

SKL AS

Opo flaumkraftverk

KU fase, teknisk rådgiving

Flomsonekartlegging og vurdering av erosjonssikring
langs Opo



Oppdragsnr.: 5171399 Dokumentnr.: D27 Versjon: J04
2018-04-03

Oppdragsgiver: SKL AS
Oppdragsgivers kontaktperson: Sture Karlsen / Inger Johanne B. Hagen
Rådgiver: Norconsult AS, Valkendorfs gate 6, NO-5012 Bergen
Oppdragsleder: Gunnar Solvang
Fagansvarlig: Lars Jenssen, vassdragsteknikk
Andre nøkkelpersoner:

J04	2018-04-03	SKLs kommentarer innarbeidet	GuSol	GuSol	GuSol
J03	2018-03-27	SKLs kommentarer innarbeidet	GuSol	GuSol	GuSol
D02	2018-03-26	For SKLs kommentar	LaJe	GuSol/LaJe	GuSol
B01	2018-03-19	Foreløpig utkast til SKL for kommentar. Har flere mangler.	Lars Jenssen	Ikke fagkontrollert	Gunnar Solvang
Versjon	Dato	Beskrivelse	Utarbeidet	Fagkontrollert	Godkjent

Dette dokumentet er utarbeidet av Norconsult AS 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

Etter store flomskader høsten 2014 har NVE gjort omfattende flom- og erosjonssikringstiltak langs elva Opo. På oppdrag fra SKL AS har Norconsult AS vurdert flomfaren slik elven er i dag, med de nye sikringstiltakene.

Vi har satt opp en hydraulisk modell og beregnet hvor vannet vil strømme og hvilke områder som vil bli oversvømt for 200- og 1000-års flom, med og uten 40 % klimatillegg.

Beregningene viser at området ved Øyna / sykehuset fremdeles er flomutsatt. Under stor flom vil elvebredden ved Vasstun overtoppes og vann vil strømme nordover langs Røldalsvegen og inn i bebyggelsen. Vår vurdering er at det må påregnes stor erosjon langs vannets mange løp. Den tette bebyggelse gjør at det er stort potensiale for skade på hus og eiendom deriblant sykehuset.

Når det gjelder erosjonssikringen i selve Opo, så kan en summere opp at det mangler dokumentasjon både av hvordan sikringstiltakene ble beregnet og hvordan de faktisk er bygget. NVEs tiltaksplaner viser bare de planlagte anleggene, men det finns ikke «som bygget» dokumentasjon eller tegninger.

Vi har vurdert stabiliteten til erosjonssikringen i noen utsatte områder. Mangel på dokumentasjon fra NVE har gjort vurderingen vanskelig, men vi mener at sikringen i de mest utsatte områdene, f.eks. rett nedstrøms Eidesfossen, er underdimensjonert og kan svikte under flom.

Fordi man mangler gode metoder for å beregne erosjonssikring med ordnet stein (plastring) i bratte elver, mener vi NVE burde brukt en modellstudie (fysisk modell) for å dimensjonere plastringen i de områdene som utsettes for størst belastning.

Innhold

1	Flomberegning	6
2	Inngangsdata og forutsetninger	7
2.1	Topografiske data	7
2.1.1	Projeksjon og høydedatum	7
2.1.2	Høyre og venstre side	7
2.1.3	Terrengmodellen	7
2.2	Grensebetingelser for beregningene	7
2.2.1	Oppstrøms grensebetingelse	7
2.2.2	Nedstrøms grensebetingelse	8
2.3	Strømningsmotstand	8
2.4	Grunnlag mottatt fra NVE	9
3	Vannlinjeberegning	10
3.1	Generelt om vannlinjeberegning	10
3.2	Beregningsmetode for disse beregningene	10
3.3	Strekningen som er beregnet	11
3.4	Beregningsgitter	11
3.5	Tidsskritt	11
3.6	Broer og andre konstruksjoner i elva	11
3.7	Sammenlikning med vannføringskurven for utløpet av Sandvinvatnet	11
3.8	Følsomhet for endring av cellestørrelse og tidsskritt	12
3.9	Beregningsresultat	13
3.9.1	Generelt	13
3.9.2	Kart over oversvømt areal	13
3.10	Beregnet vannlinje	14
4	Vurdering flom- og erosjonsfare i noen utvalgte områder	15
4.1	Generelt	15
4.1.1	Metode for å vurdere om plastringen er stabil	15
4.2	Generell vurdering av NVEs sikringstiltak	16
4.2.1	Oversikt over NVEs sikringstiltak	16
4.2.2	Dimensjonerende vannføring	18
4.2.3	Dimensjonerende vannnivå og topp flomsikring	18
4.2.4	Oppbygging av erosjonssikringen	18
4.2.5	Generell vurdering av NVEs erosjonssikring	20
4.3	Strekninger som ikke er erosjonssikret	23

