

**Oppdragsgiver:** Posten Eiendom Bergen AS  
**Oppdragsnavn:** Kokstaddalen, felt BKB 1 og 2 VA-rammeplan  
**Oppdragsnummer:** 620630-02  
**Dato:** 20.02.2020  
**Utarbeidet av:** Cecilie Kvangarsnes  
**Oppdragsleder:** Terje Skaar  
**Tilgjengelighet:** Åpen

## NOTAT Flomvurdering Stemmebekken

<b>1. INNLEDNING .....</b>	<b>1</b>
<b>2. BEREGNING AV 200 ÅRS FLOM .....</b>	<b>2</b>
2.1. Nedbørfelt .....	2
2.2. Rasjonell metode .....	3
2.3. Nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS) .....	4
2.4. Dimensjonerende 200-års flom .....	4
<b>3. STEMMEBEKKEN VED 200-ÅRS FLOM .....</b>	<b>4</b>
3.1. Eksisterende situasjon .....	6
3.2. Fremtidig situasjon med vei i bekkeløpet .....	7
<b>4. OPPSUMMERING .....</b>	<b>11</b>

### 1. INNLEDNING

Dette notatet er ment som et vedlegg til VA-rammeplan Kokstad – område BKB 1 og 2 – planid.: 65960000. Notatet inneholder resultater fra simulering av Stemmebekken oppstrøms vegen Kokstadflaten, ved en 200 års nedbørhendelse.

Fordi området nedstrøms Kokstadflaten er flomutsatt, har NVE gitt et innspill til saksbehandlingen, datert 23.10.2019, der de sier at «utbygging ikke må øke avrenning til vassdrag på en måte som øker flomfaren nedstrøms». Det henvises også til Byggteknisk forskrift (TEK 17) §7-1 som sier at «Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket.»

Tiltak for fordrøyning av økt avrenning som følge av utbyggingen, slik at fremtidig avrenning fra planområdet tilsvarer dagens avrenning, er beskrevet i VA-rammeplanen.

Beregninger og simuleringer i dette notatet er basert på en digital terrengmodell lastet ned fra hoydedata.no (Høydedata, 2020). Modellen har en oppløsning på 0,25 meter, og er basert på laserscanning av Bergen i 2016.

For fremtidig avrenning er det lagt til et klimapåslag på 40 % i henhold til anbefalinger fra Norsk Klimaservicesenter (Dyrrdal, 2019).

Utrekninger og modeloppsett er utført av Cecilie Kvangarsnes, med bistand og kvalitetssikring av Fabian Tapia. Helge Helland har gjort innmålinger.

## 2. BEREGNING AV 200 ÅRS FLOM

200-års flom er beregnet med rasjonell metode og sammenlignet med nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS).

### 2.1. Nedbørfelt

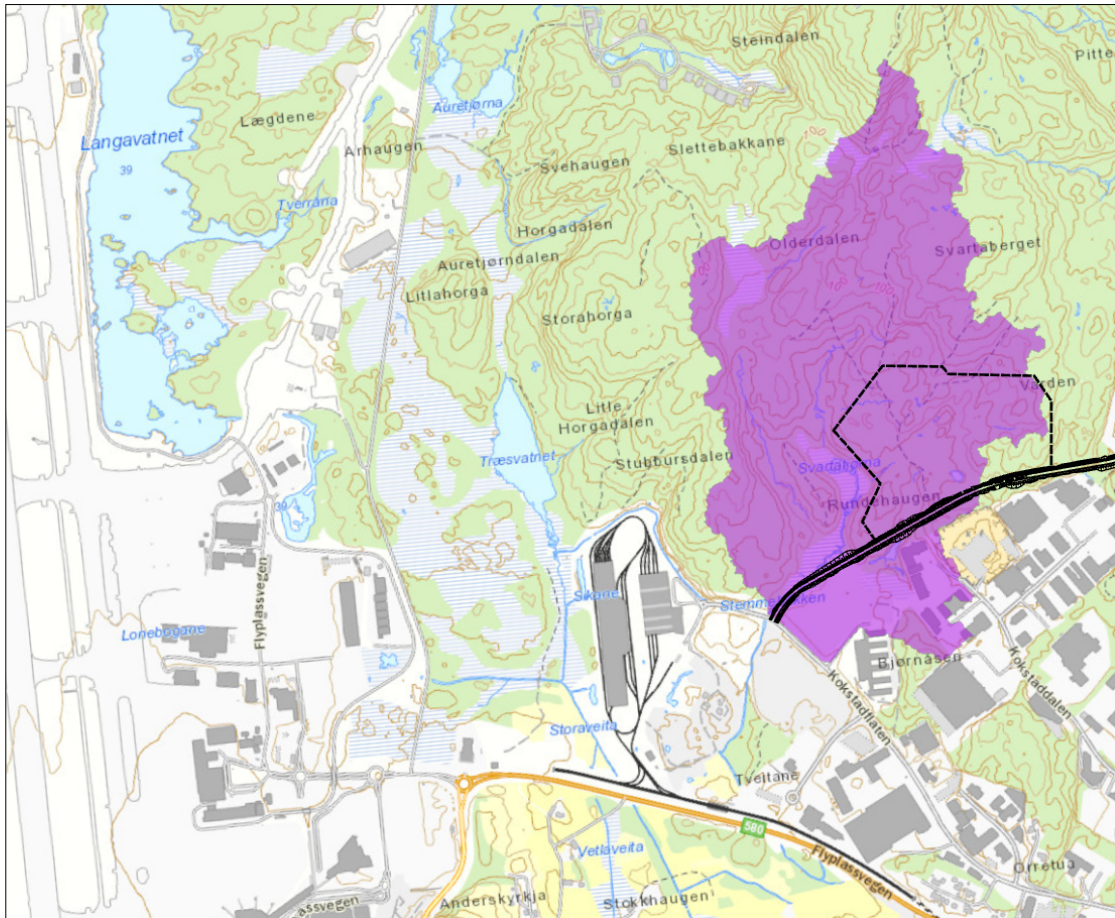
Nedbørfeltet til Stemmebekken oppstrøms Kokstadflaten er generert i ArcGIS, basert på terrengmodellen fra Høydedata. Feltegenskaper er hentet fra NVE sitt kartverktøy Nevina (Nevina, 2020). I Nevina er det oppgitte feltarealet en del mindre enn det som er generert i ArcGIS, men fordi Nevina er basert på en terrengmodell med lavere oppløsning, vil Nevina gi lavere nøyaktighet spesielt for små felt. Feltarealet fra ArcGIS er derfor brukt videre i analysen. Det er antatt at oppgitt spesifikk avrenning fra Nevina stemmer for nedbørfeltet.

