasinene ha samme dempingskapasitet. Det velges derfor å skjønsmessig oppjustere flomverdien for 200-årsflommen på samme måte som NVE gjorde i sin flomberegning i 2001. Resultatene er presentert i Tabell 3-2.

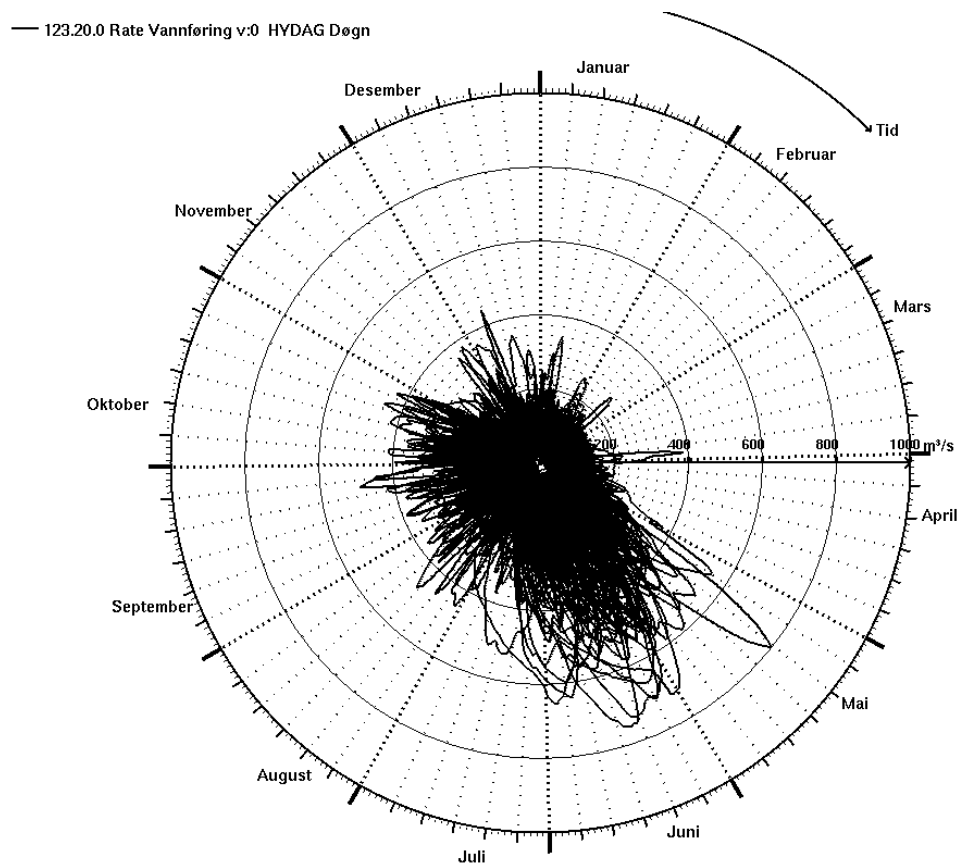
Tabell 3-2: Resultatet av flomfrekvensanalysen for 123.20 Rate (døgnverdier).

| | Navn | Periode | Q ₂₀₀ m ³ /s |
|--------|------|---|---------------------------------------|
| 123.20 | Rate | Regulert periode | 720 |
| 123.20 | Rate | Uregulert periode, hentet fra (NVE, 2001) | 908 |
| 123.20 | Rate | Justert verdi | 800 |

3.1 Erfaringsverdier og store observerte flommer

Erfaringer og målinger fra 123.20 Rate viser at de største flommene oppstår på sommertid, i forbindelse med snøsmeltingen. Dette er vist i Figur 3-3.

Vurdering av flomfare



Figur 3-3: Årspolarplott fra 123.20 Rate

Det er i tillegg observert følgende større flommer i Nidelva, disse er presentert i Tabell 3-3.

Tabell 3-3: Observerte flommer i Nidelva ved 123.20 Rate, hentet fra HYDRA

| Q_{findata} m^3/s | $Q_{\text{døgndata}}$ m^3/s | År |
|---------------------------------|----------------------------------|------------|
| 474 | 456 | 10.08.2000 |
| 497 | 440 | 11.12.2016 |
| 508 | 491 | 23.09.1997 |
| 524 | 482 | 04.06.1995 |

3.2 Momentanverdier

Forholdet mellom de innmålte døgnerverdiene og findataene fra de observerte flommene varierer fra 1,04 til 1,13. Ved bruk av RFFA-2018 metoden for flomanalyse i NEVINA blir kulminasjonsverdien oppgitt til 1,05.

