

## ► Vannlinjeberegning ifm. reguleringsplan for Lloyds marked og Tippen

### Sammendrag/konklusjon

Det er utført vannlinjeberegninger for Ådalselva ifm. reguleringsplan for Lloyds marked og Tippen på Hønefoss i Ringerike kommune i Viken.

Vannlinjeberegningene er utført på oppdrag av Tronrud Eiendom. Beregningen baserer seg på flom med gjentaksintervall på 200 år som er beregnet til  $Q_{200} = 1100 \text{ m}^3/\text{s}$ .

I en flomsituasjon vil vannstanden i elva øke, slik at den renner over egne bredder og oversvømmer lavereliggende terreng tett på vassdraget. Reguleringsområde Lloyds marked ligger rett sør for Hønefossen bak ledeveggen som går langs elva. Reguleringsområde Tippen ligger på den søndre elvebredden mellom Hønefoss bru og samløpet med Randselva.

Beregningsresultatene fra den todimensjonale HEC-RAS-modellen viser at vannstanden er lavere enn flomvollen. Det kan imidlertid ikke utelukkes at bølger fra Hønefossen kan skylle over toppen av flomvollen. Avhengig av vannmengden (vannstand og -hastighet) som eventuelt kan renne gjennom Lloyd marked, kan det vurderes om bygningene vil være flomutsatt. Det anbefales å utføre en mer nøyaktig beregning vha. et tredimensjonalt beregningsprogram.

Det er også satt opp en todimensjonal beregningsmodell i HEC-RAS for Tippen som viser at området vil bli flomutsatt under en 200 – årsflomsituasjon. Elveløpet og -slettene er relativt flat. Den todimensjonale modellen er godt egnet og nøyaktighetene vurderes til å være tilstrekkelig.

D01	2020-05-29	For gjennomgang av oppdragsgiver	Fleur Kettner	Einar Markhus	Fleur Kettner
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS som del av det oppdraget som dokumentet omhandler. Opphavsretten tilhører Norconsult AS. 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.

## 1 Innledning

Norconsult er engasjert av Tronrud Eiendom for å kartlegge vannutbredelsen ved en 200 - årsflom langs Ådalselva på Hønefoss som kan bl.a. utnyttes i ny reguleringsplan for Lloyds marked og Tippen.

Vannlinjeberegningene er utført på strekningen fra dam Hønefossen til Hønefoss bru og fra Hønefoss bru til samløpet med Randselva.

I forbindelse med reguleringsplan Lloyds marked er det planlagt bygging av bl.a. forretningslokaler, kontor og tjenesteyting.

Et oversiktskart over analyseområdet er vist i Figur 1-1.



Figur 1-1: Oversiktskart over analyseområde (blå markering)



## 2 Bestemmelse av flomstørrelse

Ifølge «Byggteknisk forskrift, TEK17» [2] skal ikke byggverk plasseres i flomutsatt område, hvor konsekvensen av en flom er særlig stor. Videre er det beskrevet i forskriften at for byggverk i flomutsatt område, skal det fastsettes sikkerhetsklasse for flom. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom, slik at største nominelle årlige sannsynlighet, vist i Tabell 1, ikke overskrides.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

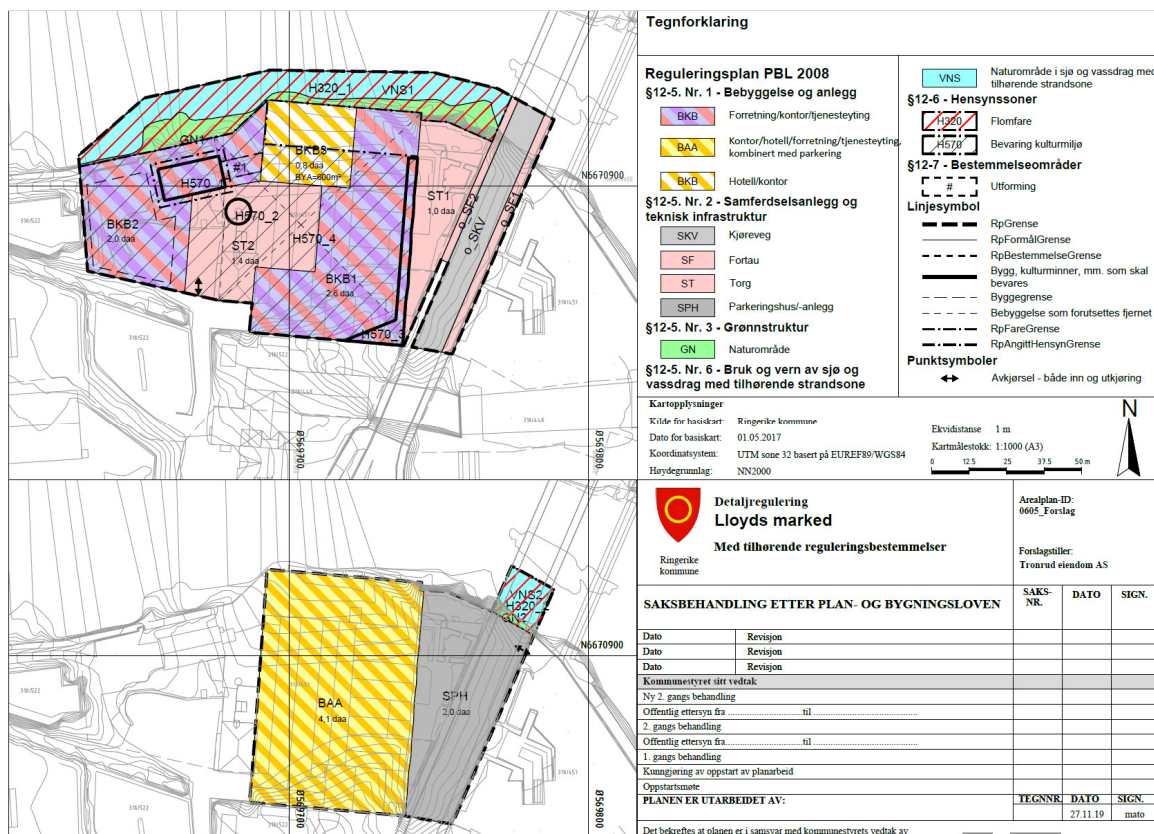
Tabell 1: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser, f.eks. garasjer, lagerbygning med lite personopphold.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold, f.eks. bolig, kontor-, industri- og driftsbygning.

F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som kan gi stor forurensning ved oversvømmelse, f.eks. sykehjem, sykehus, brannstasjon og avfallsdeponier.

Ifølge reguleringsplanen (Figur 2-1) er det planlagt forretningsbygg, kontor, tjenesteyting og hotell ved Lloyds marked. Bygningene faller under kategori sikkerhetsklasse F2, dvs. en flom med gjentakintervall på 200 år legges til grunn for vannlinjeberegningen. For store vassdrag, som Begna, regnes det ikke med klimapåslag.



Figur 2-1: Detaljregulering Lloyds marked

### 3 Beregningsmodell

#### 3.1 Datagrunnlag

Vannlinjeberegningen er utført ved hjelp av HEC-RAS 5.0.7 [1]. Programmet er en todimensjonal modell for frie-overflatestrømninger hvor vannets utbredelse ikke må være kjent på forhånd. En todimensjonal modell er svært godt egnet for flate områder som f.eks. ved Tippen. Det er etablert en egen modell for Lloyds marked (rød boks i Figur 3-1) og Tippen (svart boks i Figur 3-1) pga. det store høydeforskjellen i Hønefossen og instabiliteten som forårsakes av dette.