4.4	Vurdering av flom og erosjonsfare for utvalgte strekninger	23
4.4.1	Vasstun bro (Røldalsvegen)	25
4.4.2	Gangbro ved Vasstun	25
4.4.3	Røldalsvegen fra krysset med Jordalsvegen og nordover	25
4.4.4	Øyna - sykehuset, vurdering av flom og erosjonsfare.	27
4.4.5	Vurdering av erosjonssikringen ved gangveien syd for Opovegen	27
4.4.6	Vurdering av erosjonssikringen ved Opovegen 24	29
4.4.7	Vurdering av erosjonssikringen nord for Opovegen 25	33
4.4.8	Vurdering av erosjonssikringen øst for Opovegen 11 35	
4.4.9	Øyna – Hjøllo bro, vurdering av flom og erosjonsfare	38
4.4.10	Vurdering av erosjonssikringen syd for Hjøllo bro	40
4.5	Hjøllo bro, vurdering av flom og erosjonsfare.	43
4.6	Smelteverksbroen, vurdering av flom og erosjonsfare	44
5	Vurdering og konklusjon	45
5.1	NVEs prosjektering og bygging av sikringstiltakene	45
5.2	Fare for oversvømmelse	45
5.3	Fare for erosjon	46

Vedlegg

Vedlegg 1 flomsonekart for 200-års flom

Vedlegg 2 flomsonekart for 200-års flom + 40 % klimatillegg

Vedlegg 3 flomsonekart for 1000-års flom

Vedlegg 4 flomsonekart for 1000-års flom + 40 % klimatillegg

Vedlegg 5 vannlinjer for de ulike flommene

1 Flomberegning

Flomberegning er å beregne sammenhengen mellom vannføring (m³/s) og gjentaksintervall

Flomvannføringene som er brukt i disse beregningene er hentet fra NVEs oppdaterte flomberegning for Opo: *Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland. Revidert utgave, Rapport 1-2018*, Thomas Væringstad.

Tabell 1 viser resultatene fra NVEs rapport.

Tabell 1 Resultat hentet fra NVEs reviderte flomberegning

Resulterende kulminasjonsvannføringer ble:

	Q_M m ³ /s	Q₅ m ³ /s	Q₁₀ m ³ /s	Q₂₀ m ³ /s	Q₅₀ m ³ /s	Q₁₀₀ m ³ /s	Q₂₀₀ m ³ /s	Q₅₀₀ m ³ /s	Q₁₀₀₀ m ³ /s
Opo	290	350	400	440	510	570	630	730	820
Klima + 20 %	350	420	470	530	610	680	760	880	980
Klima + 40 %	410	490	550	620	710	790	880	1020	1150

Resulterende kulminasjonsvannstander (NN 2000) i Sandvinvatnet ble:

	H_M m	H₅ m	H₁₀ m	H₂₀ m	H₅₀ m	H₁₀₀ m	H₂₀₀ m	H₅₀₀ m	H₁₀₀₀ m
Sandvinvatnet	88,5	88,8	89,0	89,2	89,6	89,8	90,1	90,5	-
Klima + 20 %	88,8	89,1	89,4	89,6	90,0	90,3	-	-	-
Klima + 40 %	89,1	89,5	89,7	90,0	90,4	-	-	-	-

2 Inngangsdata og forutsetninger

2.1 Topografiske data

2.1.1 Prosjeksjon og høydedatum

Alle topografiske data er oppgitt i EUREF 89-32N og med høydereferanse NN2000.

2.1.2 Høyre og venstre side

Når vi angir *høyre* og *venstre* side av elven, så er det alltid når vi ser nedover elven.

2.1.3 Terrengmodellen

Terrengmodellen bygger på data fra flere ulike kilder, som beskrevet under.