Med bakgrunn i dette benyttes 1,05 som kulminasjonsverdi.

3.3 Klimaframskrivninger

Klimaprofilen for Trøndelag viser at klimaendringer vil føre til kraftigere nedbørepisoder, høyere temperatur og mer nedbør som regn.

Dette er ventet å endre flomregimet i Trøndelag slik:

Vurdering av flomfare

- Det forventes ikke større flommer i store elver som i dag har snøsmelteflom som årets største flom. Snøsmelteflommene vil komme stadig tidligere på året og bli mindre mot slutten av århundret.
- Nedbøren forventes å øke. I kystnære elver hvor året største flom er en regnflom forventes det en økning i flomstørrelsen. Dersom det utføres flomberegning og fremstilles flomsonekart, bør en regne med 20 % økning i vannføring. I nedbørfelt i kystsonen anbefales et klimapåslag på 20 %.
- I mindre, bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med tette flarer vil mer intens nedbør skape særlige problemer. I mindre bekker og elver må man forvente en økning i flomvannføringene og man må være spesielt oppmerksom på at mindre elver kan finne nye flomveier. Her anbefales et klimapåslag på minst 20 %.

Nidelva er dominert av flommer i forbindelse med snøsmelting, og er i tillegg en bred elv som er saktevoksende ved flommer. For prosjektet anbefales det derfor et klimapåslag på 0 %.

3.4 Valg av dimensjonerende flom

Flomfrekvensanalysen er utført basert på målestasjonen 132.20 Rate.

I Tabell 3-4 under viser resultatet fra flomfrekvensanalysen.

Tabell 3-4: Resultatet av flomfrekvensanalysen

| | Navn | Periode | Q ₂₀₀ døgn m ³ /s | Q ₂₀₀ kulm. m ³ /s |
|--------|------|-----------|---|--|
| 123.20 | Rate | 1978-2022 | 800 | 840 |

På bakgrunn av datagrunnlaget for flomberegningen, klassifiseres beregningen ut fra kriteriene presentert i Tabell 3-5. Flomberegningen vurderes å være i klasse 2.

Tabell 3-5: Klassifiseringskriterier for flomberegninger

| Klasse | Klassifiseringskriterier |
|--------|--|
| 1 | Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget. |
| 2 | Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eler nært vassdraget. |
| 3 | Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området. |
| 4 | Begrenset hydrologisk datagrunnlag. |
| 5 | Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området. |

4 Hydraulisk modell

Hydrauliske beregninger er utført i programvaren HEC-RAS v.6.3.1 (Brunner, 2016), som er utviklet av USACE. Det er kun flom som følge av rent vann og statisk geometri som er beregnet for gjentakintervallene 200-årsflom, som tilsvarer F2 i TEK 17.

4.1 Datagrunnlag

Alle høydedata er oppgitt i NN2000 høydesystem. Høydedata er lastet ned fra høydedata.no og datasettet er samlet inn i forbindelse med Nasjonal Digital Høydemodell (NDH), se Figur 4-1. Strekningen som er modellert ble laserskannet 12.06.2023 av TerraTec AS i prosjekt *NDH Trondheim*. Bestilt oppløsning var på 30 pkt. pr m².