Topografien er beskrevet ved hjelp av en digital terrengmodell fra laserskanning hentet fra hoydedata.no. Laserdata over det aktuelle området er NVEs dybdekart fra 2016 hvor nøyaktigheten/ tettheten er 5 pkt. per kvadratmeter.

Modellene er satt opp med en øvre og nedre grensebetingelse. Øvre grensebetingelse er flomvannføring med gjentaksintervall på 200 år som er beregnet til  $Q_{200} = 1100 \text{ m}^3/\text{s}$ . Vannstanden oppstrøms dam Hønefossen er hentet fra vannstandskurven [2] og tilsvarer ca. kt. 89,3.

Nedre grensebetingelse er satt lik flomvannstand kt. 70,0 som er hentet fra NVEs flomsonekart for profil 34 [3]. Grensebetingelsene gjelder for begge beregningsmodeller. Det regnes ikke med flomdemping langs Hønefossen. Det kan derfor forutsettes at vannføringen nedenfor Hønefossen er lik vannføringen oppstrøms dammen. Nedenfor Hønefossen er elveløpet relativt flat og det forutsettes at vannstanden fra NVEs profil 34 gjelder også ved brua.

Vannstand, vannføring og vannhastighet i HEC-RAS - modellen beregnes mellom celler i et såkalt beregningsmesh. Modellen er kjørt med forskjellige cellestørrelse som er forklart nærmere under pkt. 3.1.1 og 3.1.2.

Det gjøres oppmerksom på at flomvannstander i NVEs flomsonekart [3] er i høydesystem NN1954. Vannlinjeberegningen/ terrengmodellen er i det nye høydesystemet NN2000 som ligger 0,17 m høyere enn koter i NN1954 ( $\text{NN2000} = \text{NN1954} + 0,17 \text{ m}$ ).

##### 3.1.1 Lloyds marked

Modellen for Lloyd marked strekker seg fra rett oppstrøms dam Hønefossen og avsluttes ovenfor samløpet med Randselva som vises i Figur 3-1 (omriss av beregningsmeshet i rød). Opplysninger om dammen er hentet fra damtegnning, se vedlegg 1.

Flomvullen ved Lloyds marked er inkludert i terrengmodellen ved hjelp av en punktsky som ble bearbeidet i programmet cloud compare.

I en todimensjonal modell blir parameterne som vanddybde og -hastighet kun beregnet i to retninger i horisontalplanet. Langs flomvullen kan det oppstå sjokk-/ stående bølger, som krever beregning av vannhastigheter og -dybder i vertikal retning langs flomvullen. For å gjenskape denne effekten så godt som mulig i en 2d beregning, er modellen satt opp med en turbulenskoeffisient (eddy viscosity transverse mixing coefficient) lik 5 (som benyttes for sterk turbulens). Ruheten av elvebunnen som defineres vha. Mannings M-tall er satt lik  $18 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  ( $n = 0,056 \text{ s}/\text{m}^{1/3}$ ) som brukes for elver med store uregelmessigheter i elvebunnen og er valgt noe på den ugunstige siden (konservativ mht. vannstand).

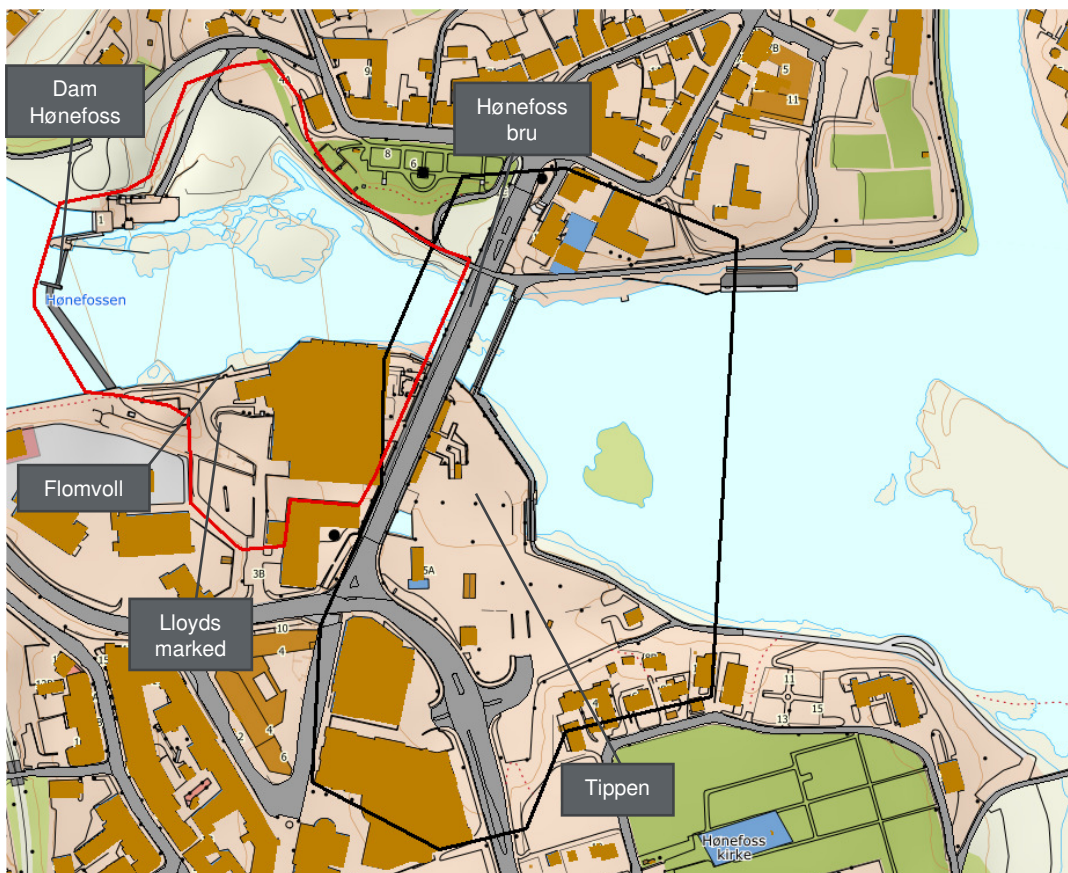
Modellen er dessuten satt opp med et fint beregningsmesh, hvor cellestørrelsen er satt lik  $0,3 \times 0,3 \text{ m}$ . Flomvullen er fremhevet i beregningsmeshet som egne celler.

### 3.1.2 Tippen

Modellen for Tippen strekker seg fra Hønefoss bru og avsluttes ovenfor samløpet med Randselva som vises i Figur 3-1 (omriss av beregningsmeshet i svart).

Modellen er kjørt med tre forskjellige cellestørrelser – 3x3 m, 2x2 m og 1,5x1,5 m - for å finne ut når beregningsresultater konvergerer. Presenterte beregningsresultater baserer seg på beregningsmesh med celler på 1,5x1,5 m.

Manningstallet for Tippen er satt lik  $M = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  som brukes for elva med middels uregelmessigheter i elvebunnen.