Utgangspunktet er høydemodellen som konsultentselskapet Sweco utviklet som grunnlag for de hydrauliske beregningene i *Fagrappport Hydrologi og flom*, dokument 28584001-R01 (4.10.2017) for *Konsekvensutredning Opo flaumkraftverk*. Sweco brukte høydemodellen som grunnlag for en endimensjonal HEC-RAS modell. Høydemodellen baserer seg på laserdata fra Odda i 2011 og dronekartlegging (7. mars 2017). NVEs pågående og planlagte forbygningstiltak ble lagt inn i modellen basert på tegninger fra NVE. I tillegg ble det målt noen tverrprofil i elva.

I forbindelse med planlegging av en terskel ved utløpet av Sandvinvatnet ble det laget en detaljert terrengmodell av utløpsområdet (*Opo flaumkraftverk. KU fase, teknisk rådgiving, Utløp Sandvinvatnet, kapasitetsberegning*, D25-J02, datert 3.1.2018). Den modellen er også lagt inn i beregningsmodellen vi har brukt.

Tidlig i 2018 målte NVE inn forbygningstiltakene i nedre og midtre del av Opo. Det ble målt inn en rekke punkt på topp og side av forbygningene. Disse punktene er også tatt inn i terrengmodellen for å definere toppen av flomverkene.

2.2 Grensebetingelser for beregningene

Beregningene må ha et startpunkt og et sluttunkt, også kalt grensebetingelser. I nedstrøms ende av beregningsstrekningen bruker vi vanligvis en kjent vannstand som startpunkt for beregningene. I oppstrøms ende er det ofte en vannføring inn i modellen, f.eks. et flomhydrogram, som grensebetingelse.

2.2.1 Oppstrøms grensebetingelse

Som oppstrøms grensebetingelse har vi brukt en tidsserie for vannføringen inn i modellen. Vannføringen trappes trinnvis opp. For hvert trinn holdes vannføringen konstant tilstrekkelig lenge til at vi får stasjonær vannføring ved utløpet.

Basert på NVEs flomberegning har vi valgt å beregne vannlinjen for vannføringene (trinnene) som vist i Tabell 2.