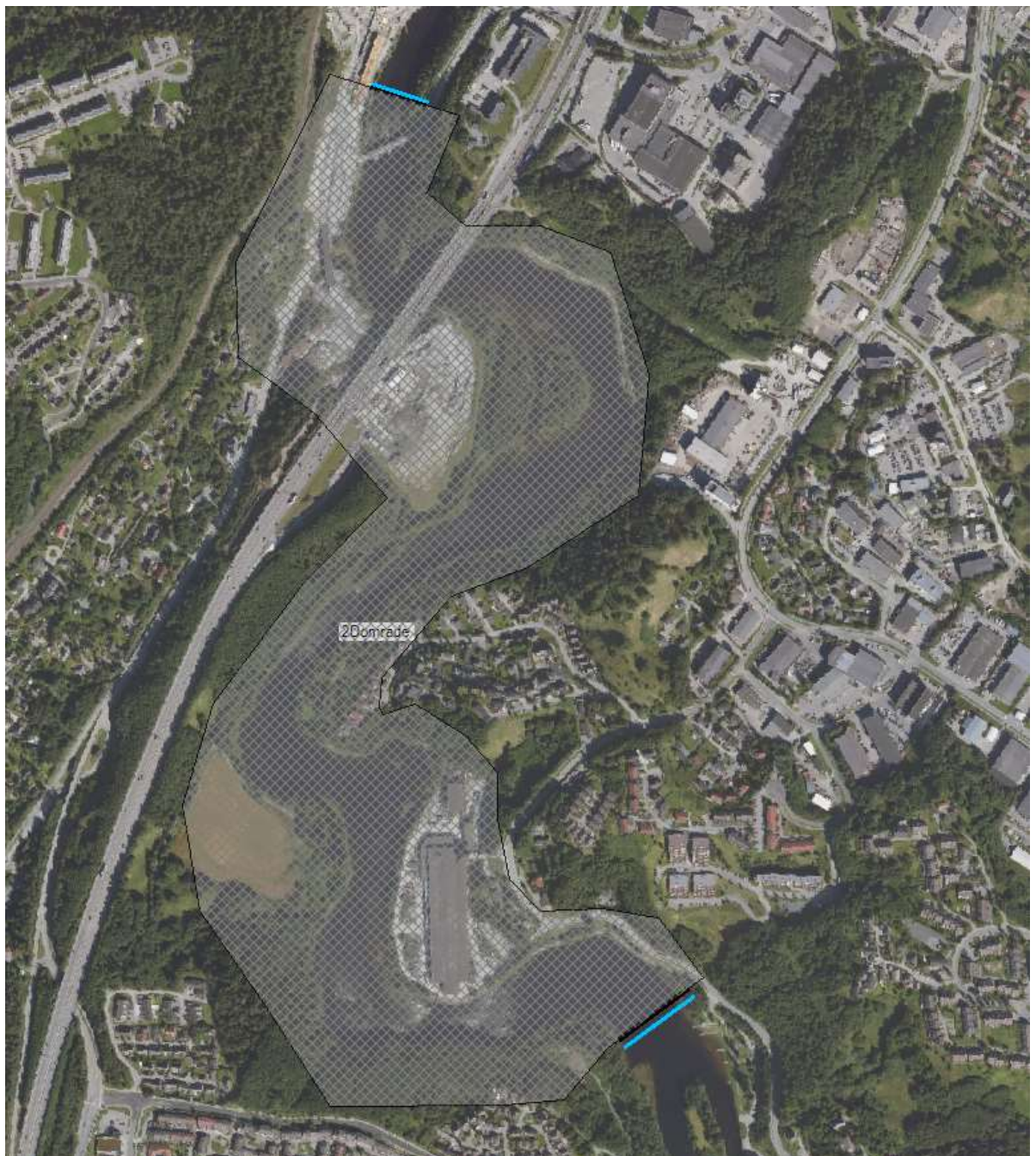
Figur 4-1: Kart som viser dagens terreng og plassering av strømningsområdet i modellen for Nidelva.

I tillegg til å kjøre modellen for dagens terrengsituasjon er den også simulert for planlagt terrengheving og plassering av nye bygg.