Feltegenskaper for Stemmebekken er vist i Tabell 1. Nedbørfeltet, inkludert planområde og ny planlagt vei, er vist i Figur 1.

Nedbørfeltet består for det meste av fjell, med et tynt skogdekke. Økning i avrenning på grunn av økning i tette flater etter utbygging skal fordrøyes på planområdet, slik at avrenning mot Stemmebekken tilsvarer dagens avrenning.

Tabell 1 Feltegenskaper for Stemmebekken, oppstrøms Kokstadflaten

<b>Stemmebekken</b>	
Areal (km <sup>2</sup> )	0.54
H <sub>min</sub> (moh)	61
H <sub>maks</sub> (moh)	125
Andel myr (%)	7
Effektiv sjøprosent, A <sub>se</sub> (%)	0
Andel skog (%)	93
Andel snaufjell (%)	0
Andel bre (%)	0
Spesifikk avrenning, q <sub>n</sub> (l/s*km <sup>2</sup> ) (1961-90)	58.9
Middelvannføring, Q <sub>n</sub> (m <sup>3</sup> /s) (1961-90)	0.032



Figur 1 Nedbørfeltet til Stemmebekken, der bekken krysser Kokstadflaten. Planområdet og ny planlagt vei er tegnet inn. Flesland lufthavn ligger til venstre i bildet.

## 2.2. Rasjonell metode

Den rasjonelle metoden brukes for å beregne avrenning fra nedbørfelt med feltareal under 2 km<sup>2</sup> (Vegdirektoratet, 2018), ved ulike gjentakintervall. Avrenningen  $Q$  [m<sup>3</sup>/s] er gitt ved:  $Q = C \cdot i \cdot A \cdot F_k$ , der  $C$  er en dimensjonsløs avrenningsfaktor,  $i$  er nedbørsintensitet fra valgt IVF-kurve,  $A$  er feltareal og  $F_k$  er klimafaktor for fremtidig nedbør.

Nedbørfeltet består for det meste av skog, men vegetasjonsdekket er tynt ned til fjell. Det er valgt en avrenningsfaktor på 0,66 for hele området. Konsentrasjonstiden er beregnet for både naturlig og urbant felt, henholdsvis på 77 og 12 min. Fordi dette for det meste er et naturlig felt, er det lagt mest vekt på den naturlige formelen og det er valgt å bruke 60 min for videre beregning. IVF-kurve for Bergen, Sandsli (Norsk Klimaservicesenter, 2020) er benyttet i beregning av avrenning med 200 års gjentakintervall,  $Q_{200}$ . Beregnet 200-års flom,  $Q_{200}$ , med rasjonell metode er vist i Tabell 2.

Tabell 2 Beregnet 200 års flom, rasjonell metode

Rasjonell metode	
A (ha)	54
C	0,66
I (l/s*ha)	82,2
$F_k$	1,4
$Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)	2,9
<b><math>Q_{200}</math> inkl. <math>F_k</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>4,1</b>

### 2.3. Nasjonalt formelverk for små uregulerte felt (NIFS)

Nasjonalt formelverk som beskrevet i «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (Stenius, 2015) gir verdier for middelflom,  $q_m$ , og 200-års flom,  $Q_{200}$ , som vist i Tabell 3.

Tabell 3 Beregnet 200 års flom, nasjonalt formelverk

Nasjonalt formelverk	
A (km <sup>2</sup> )	0,54
$q_n$ (l/s*km <sup>2</sup> )	58,9
$Q_n$ (m <sup>3</sup> /s)	0,03
$q_m$ (l/s*km <sup>2</sup> )	1786
$F_k$	1,4
$Q_{200}$ (m <sup>3</sup> /s)	2,5
<b><math>Q_{200}</math> inkl. <math>F_k</math> (m<sup>3</sup>/s)</b>	<b>3,5</b>

Nasjonalt formelverk oppgir usikkerhet (95% konfidensintervall) for  $Q_{200}$  med øvre grense på 5 m<sup>3</sup>/s og nedre grense på 1,3 m<sup>3</sup>/s, uten klimapåslag.