Figur 3-1: Oversiktskart over modellert område/ beregningsmesh (rød markering)



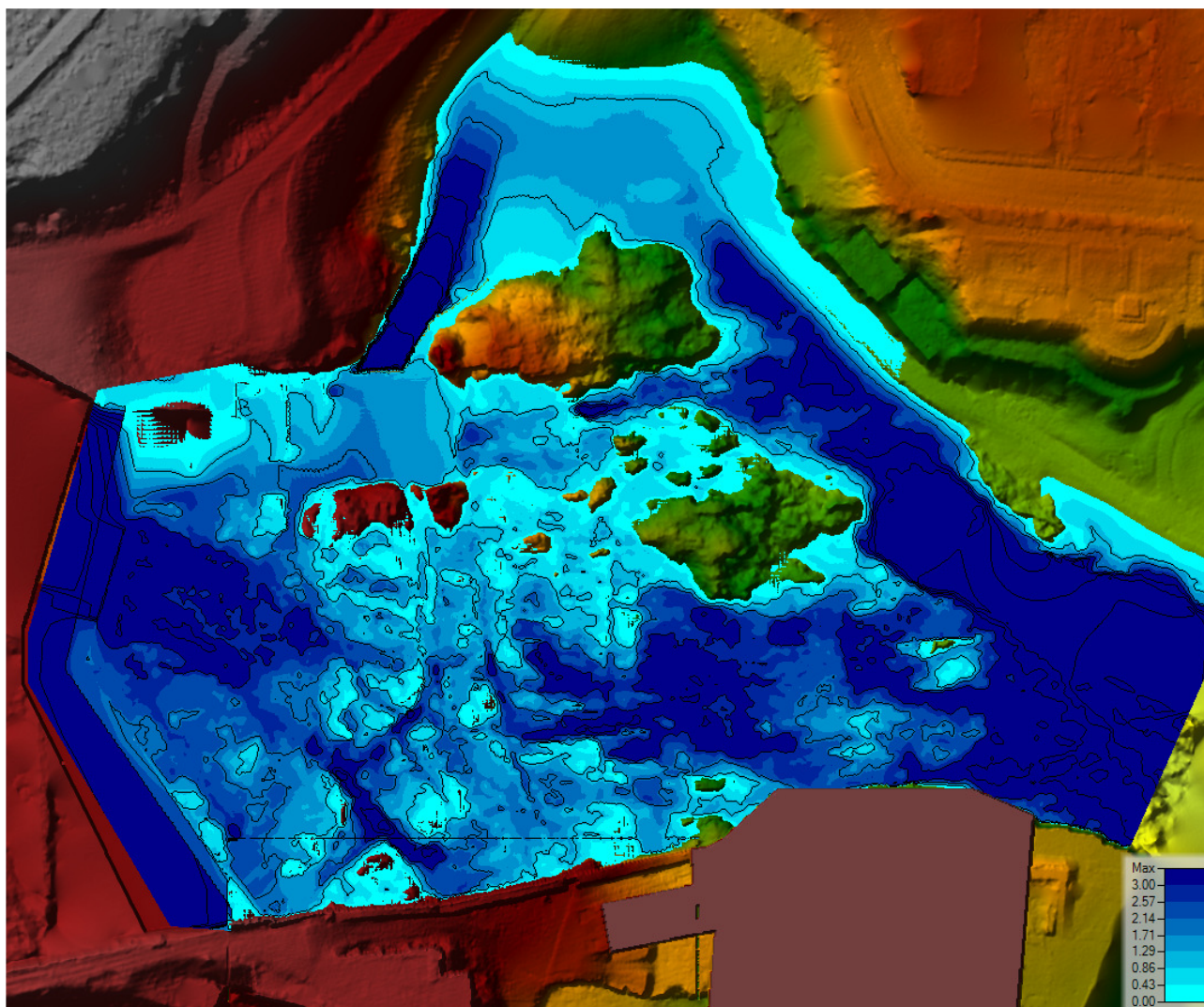
## 4 Resultat

Beregningsresultater for Lloyd marked og Tippen er presentert i dette avsnittet.

### 4.1 Lloyds Marked

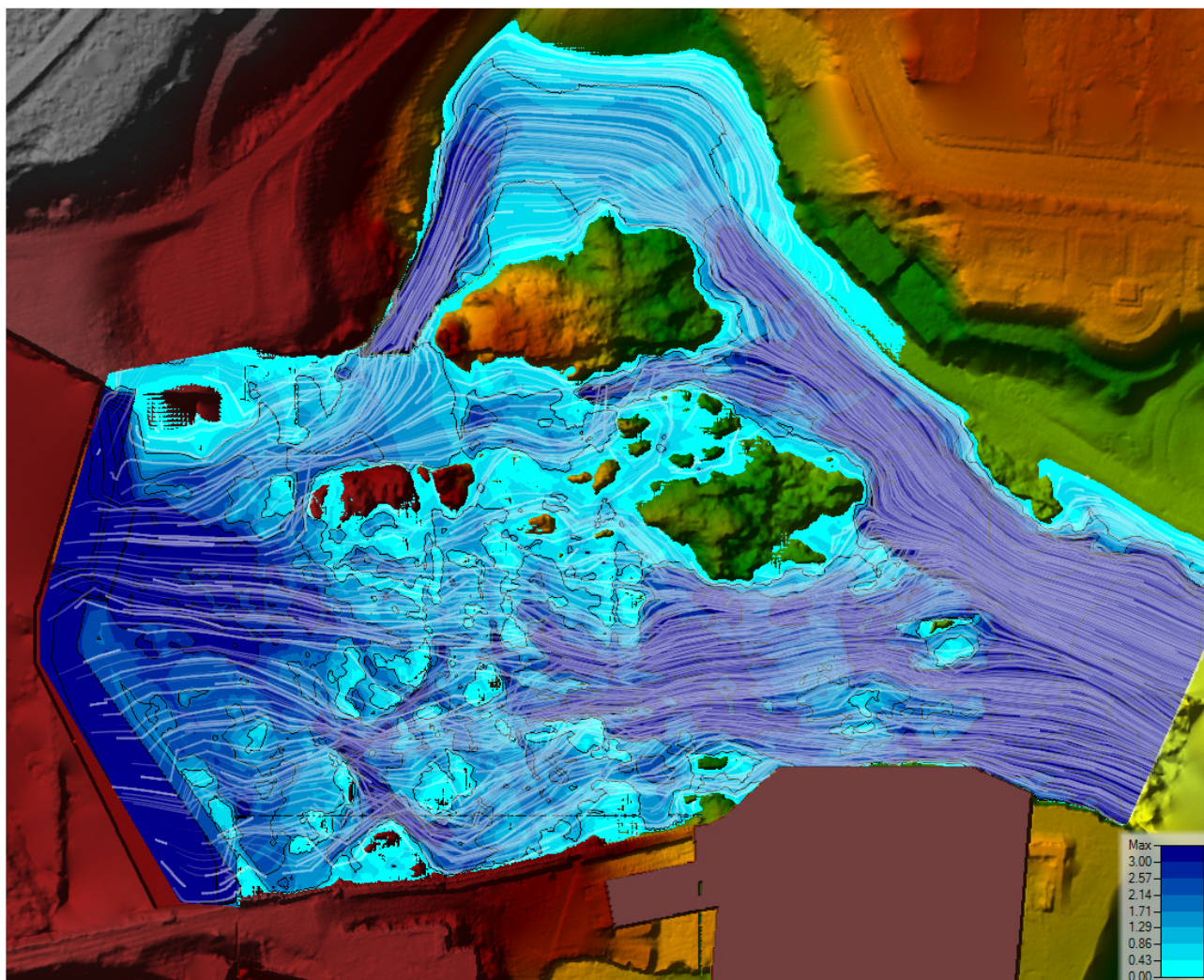
Figur 4-1 viser vanndybden nedstrøms dam Hønefossen. Det er lagd kurver med 1 m ekvidistanse for vanndybde.

Vanndybden langs flomvollen varierer mellom ca. 0,1 m til 2,8 m.