4.2 Modelloppsett

4.2.1 Modellens geometri

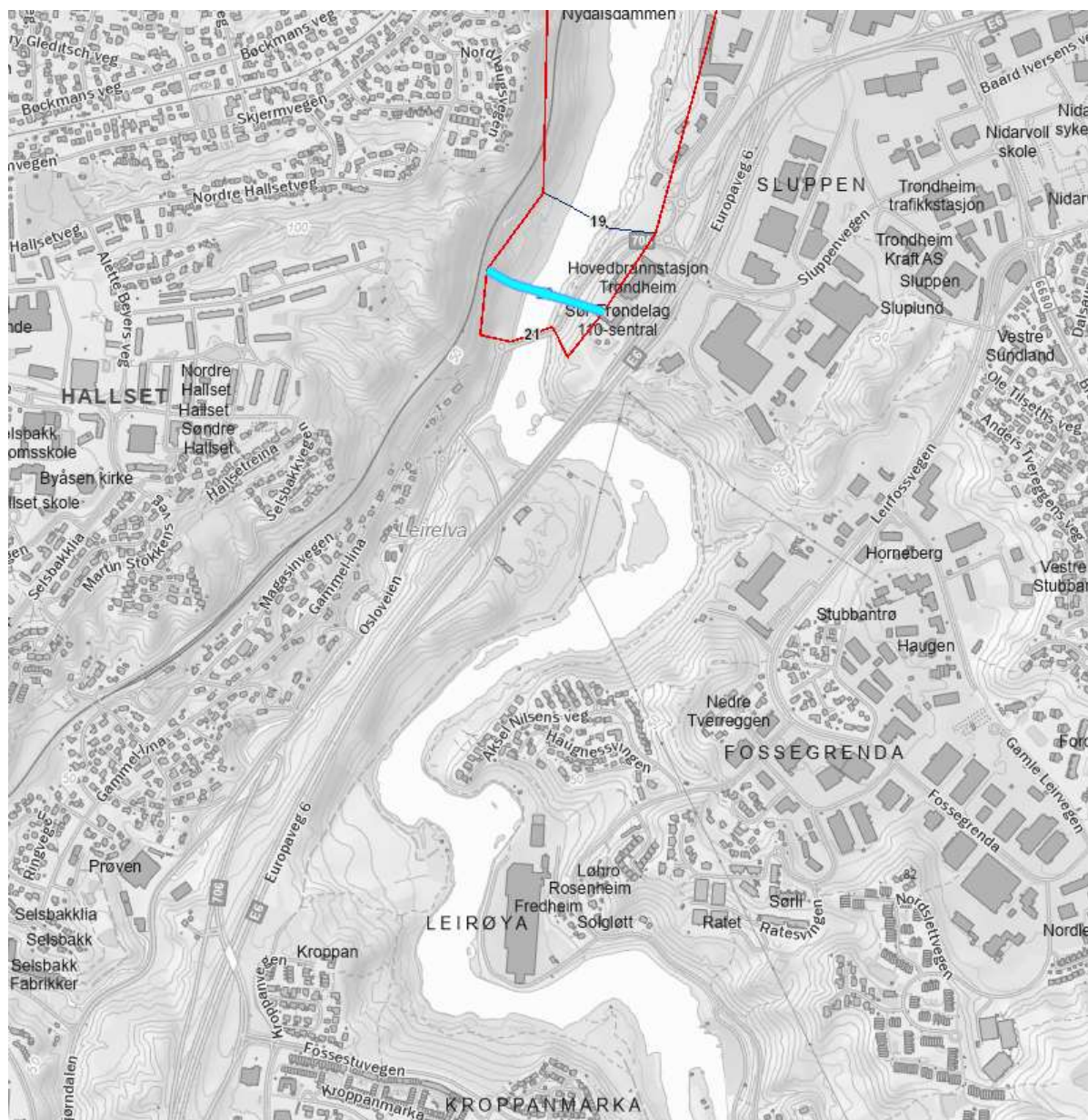
Det er satt opp en 2D-modell med cellestørrelse 4 x 4 meter, vist i Figur 4-2. En 2-dimensjonal hydraulisk modell beregner vannstander og vannhastigheter for brukerdefinerte beregningsceller basert på topografi og ruhet. Modellen egner seg godt til å modellere situasjoner der strømningshastigheten og retningen ikke nødvendigvis er entydig, slik den potensielt vil være der flomvann strømmer over flomsletter. Modellen kjøres med Full Momentum-likningene.



Figur 4-2: Kart som viser beregningsnettet, plassering av grensebetingelsene og avgrensning av analyseområdet for den hydrauliske modellen.

4.3 Grensebetingelse og stormflo

Det er benyttet vannstand for 200-årsflom nedstrøms Sluppen bru som nedre grensebetingelse. Vannstanden er hentet fra NVE sin flomberegning for Nidelva i 2001 (NVE, 2001). Plasseringen av tverrsnittet til målingen er hentet fra NVE Atlas, og vist i Figur 4-3. Vannstanden er her beregnet til 6,68 m.o.h., og benyttes som modellens nedre grensebetingelse.



Figur 4-3: Tverrsnitt hentet fra NVE sin flomberegning (2001), hentet fra atlas.nve.no

Øvre grensebetingelse er satt til kulminasjonsresultatet fra flomfrekvensanalysen inkludert justering for reguleringen i vassdraget, $Q=840 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.4 Friksjonsforhold

Ettersom modellen er ganske slak, er det valgt å benytte Manning's n-verdier på 0,03 (Chow, 1959).

4.5 Følsomhetsanalyse og klassifisering av hydrauliske beregninger

Den hydrauliske modellen ble kjørt med samme vannføring som vannføringen ved skannetidspunktet målt ved målestasjon 123.30 Rate, $Q = 130 \text{ m}^3/\text{s}$. Modellen beregnet en vannstand ca. 30 cm høyere enn observert for vannføringen ved laserskanning.