### 2.4. Dimensjonerende 200-års flom

Rasjonell metode gir noe høyere beregnet 200-års flom enn nasjonalt formelverk, men innenfor grensen for usikkerhet. Fordi nedbørfeltet er veldig lite, er det valgt å legge mest vekt på den rasjonelle metode.

I forbindelse med reguleringsplanarbeid for Lilandsjordet, som ligger nedstrøms planområdet, er  $Q_{200}$  fra Stemmebekken i samme punkt beregnet til 2,3 m<sup>3</sup>/s, inkludert 20 % klimapåslag. Sweco har brukt et nedslagsfelt på 0,40 km<sup>2</sup>. Det er usikkert hvorfor Sweco har kommet frem til et mindre nedslagsfelt enn det vi har generert fra terrengmodellen. Et klimapåslag på 20 % er ikke i henhold til gjeldende anbefalinger.

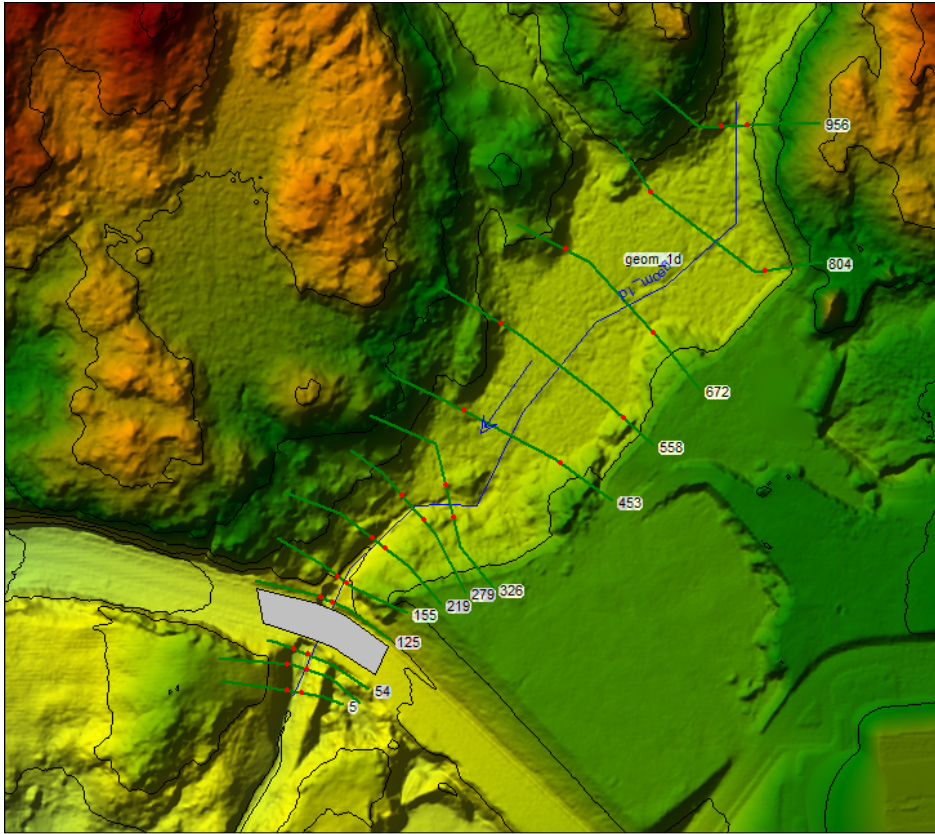
**Det er videre brukt en 200-års flom på 2,9 m<sup>3</sup>/s for dagens situasjon, og 4,1 m<sup>3</sup>/s for fremtidig situasjon, inkludert 40 % klimapåslag.**

## 3. STEMMEBEKKEN VED 200-ÅRS FLOM

Det hydrauliske analyseprogrammet Hec-Ras v.5.0.7 er benyttet for å regne ut vannlinjen for Stemmebekken ved en 200-års flom. Terrengmodellen er hentet fra Kartverket sin karttjeneste Høydedata (Høydedata, 2020) med laserscanning fra 2016 av Bergen. Data har en punkttetthet på 5 pkt./m<sup>2</sup>.

I modellen er det definert ulike tverrprofiler langs bekken, vist i Figur 2. Det er også gjort innmålinger av noen elveprofil langs elven for kalibrering av terrengmodellen, samt innmåling av kulverten under veien. Bilder av kulverten er vist i Figur 3 og Figur 4. Kulverten er manuelt lagt inn i modellen. Innmålingene viser at terrengmodellen stemmer bra.