Figur 4-1: Flomsituasjon under en 200-årsflom i Ådalselva ved Lloyds marked: Vanndybde

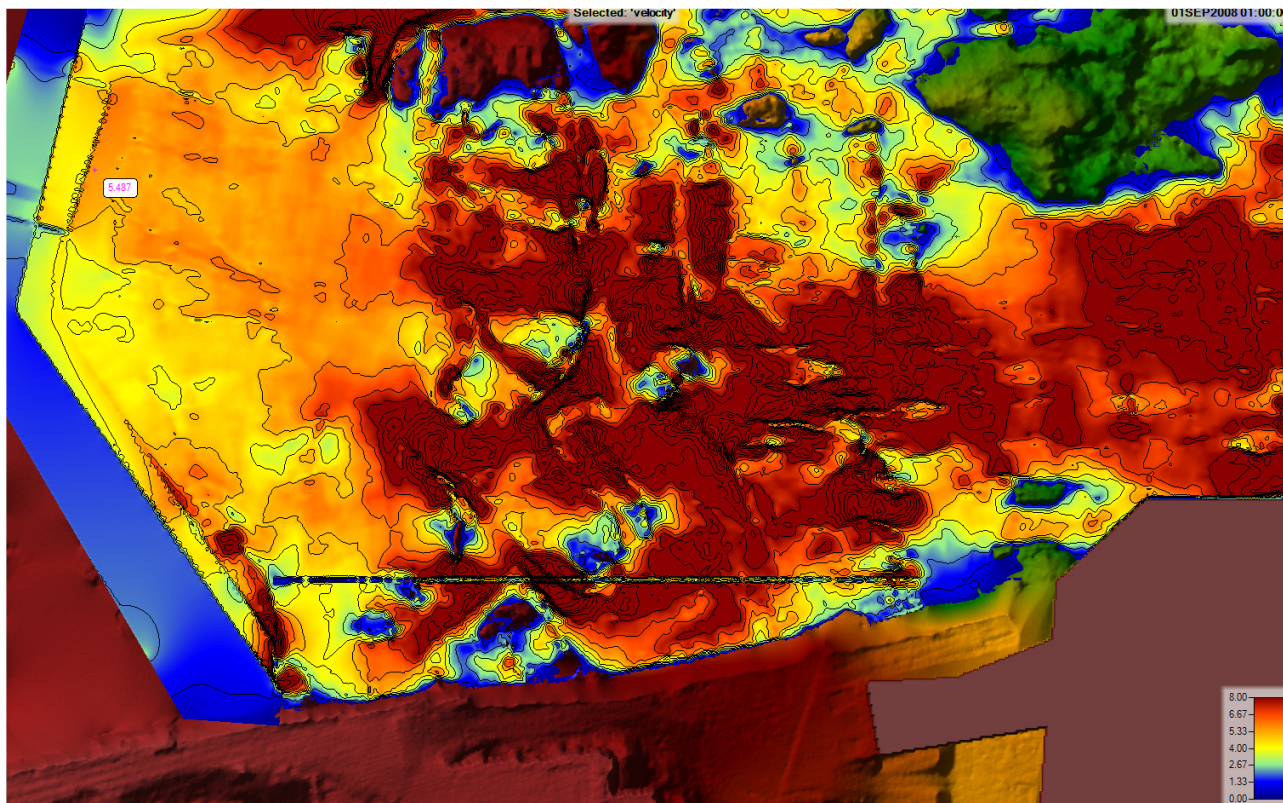
Figur 4-2 viser strømningsmønsteret langs flomvollen ved 200 – årsflommen. Strømlinjene går ikke parallelt med flomvollen. Det er pga. oppstikkende fjell og store steinblokker flere steder langs flommuren.



Figur 4-2: Strømningsmønsteret i Ådalselva ved flomvollen,  $Q_{200}$



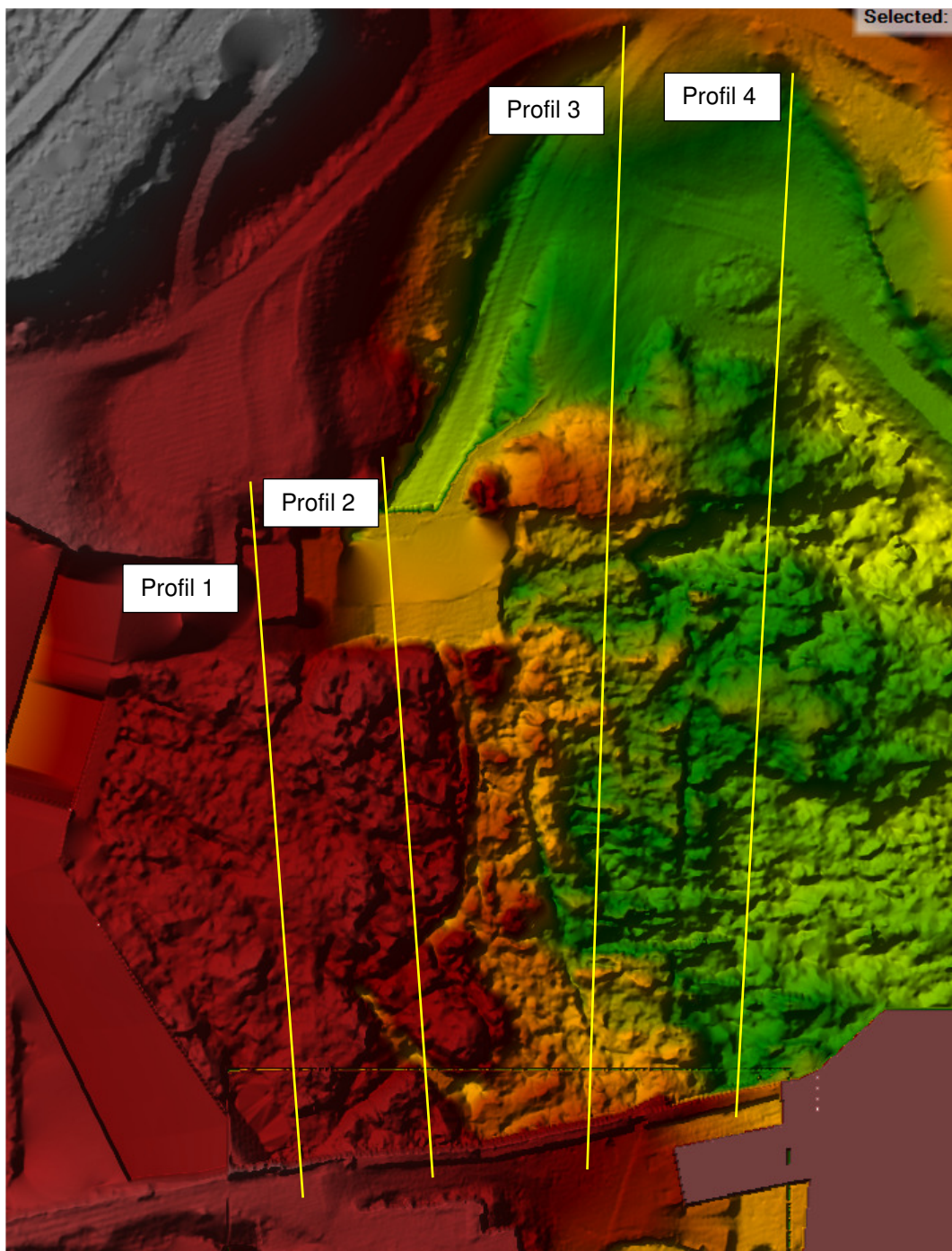
Figur 4-3 viser vannhastigheter langs flomvollen ved 200 – årsflommen. Vannhastighetene varierer fra ca. 0,2 m/s til 8,0 m/s.