Det er utført en følsomhetsanalyse ved å kjøre modellen for en vannføring 20 % høyere enn den satte grensebetingelsen på $Q = 840 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette tilsvarer en vannføring på omtrent $1000 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatet av modelleringen viser at økningen i vannføring gir en økning i vannstand på omtrent 35 cm. Ut fra dette vurderes vannlinjeberegningene som lite følsomme.

4.6 Sikkerhetspåslag

NVEs veileder *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* anbefaler å ta hensyn til usikkerheter i flomberegningene og de hydrauliske beregningene (NVE, 3/2022). Ut ifra vurderinger av usikkerheter, følsomhetsanalyse, samt benyttelse og sammenligning med NVE sin flomberegning i 2001 anser vi følsomheten som lav. Det er i tillegg benyttet en terrengmodell uten vanddekt areal, noe som gir konservative vannstander. resultatene fra denne flomberegningen som konservativ. Det legges derfor ikke på ytterligere sikkerhetsfaktorer på flomverdien for 200-årsflommen på $840 \text{ m}^3/\text{s}$.

5 Resultater

Når modellen kjøres med det gamle industribygget på tomte vil vi få en vannstandstigning rundt bygget som varierer fra 20 – 70 cm. Alt under dette vil altså berøres av vannstandsstigningen. Flomsonen vises i Figur 5-1.

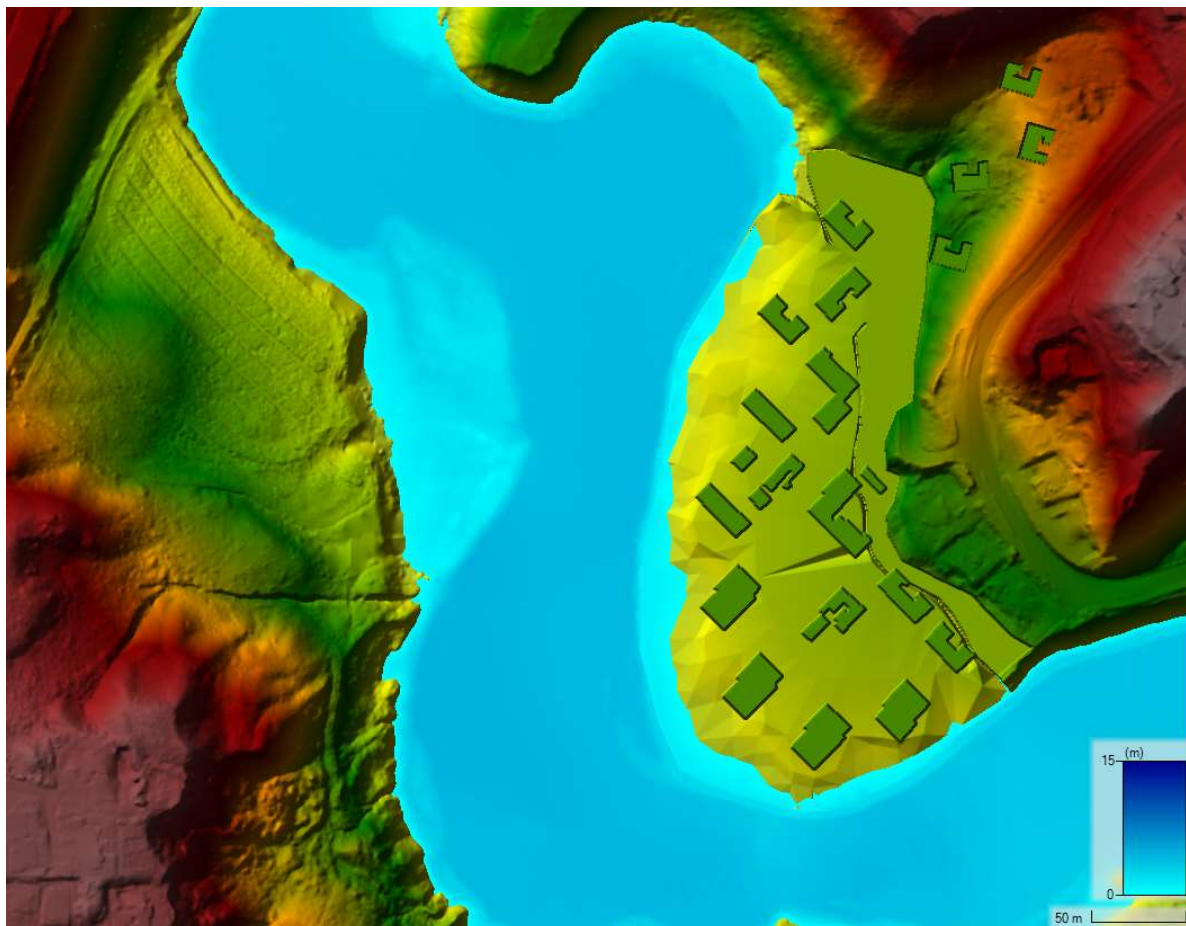


Figur 5-1: Flomsone for Leirfossvegen 71 ved 200-årsflom

Med den planlagte terrenghevingen og plassering av de nye byggene må vi undersøke følgende:

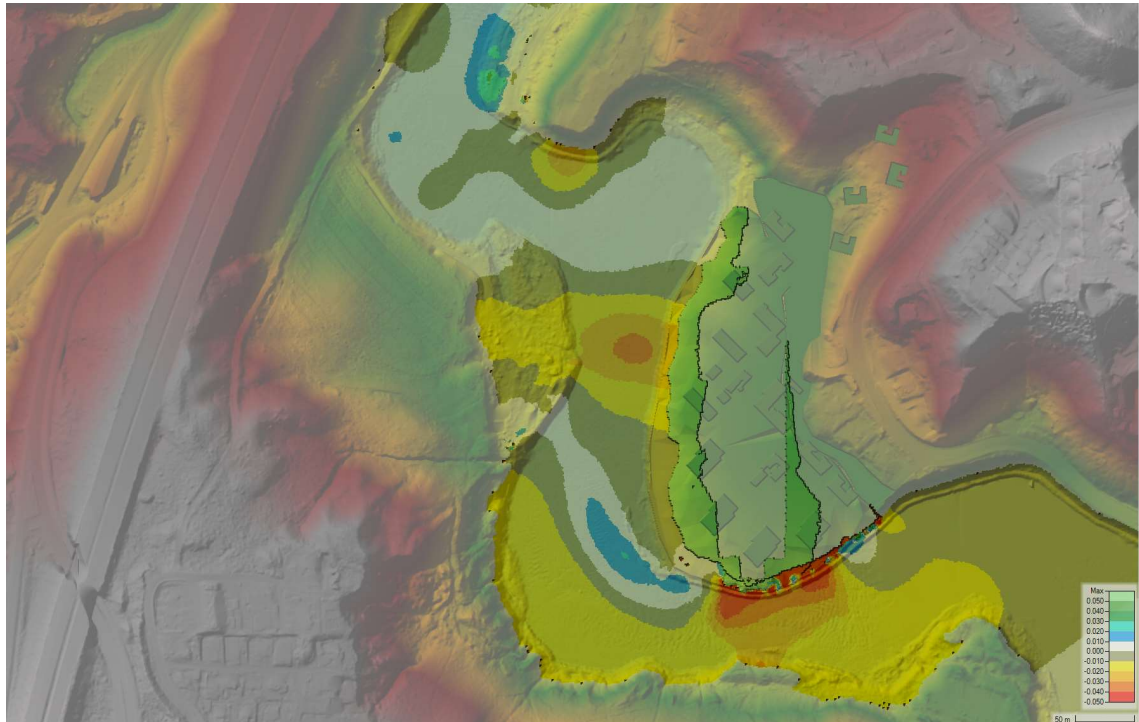
- Vil terrenghevingen sikre tomten mot flomsituasjonen?
- Hvordan påvirker terrengendringen resten av vassdraget?

Modellkjøringen viser at terrenghevingen vil forhindre at Leirfossvegen 71 berøres av 200-årsflomsituasjonen, se Figur 5-2.