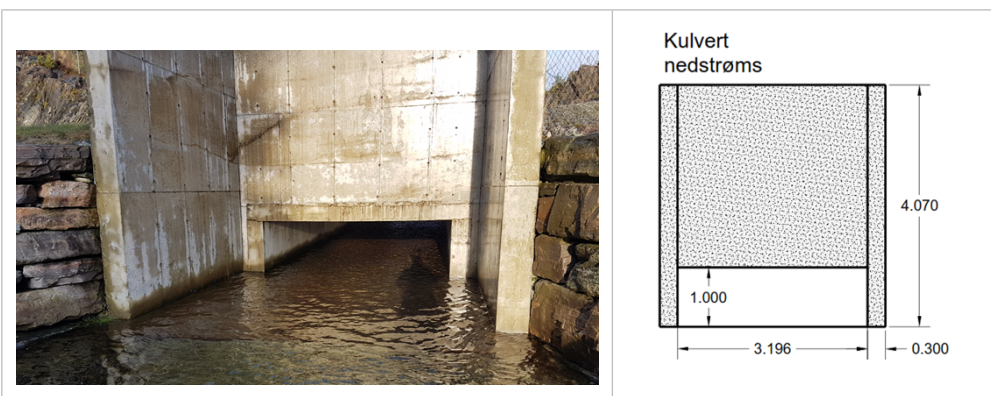
Alle høyder er oppgitt i NN2000.