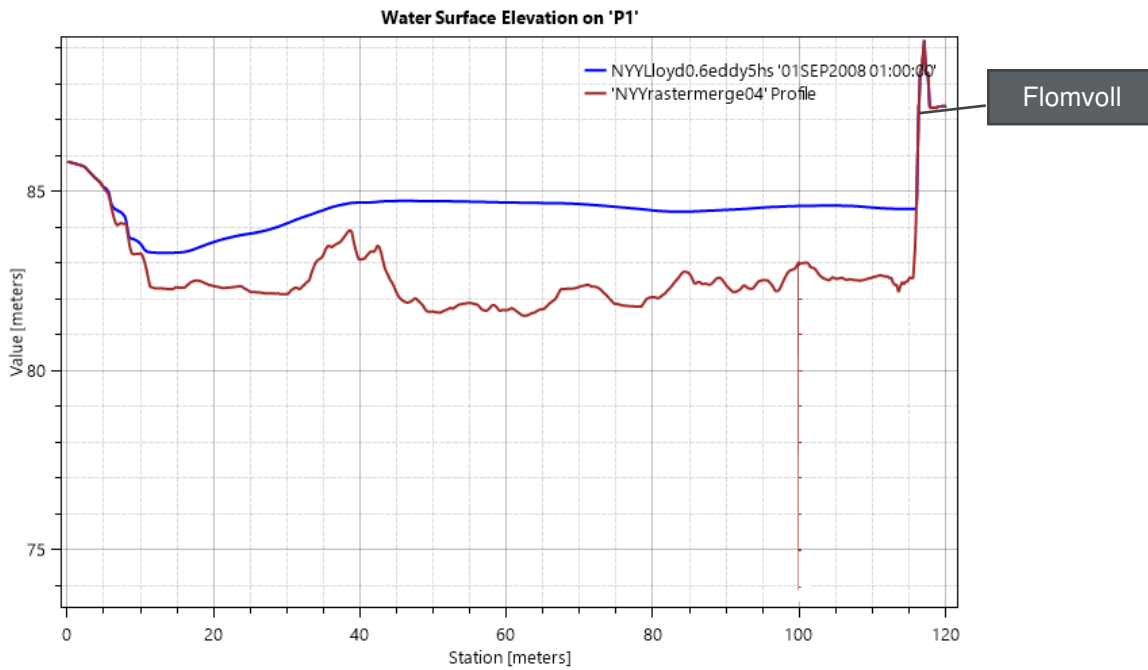
Figur 4-3: Flomsituasjon under en 200-årsflom i Ådalselva ved Lloyds marked: Vannhastigheter

Det vises flomvannstander langs fire profiler langs flomvollen. Plasseringen til profilene er markert i Figur 4-4, mens vannstandene for hvert profil er vist i Figur 4-5 til Figur 4-8.