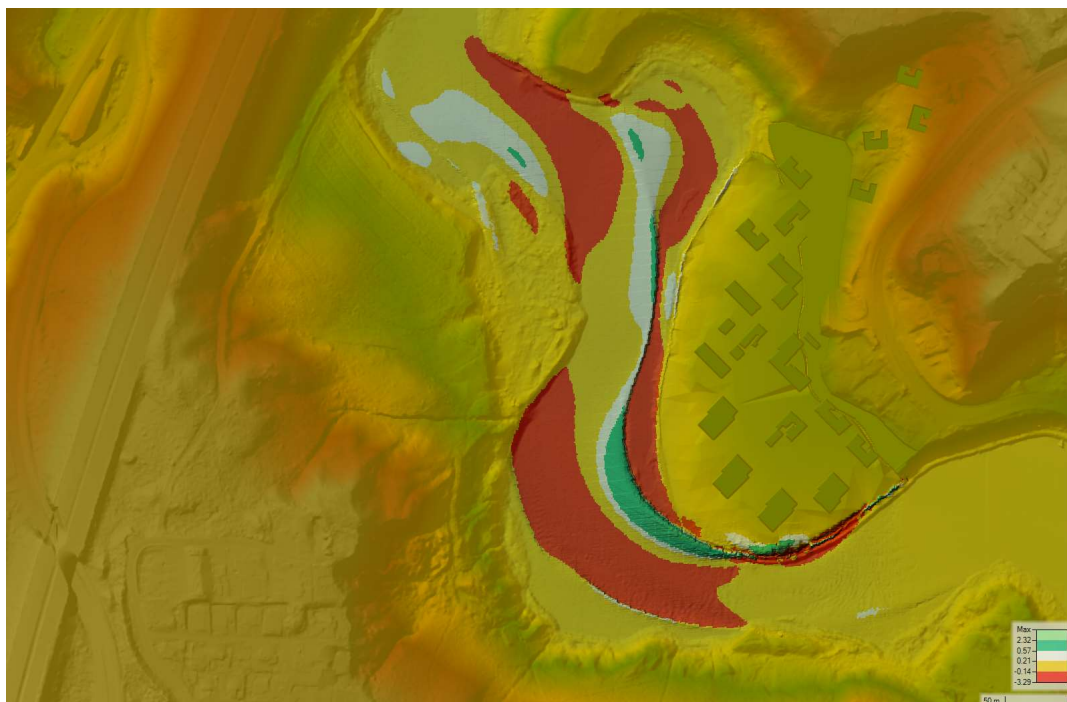
Figur 5-2: Flomsone for Leirfossvegen 71 ved 200-årsflom etter terrengheving

Modellen viser i tillegg hvordan vassdraget påvirkes av terrengendringene. Figur 5-3 viser hvordan vannstanden i vassdraget endres ved å se på differansen mellom dagens vannstand ved 200-årsflom og vannstanden etter terrengendringen. I hovedsak er vannstandsendingene mindre enn 5 cm, men den største vannstandsstigningen får vi rett sør for Leirfossvegen 71, hvor vannstanden som følge av tiltaket stiger ca. 15 cm.



Figur 5-3: Vannstandsending som følge av terrenghevingen.

I tillegg er DV-tallet undersøkt, som er produktet av vanndybde og -hastighet. DV-tallet er en god indikator for å beskrive om og hvor det er fare ved en gitt strømnings situasjon. Figur 5-4 viser at DV-tallet øker i yttersving (rødt) og reduseres noe i innersving (grønt) som følge av tiltaket. Endringene er stort sett avgrenset til elveløpet. Ut fra dette kan en konkludere med at bebyggelse ikke utsettes for økt flomfare som en direkte konsekvens av tiltaket. Tiltaket medfører imidlertid økte vannhastigheter, noe som kan medføre økt erosjonsfare lokalt. På det meste øker DV-tallet med $3 \text{ m}^2/\text{s}$.



Figur 5-4: Endring i DV-tall som følge av terrenghevingen.