Figur 2 Oppsett i Hec-Ras, eksisterende situasjon

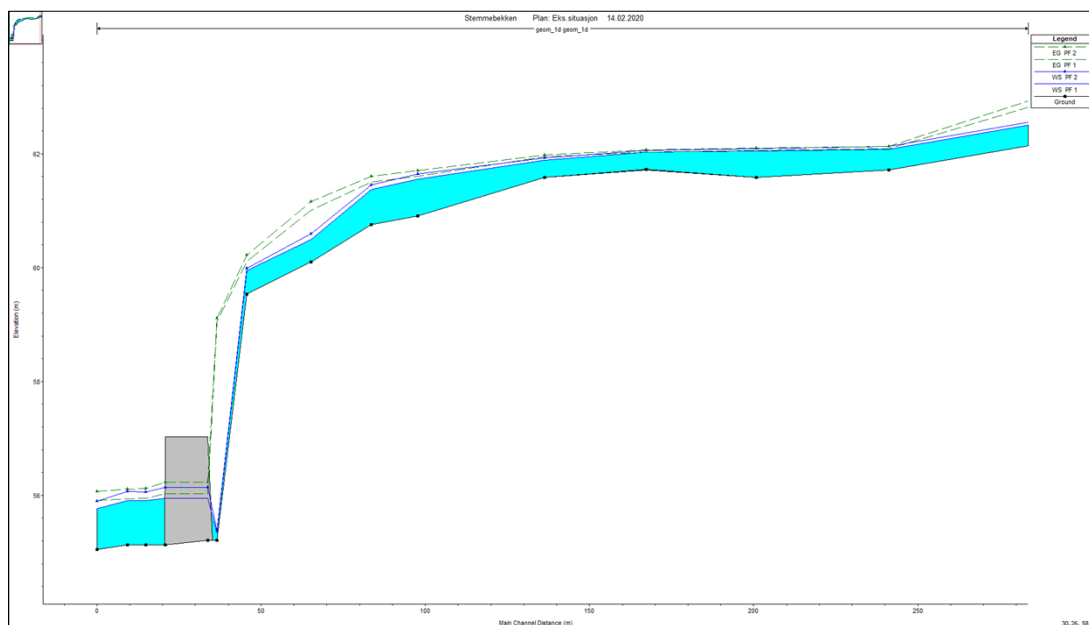


Figur 3 Oppstrøms kulvert

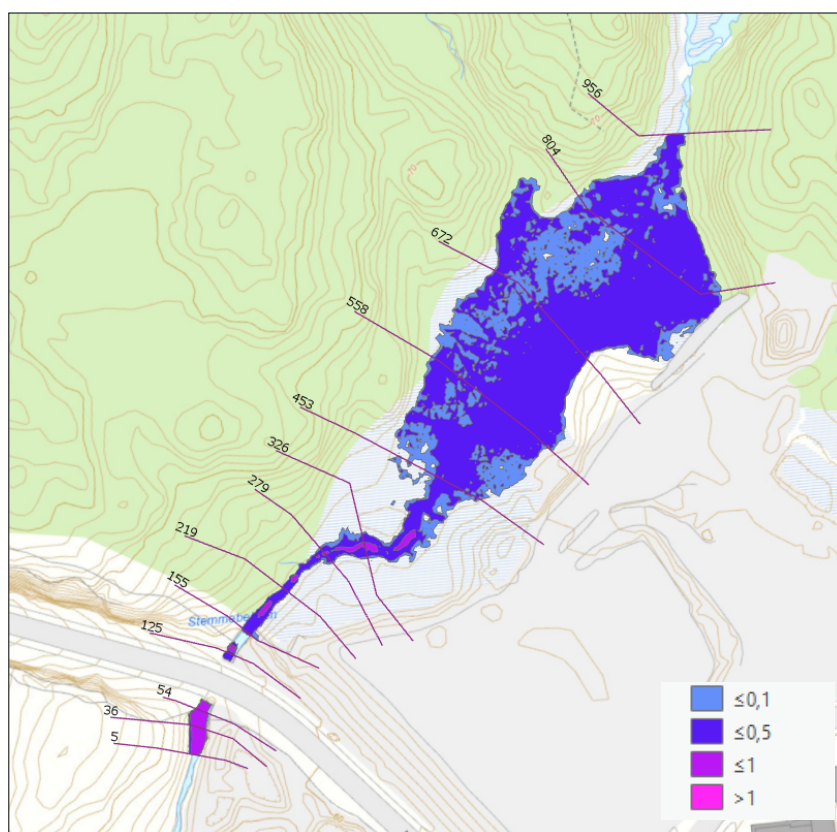


Figur 4 Nedstrøms kulvert

### 3.1. Eksisterende situasjon

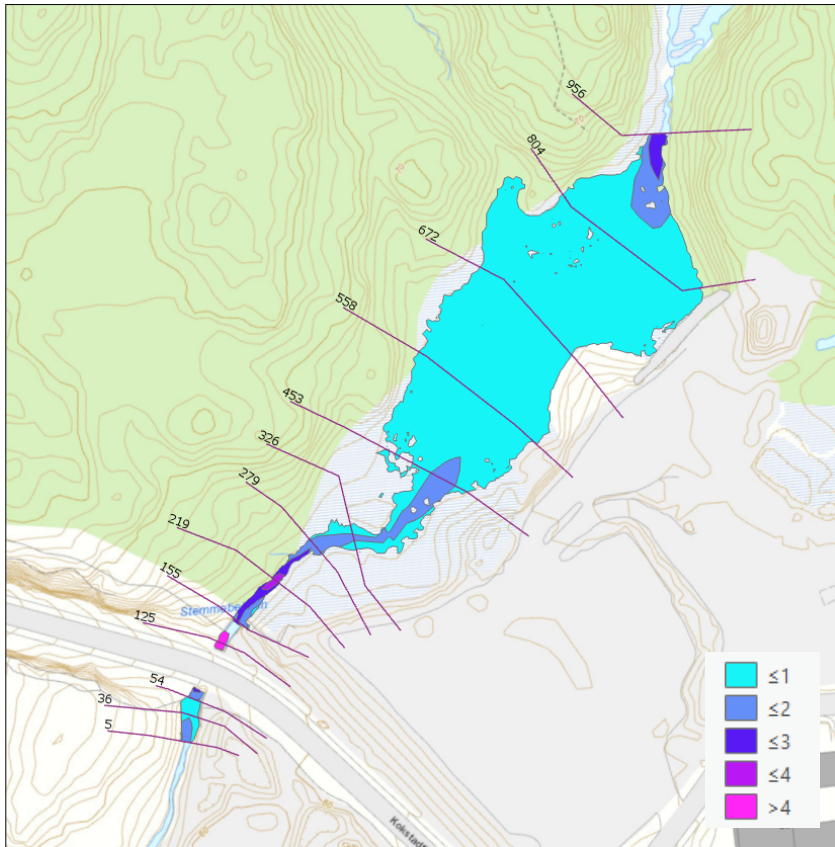


Figur 5 Simulering av eksisterende situasjon ved  $Q_{200}$ .



Figur 6 Vanddybde (m) ved  $Q_{200}$ , eksisterende situasjon uten klimapåslag.

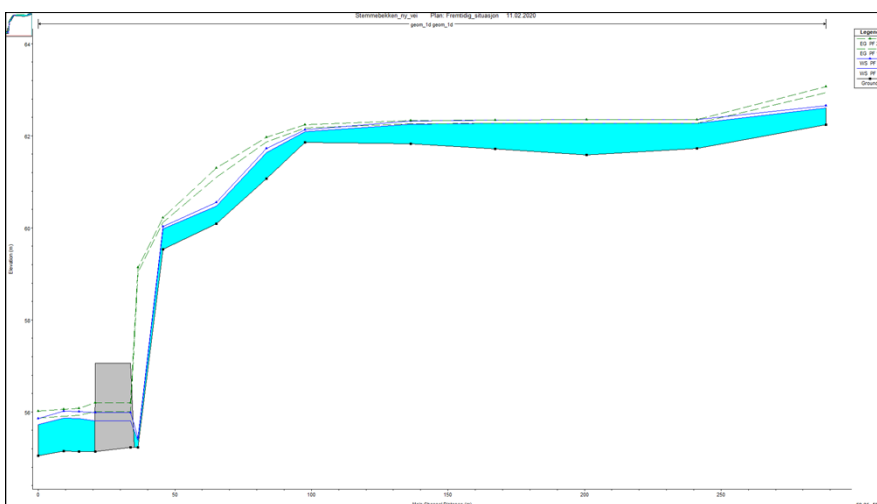
Figur 6 viser at vanddybden ved  $Q_{200}$  ikke vil overstige 1 meter, og det vil dermed være nok kapasitet i kulverten.