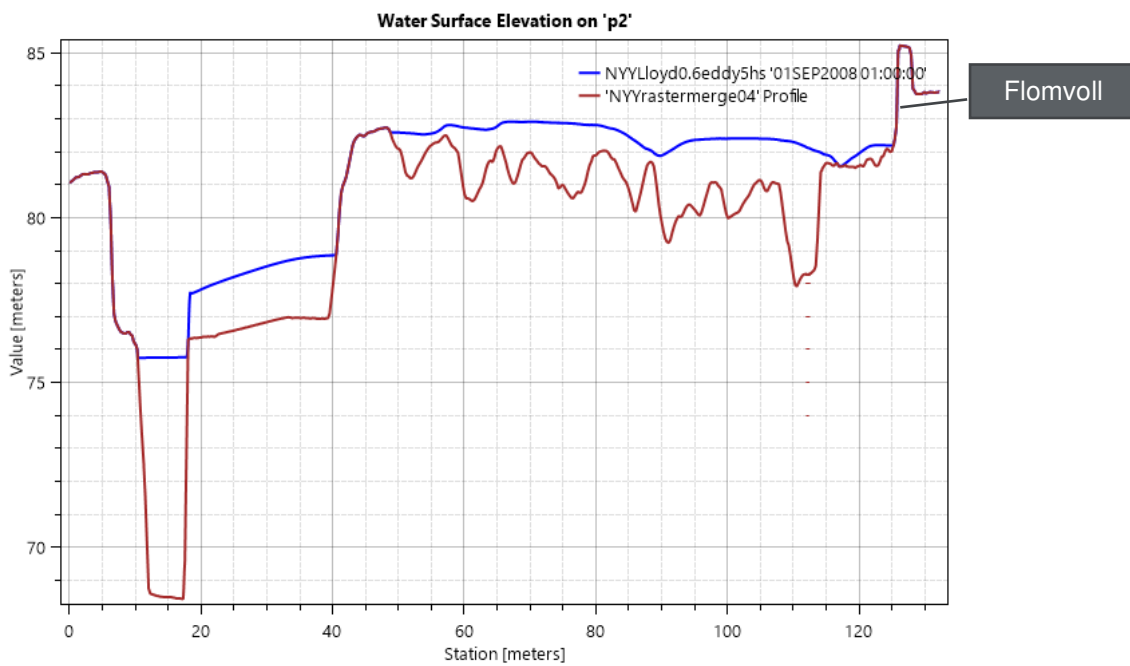




Figur 4-4: Plasseringen til profiler langs flomvollen

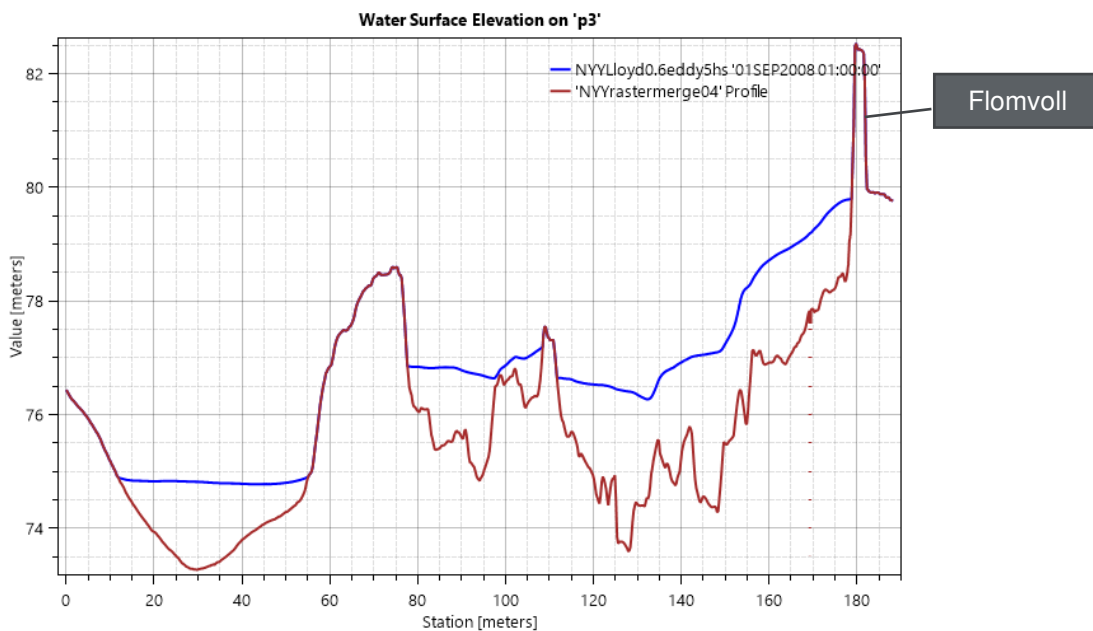


Figur 4-5: Flomvannstand profil 1

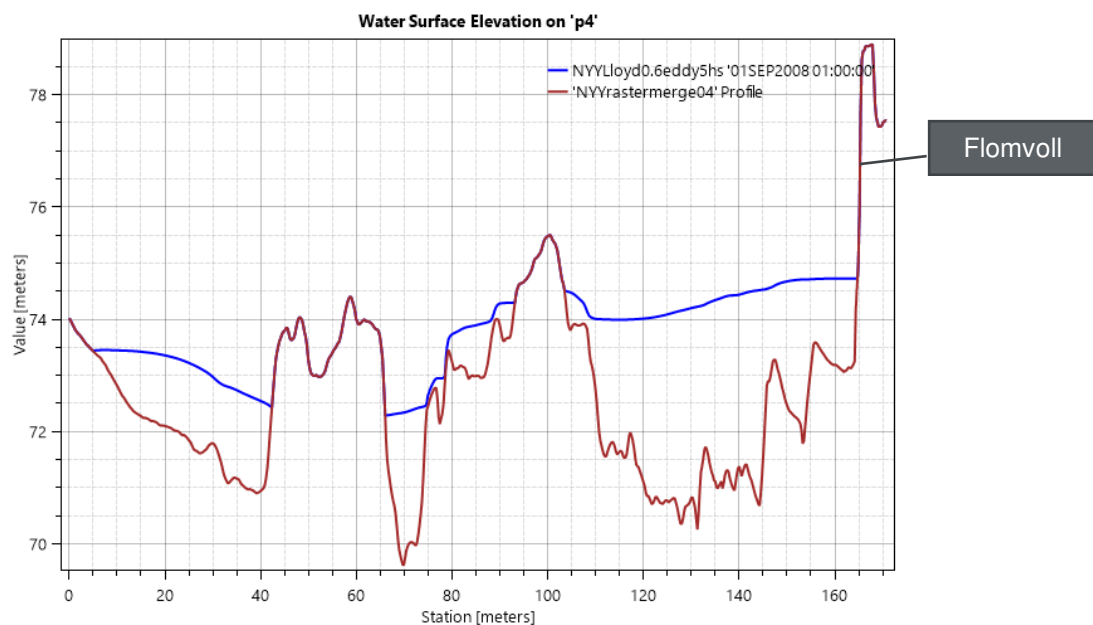


Figur 4-6: Flomvannstand profil 2





Figur 4-7: Flomvannstand profil 3



Figur 4-8: Flomvannstand profil 4

#### 4.1.1 Konklusjon

I en todimensjonal modell blir parameterne som vanndybde og -hastighet kun beregnet i to retninger i horisontalplanet. Langs flomvollen kan det oppstå sjokk-/ stående bølger, som krever beregning av vannhastigheter og -dybder i vertikal retning langs flomvollen. For å kompensere mangelen av beregning av parameterne i vertikal retning, er modellen satt opp med en turbulenskoeffisient og et Manningstall som er valgt noe på den ugunstige siden. Dette resulterer i lavere vannhastigheter og dermed høyere flomvannstander i elva.

Det kan imidlertid ikke utelukkes at bølger fra Hønefossen kan skylle over toppen av flomvollen. Avhengig av vannmengden (vannstand og -hastighet) som eventuelt kan renne gjennom Lloyd marked, kan det vurderes om bygningene vil være flomutsatt.

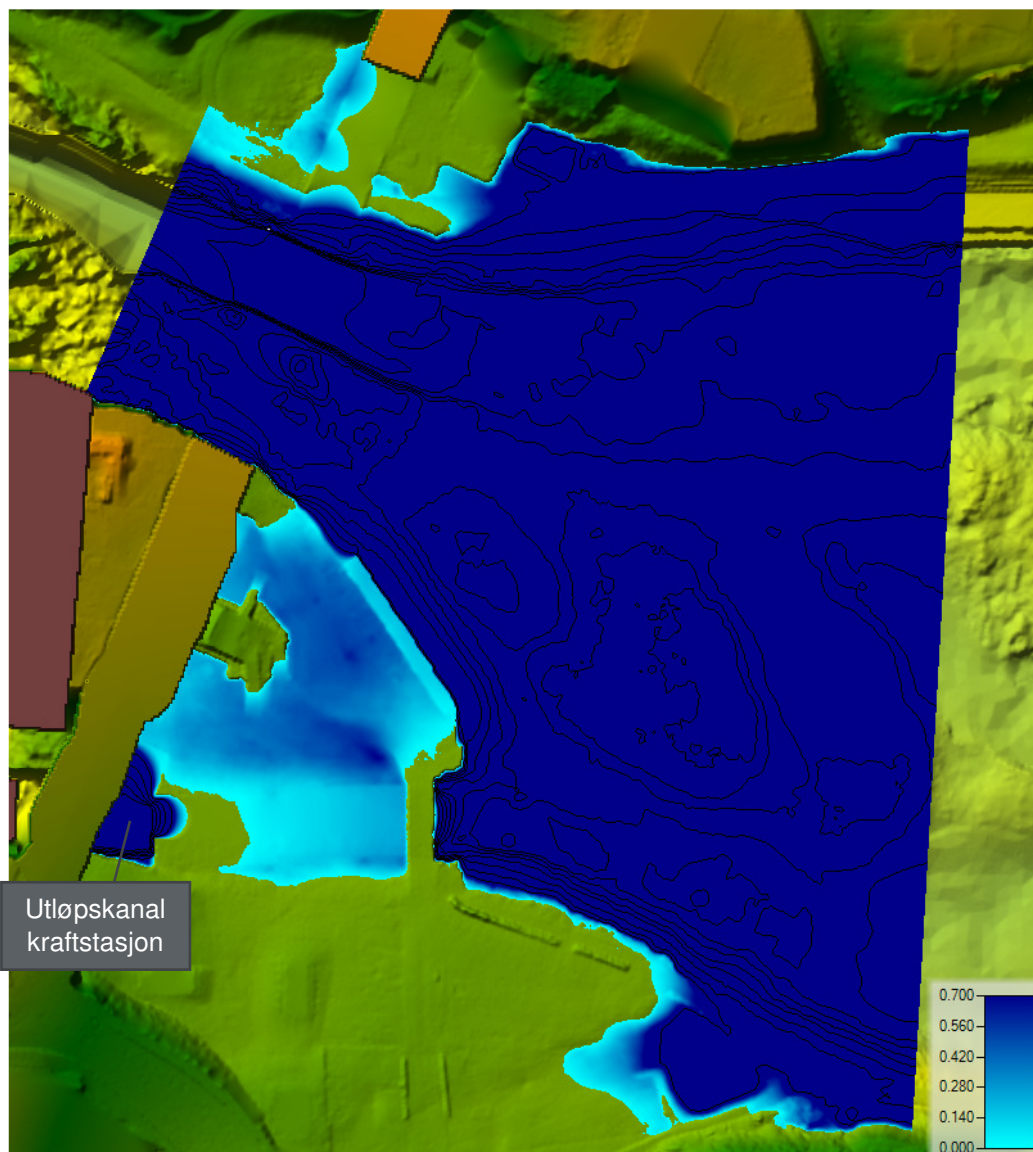
På grunn av de ovennevnte begrensninger i HEC-RAS-modellen anbefales det å utføre en mer nøyaktig beregning vha. et tredimensjonalt beregningsprogram.