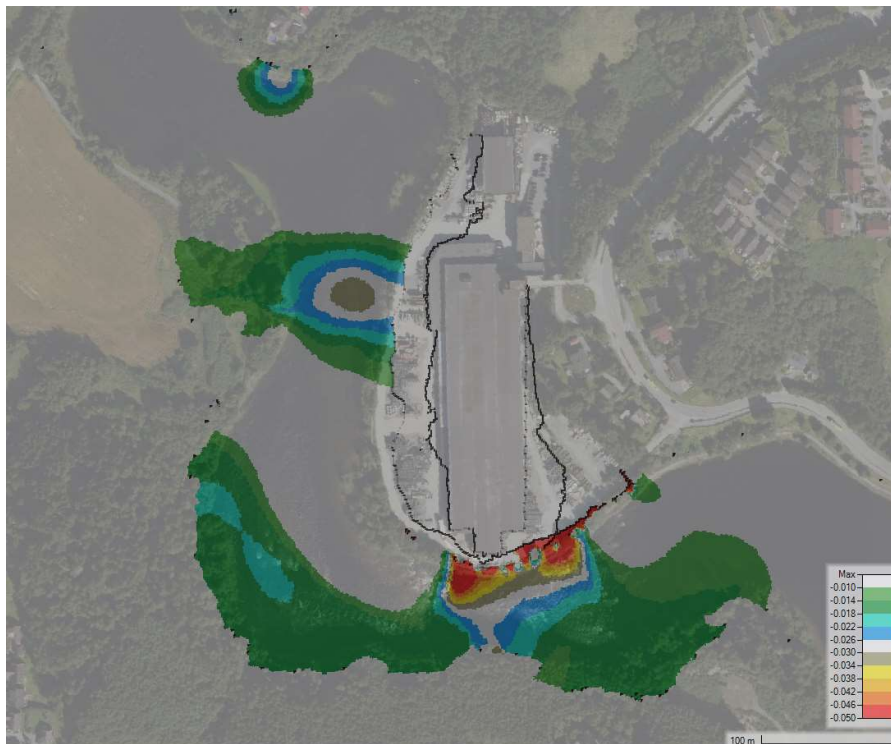
Vurdering av flomfare

Ved å skille ut de positive endringene som følge av terrenghevingen, får vi en oversikt over områdene som blir forverret. Figur 5-5 viser at DV-tallet vil øke i store deler av analyseområdet, med det mest betydelige forverringene i svingen ved Leirfossvegen 71.



Figur 5-5: Kartutsnitt som viser forverring av DV-tall som følge av terrenghevingen

På måte kan vi fremstille hvilke områder innenfor analyseområdet som får en vannstandsstigning som følge av terrenghevingen. Figur 5-6 viser at det er flere områder i vassdraget får vannstandsstigning. Spesielt viser kartet at rett sør for tomten vil vi få en betydelig vannstandsstigning.



Figur 5-6: Kartutsnitt som viser områder med vannstandsstigning som følge av terrenghevingen

6 Konklusjon

Det er utført flomberegninger og hydraulisk modellering i forbindelse med flomfarevurdering av Leirfossvegen 71.

200-årsflom er beregnet med flomfrekvensanalyse og det er valgt å sette dimensjonerende flom til 840 m³/s på bakgrunn av analysen. Klimaframskrivninger for Nidelva tilsier at en vil få 0 % endring i vannføringene frem mot år 2100.

For deler av tomten er vanddybdene for dagens situasjon så store, at det vil kunne være fare for liv, jf. § 7-3 i TEK17. Ved ny situasjon i vassdraget med heving av byggegrunn vil tomten imidlertid ligge utenfor flomsonen.

Beregningene av det planlagte tiltaket ligger i dag innenfor flomsonen. Det er derfor ikke mulig å oppnå tilstrekkelig sikkerhet mot flom (dimensjonerende gjentakintervall Q_{200}) uten å heve terrenget, slik som det er foreslått i planforslaget. Heving av terrenget kan gi konsekvenser for 3.part og tiltaket er derfor utredet iht. TEK 17 § 7-1, 2.ledd. Beregningene viser at tiltaket vil medføre en forverring av flomsituasjonen lokalt i vassdraget, med de mest betydelige forverringene i nærhet til tomten. Terrengheving vil dog ikke direkte berøre eksisterende bebyggelse og veier ved Nidelva. Terrenghevingen ved Leirfossvegen 71 gir en vannstandsøkning på maksimalt 15 cm, i tillegg til en økning i DV-tall på opptil 3,3 m²/s.

Referanser

- Brunner, G. W. (2016). *HEC-RAS River Analysis System, User's Manual, Version 5.0*. US Army Corps of Engineers.
- Chow. (1959). *Manning's n for Channels*.
- Direktorat for byggkvalitet. (2017). *Byggeteknisk forskrift*. Direktorat for byggkvalitet.
- DSB. (2016). *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. Tønsberg: Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap (DSB).
- Lovdata. (2008). *Plan- og bygningsloven*. Kommunal- og distriktsdepartementet.
- Norsk Klimaservicesenter. (Oppdatert januar 2020). *Klimaprofil Hordaland*. Norsk Klimaservicesenter.
- NVE. (1/2022). *Veileder for flomberegninger*. NVE.
- NVE. (2001). *Flomberegning for Nea-Nidelvvassdraget*.
- NVE. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger*. Grethe Holm Midttømme, Lars Evan Pettersson: NVE.
- NVE. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*. Glad, Per Alve; Stenius, Seija; Væringstad, Thomas; Wang, Thea Karoline, NVE.
- NVE. (3/2022). *Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak*. Bakkan, M.; Bjerke, P.L.; Bønsnes, T.E.; Eggen, I.; Flatøy, A.; Herje, F.; Holt, O.F.; Humlen, E.F.; Jespersen, M.N.; Pedersen, T.B.; Roald, C.M.; Sommer-Erichson, P.; Væringstad, T.