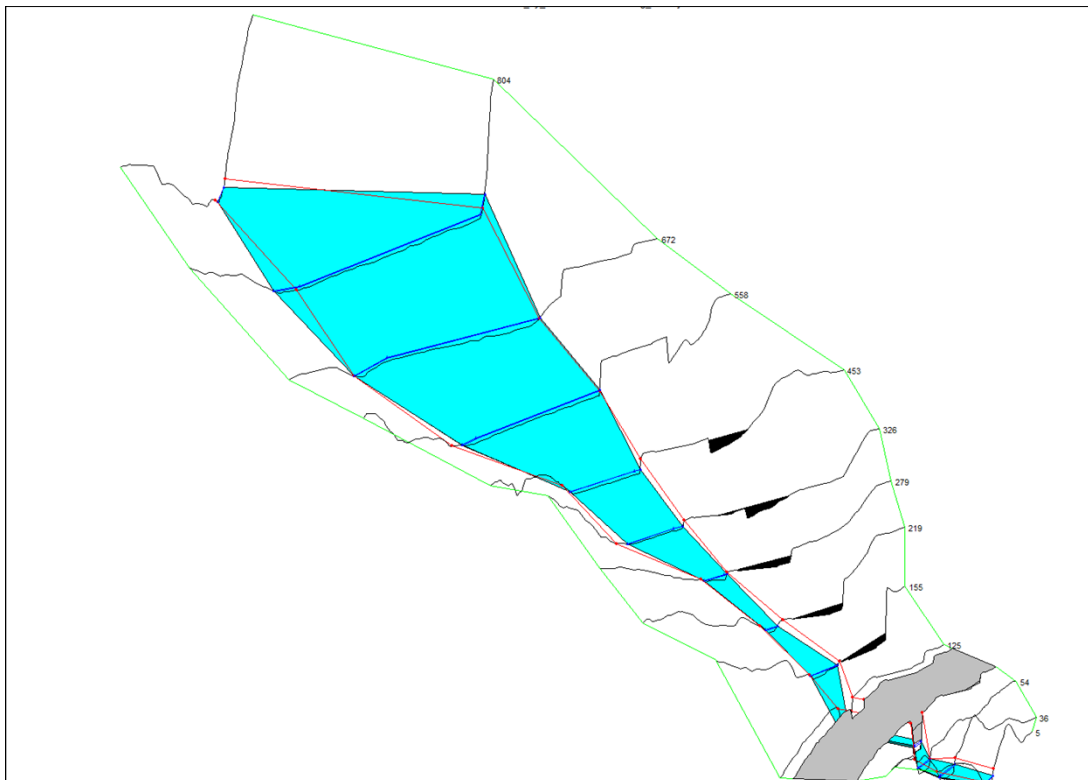
Figur 7 Vannhastighet (m/s) ved  $Q_{200}$ , eksisterende situasjon uten klimapåslag.

Figur 7 viser vannhastighet ved  $Q_{200}$ . Vannhastigheten blir opp mot 3,4 m/s (3,6 m/s inkl. klimapåslag) før innløp til kulverten (ved profil 219), der vannveien snevres inn.

### 3.2. Fremtidig situasjon med vei i bekkeløpet

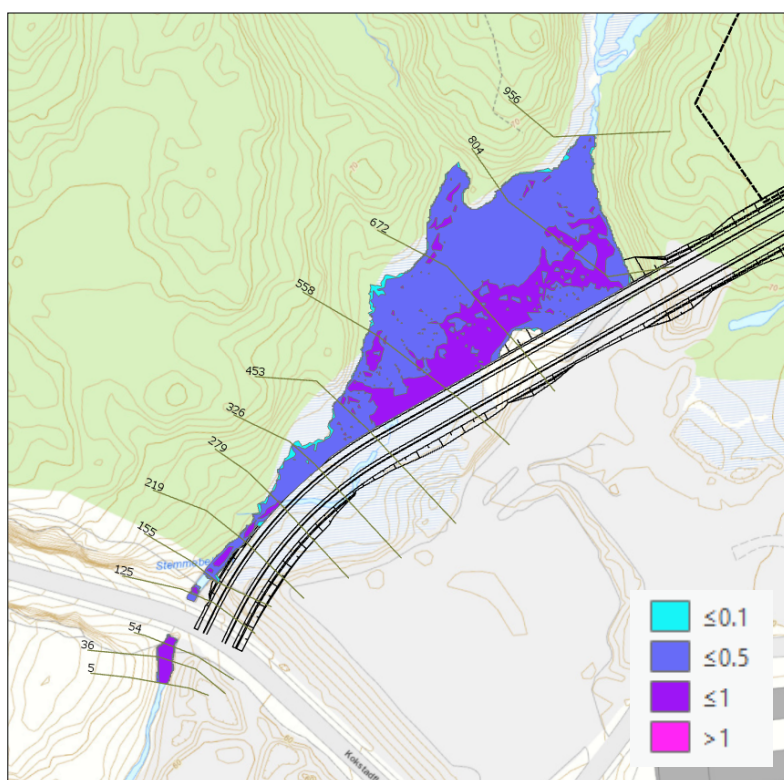


Figur 8 Simulering av fremtidig situasjon ved  $Q_{200}$ , inkludert klimapåslag.



Figur 9 Fremtidig situasjon ved  $Q_{200}$  inkl. klimapåslag. Planlagt vei til høyre for bekken.