Det er ikke gjennomført en vurdering av grunnforholdene langs flomvollen. Det forutsettes at flomvollen tåler trykket fra vannspeilet ved en 200 – årsflom og ikke vil bryte sammen og/ eller eroderes bort.

#### **4.2 Tippen**

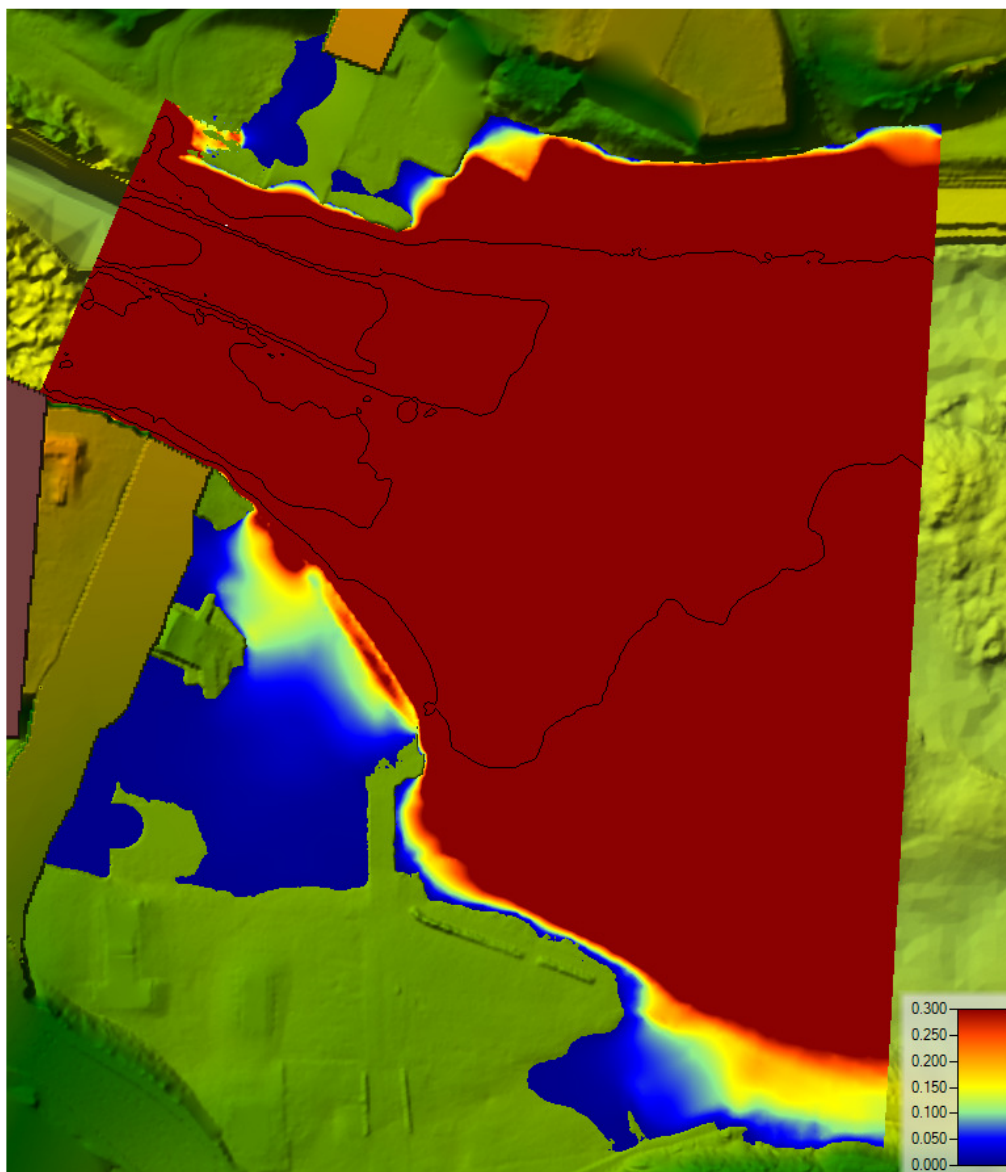
Mellom vannkanten og reguleringsområde Tippen fins det ikke en flomvoll langs elvekanten. Resultatene viser at Tippen blir oversvømt ved en 200 – årsflom, se Figur 4-9. Det er lagd kurver med 1 m ekvidistanse for vanndybde. Maksimal vanndybden langs Tippen er ca. 0,7 m.





Figur 4-9: Flomsituasjon under en 200-årsflom i Ådalselva ved Tippen: Vanndybde

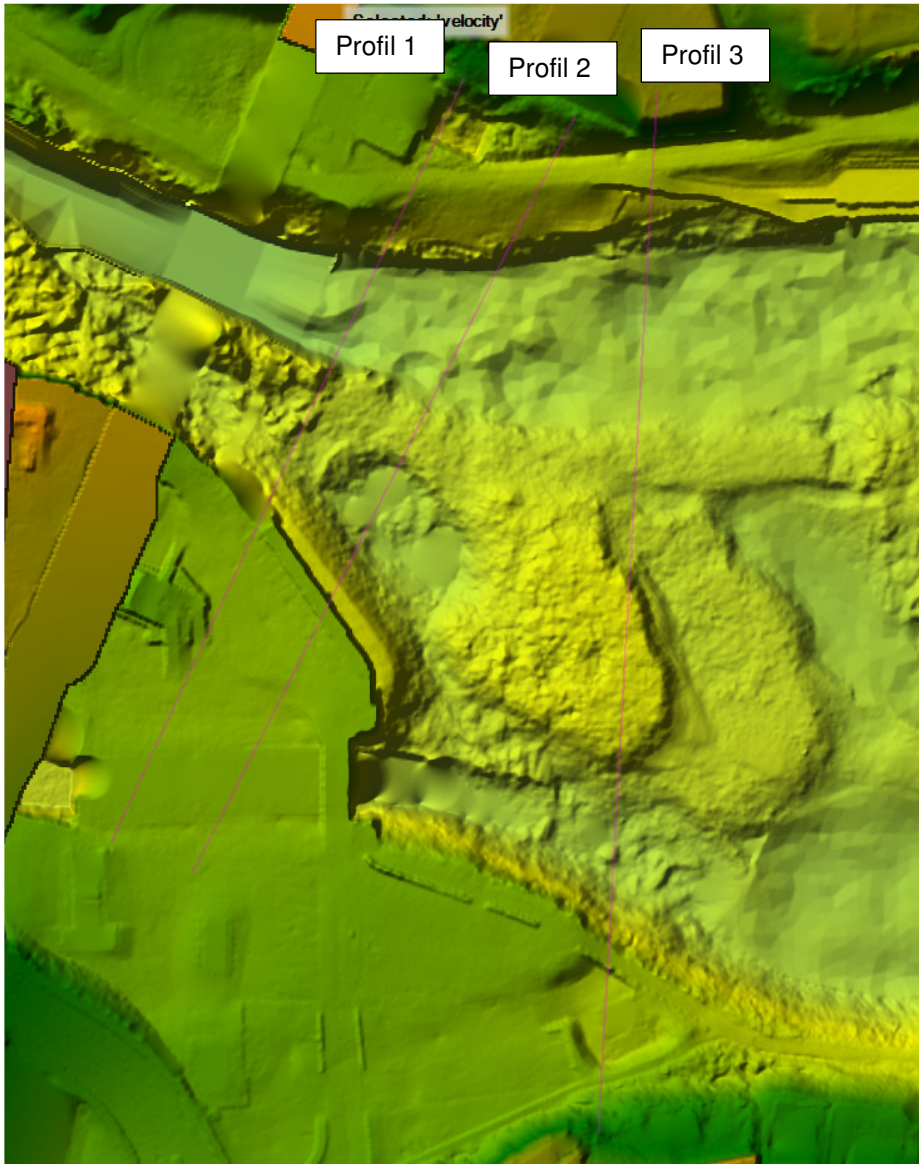
Figur 4-10 viser vannhastigheter ved Tippen ved 200 – årsflommen. Maksimal vannhastighet ved Tippen er ca. 0,4 m/s. Det er nærmest stillestående vann i søndre delen av Tippen.



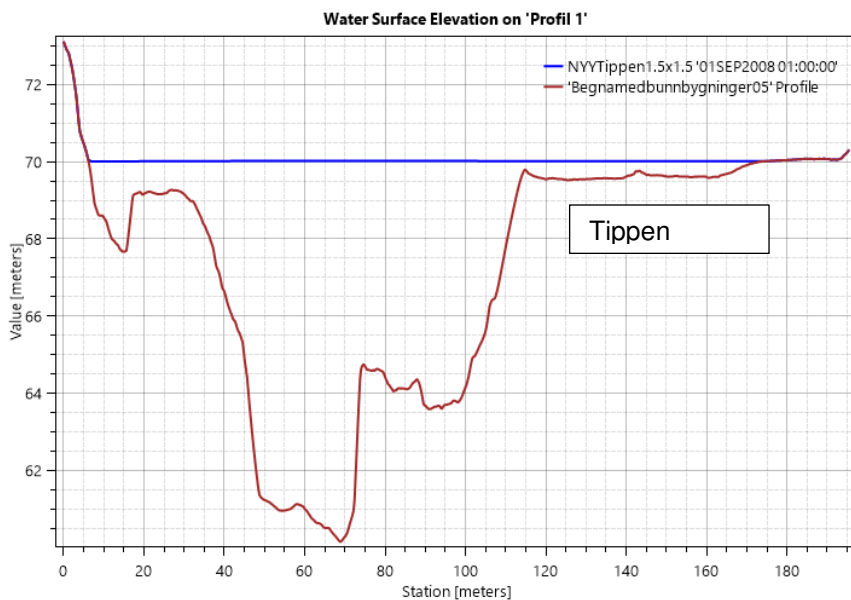
Figur 4-10: Flomsituasjon under en 200-årsflom i Ådalselva ved Tippen: Vannhastigheter



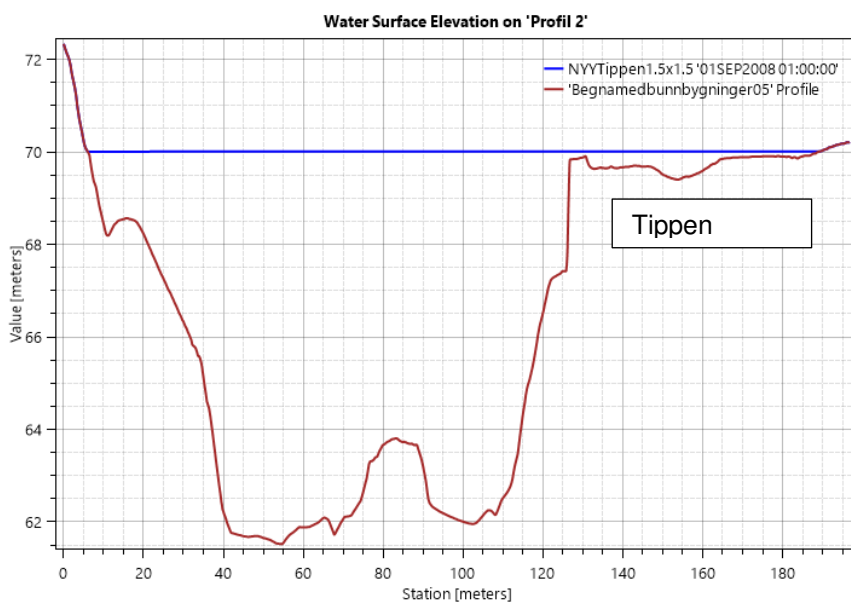
Det vises flomvannstander langs tre profiler langs flomvullen. Plasseringen til profilene er markert i Figur 4-11, mens vannstandene for hvert profil er vist i Figur 4-12 til Figur 4-14.



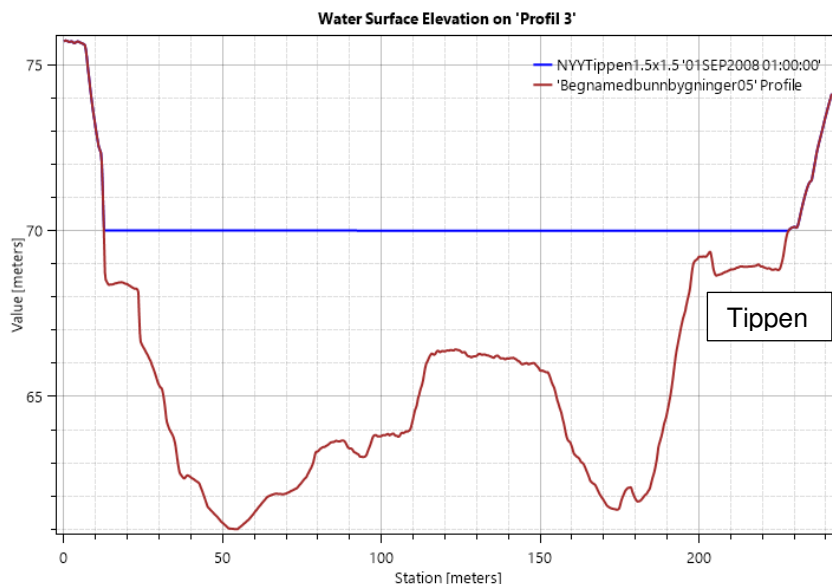
Figur 4-11: Plasseringen til profiler langs Tippen



Figur 4-12: Flomvannstand profil 1



Figur 4-13: Flomvannstand profil 2



Figur 4-14: Flomvannstand profil 3

#### 4.2.1 Konklusjon

Tippen ligger nedenfor Hønefossen. Elveløpet og -slettene er relativt flat. Den todimensjonale modellen som er satt opp i HEC-RAS er godt egnet og nøyaktighetene vurderes til å være tilstrekkelig.

Resultatene viser at Tippen vil bli flomutsatt under en 200 – årsflomsituasjon.

#### 4.3 **Usikkerhet**

I en vannlinjeberegning tas det bare hensyn til strømning av vann. Det tas ikke hensyn til erosjon og sedimenttransport eller sedimentering, som endrer elveløpet under flom.

I tillegg må det forventes usikkerheter i friksjonsforhold og flomstørrelser.

Terrengmodellen er basert på innmålinger fra fly og inneholder ingen informasjon om kotehøyder under vann. Dessuten vil terrenget i områder med tett vegetasjon, under bruer eller andre overbygg være interpolert som skaper unøyaktigheter i modellen. Elvebunnen ved disse områder er endret i vannlinjemodellen for å skape en mer nøyaktig terrengmodell. Vurdering av elvebunnen er utført vha. flybilder og befaringsbilder.

## 5 Kilde

- [1] HEC-RAS 5.0.7, US Army Corps of Engineers, [www.hec.usace.army.mil/](http://www.hec.usace.army.mil/), 2019
- [2] Oppdaterte flomberegninger for dam Hønefossen og Sagdammen, Norconsult, 2016
- [3] Flomsonekart Delprosjekt Hønefoss, NVE, 2003



## 6 Vedlegg

### Vedlegg 1 Arrangementtegning dam Hønefossen