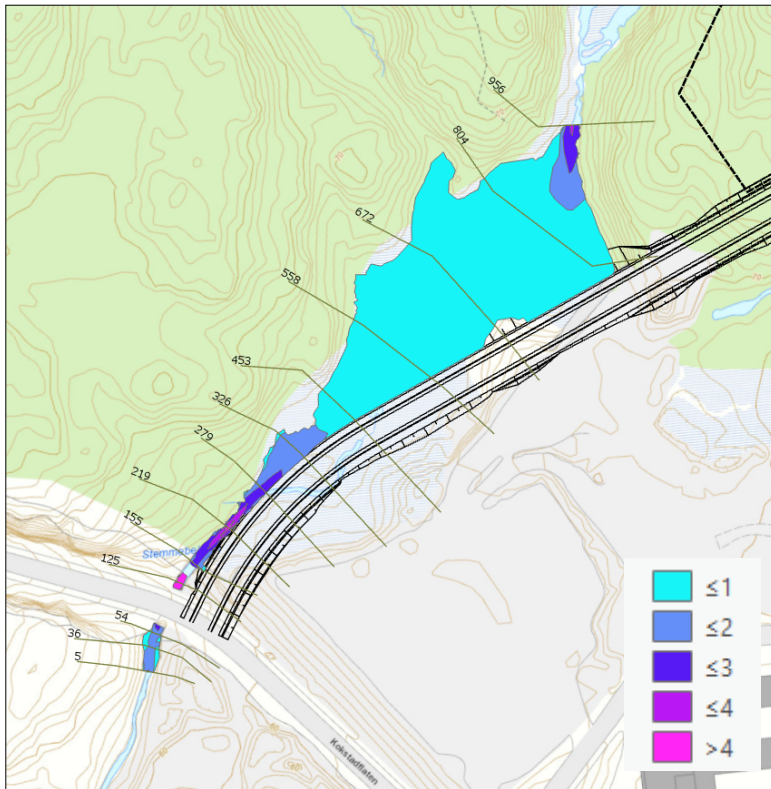
Planlagt vei vil innsnevre bekken sitt naturlige løp, og dermed øke vannhastigheten i bekkeløpet. Dette vil gi økt erosjonsfare.



Figur 10 Vandybde (m) ved  $Q_{200}$ , fremtidig situasjon inkl. klimapåslag.



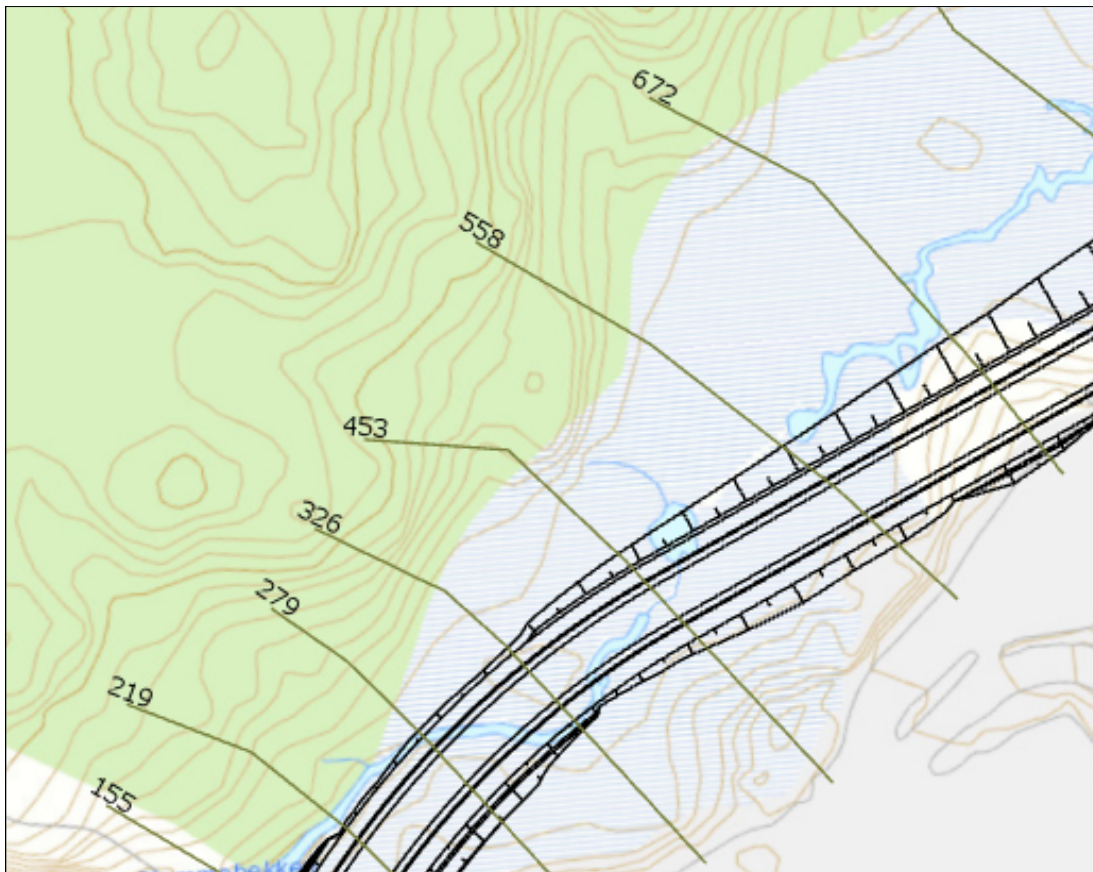
Figur 10 viser at vanddybden ved  $Q_{200}$  ikke vil overstige 1 meter, og det vil dermed være nok kapasitet i kulverten.



Figur 11 Vannhastighet (m/s) ved  $Q_{200}$ , fremtidig situasjon inkl. klimapåslag.

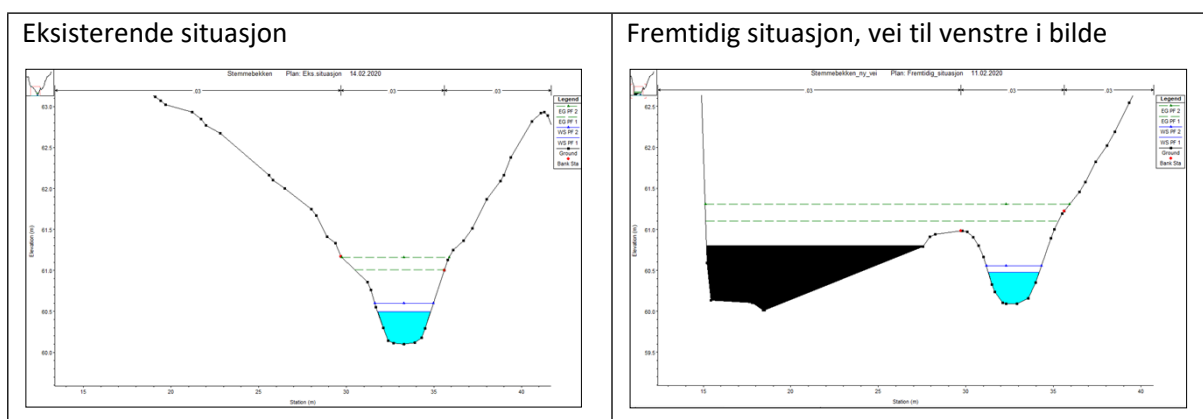
Figur 11 viser vannhastighet ved  $Q_{200}$  inkl. klimapåslag, etter etablering av vei delvis i bekkeløpet. Vannhastigheten blir opp mot 4,5 m/s (4,0 m/s uten klimapåslag) før innløp til kulverten (ved profil 219), der vannveien snevres inn.

OBS! Legg merke til at profilnummer ikke tilsvarer avstanden mellom profilene.



Figur 12 Planlagt vei i bekkeløp

Figur 12 viser at planlagt vei vil gå i bekkeløpet til Stemmebekken mellom profil 672 og 219.



Figur 13 Profil 219, før og etter utbygging, sett fra oppstrøms side

Figur 13 viser at ny vei ikke vil endre bekkeløpet til Stemmebekken ved profil 219. Grunnen til økt vannhastighet her, er at vannet oppstrøms tvinges lenger opp i terrenget, slik at bekkebunnen heves. Det anbefales at det etableres et definert elveløp langs veien med tverrsnitt og ruhet tilsvarende dagens elveløp. Veien må også erosjonssikres.

Tabell 4 viser flomsikre koter langs bekken, etter etablering av vei. Det er lagt til en sikkerhetsmargin på 0,5 meter på beregnet vannlinje. Tiltak for å opprettholde tverrsnittareal i bekken etter bygging av veien er ikke tatt med.

Tabell 4 Flomsikker kote etter etablering av vei delvis i bekkeløpet.

<b>Profil</b>	<b>Terreng (moh)</b>	<b>Vannlinje (inkl. klimapåslag) (moh)</b>	<b>Flomsikker kote (moh)</b>
956	62.2	62.7	63.2
804	61.7	62.4	62.9
672	61.6	62.4	62.9
558	61.7	62.3	62.8
453	61.8	62.3	62.8
326	61.9	62.1	62.6
279	61.1	61.7	62.2
219	60.1	60.6	61.1
155	59.5	60.0	60.5
125	55.2	55.4	55.9
<b>Kulvert</b>			
54	55.1	56.0	56.5
36	55.2	56.0	56.5
5	55.1	55.9	56.4

## 4. OPPSUMMERING

Simulering av 200-års flom med og uten klimapåslag viser at kulverten gjennom Kokstadflaten vil ha nok kapasitet til å håndtere en 200-års flom, også med klimapåslag.

Stemmebekken vil ikke utgjøre noen flomfare for utbyggingsområdet, da dette ligger høyere enn bekken.

Det anbefales at det opprettes et bekkeløp forbi ny vei med tilsvarende tverrsnittareal og ruhet som bekken har i dag. Dette gjelder mellom profil 672 og 219.

Det er ikke gjort sensitivitetsanalyse, men det anbefales å legge til 0,5 meter på beregnet vannlinje. Flomsikker kote inkludert 0,5 meter sikkerhetsmargin er vist i Tabell 4.

## KILDER

- Dyrrdal, m.fl. (2019). Klimapåslag for korttidsnedbør. NCCS report no. 5/2019. Norsk Klimaservicesenter.
- Høydedata. (2020, februar). Kartverket. Hentet fra [www.hoydedata.no](http://www.hoydedata.no)
- Nevina. (2020, februar). Kartverktøy. Nedbørfelt-Vannføring-Indeks-Analyse, NVE. Hentet fra [nevina.nve.no](http://nevina.nve.no)
- Norsk Klimaservicesenter. (2020, februar). Dimensjonerende nedbør (IVF-verdier) fra målestasjoner. Hentet fra [klimaservicesenter.no](http://klimaservicesenter.no)
- Stenius, m.fl. (2015). Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Veileder nr. 7-2015. Oslo:NVE.
- Vegdirektoratet. (2018). Håndbok N200 Vegbygging. Statens vegvesen.