Tabell 2 Vannføringene som er brukt i beregningene

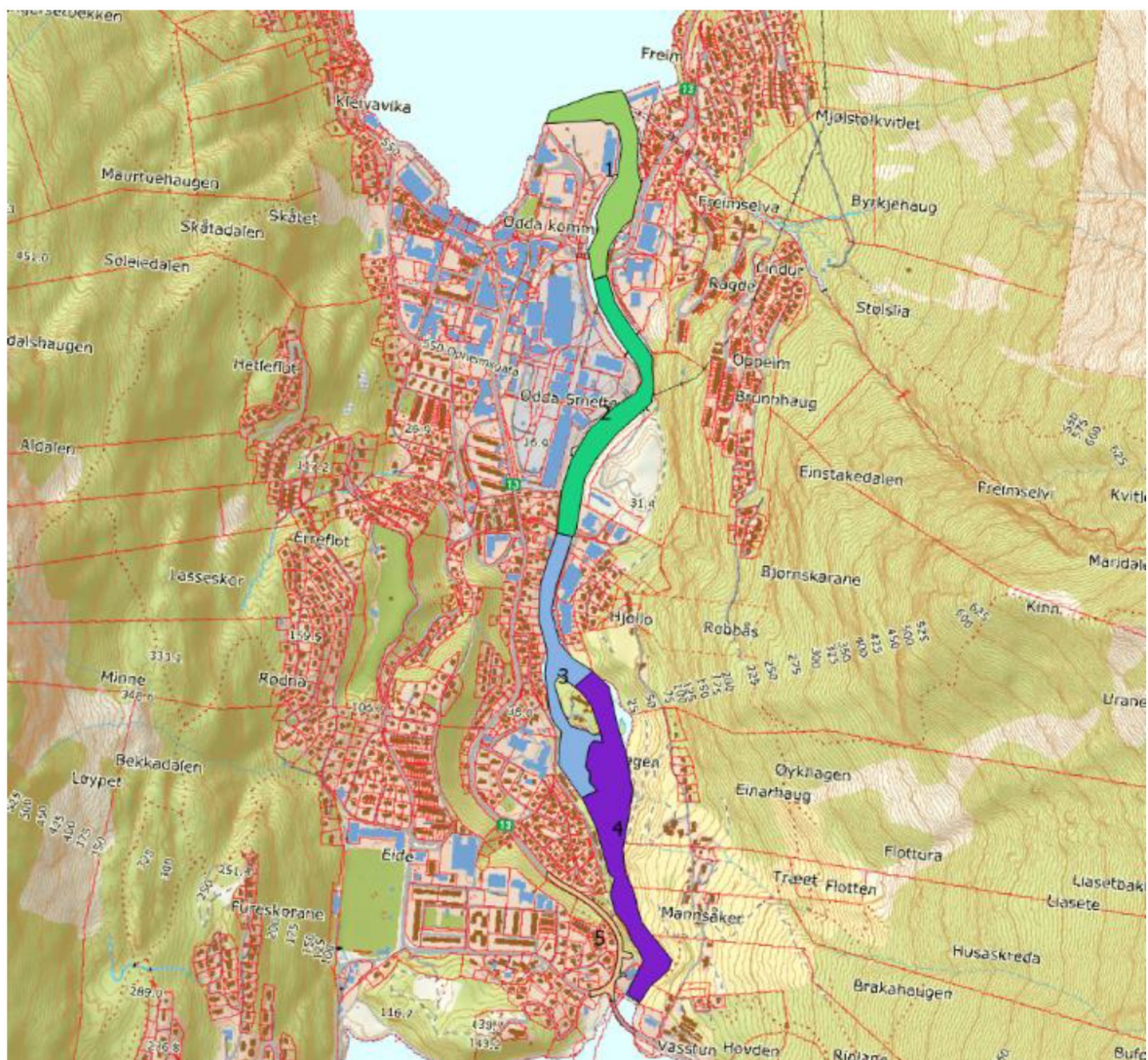
Flom	Vannføring (m ³ /s)	Kommentar
200-års flom	630	
200-års flom + 40 %	880	Inkludert 40 % klimatillegg
1000-års flom	820	
1000-års flom + 40 %	1150	Inkludert 40 % klimatillegg

2.2.2 Nedstrøms grensebetingelse

Som nedstrøms grensebetingelse har vi brukt sjøvannstand med 1 års gjentaksintervall, 0,97 moh.

2.3 Strømningsmotstand

Strømningsmotstanden beskrives med Manningstall, M. I beregningene har vi brukt ulike Manningstall for ulike deler av elva, som vist i Figur 1.



Figur 1 Manningstall for ulike deler av elva (se tabellen under).

Tabell 3 Manningstall brukt i beregningene

Nummer	Beskrivelse	Manningstall
1	Nedre del, grov grus	39 (n = 0,026)
2	Midtre del, grov grus og stein	34 (n = 0,029)
3	Midtre del, stein	28 (n = 0,036)
4	Øvre del, blokk	25 (n = 0,040)
5	Vei, parkering	60 (n = 0,017)
Alle andre områder	Variierer	33 (n = 0,0303)

2.4 Grunnlag mottatt fra NVE

I forbindelse med dette oppdraget ble det avtalt at NVE skulle overlevere den dokumentasjonen de hadde av sikringstiltakene de har utført i Odda.

Dette fikk vi fra NVE:

- Tiltaksplan. Hastetiltak i Opo – Parsell 1. Venstre side av elva v/ sykehuset
- Tiltaksplan. Hastetiltak i Opo – Parsell 2. Høyre side av elva v/ Hjøllø bro
- Tiltaksplan. Hastetiltak i Opo – Parsell 3. Venstre side oppstrøms og nedstrøms Hjøllø bro
- Tiltaksplan. Hastetiltak i Opo – Parsell 4. Nedre del av Opo ved utløpet til Sørfjorden
- Tiltaksplan. Hastetiltak ved bussgarasje / Opo bro
- Presentasjonstegning Parsell 1 del 1
- Presentasjonstegning Parsell 1 del 2
- Presentasjonstegning Parsell 2-910
- Presentasjonstegning Parsell 3 del 1
- Presentasjonstegning Parsell 3 del 2
- Presentasjonstegning Parsell 4-911
- Presentasjonstegning Parsell 4-912
- Presentasjonstegning Parsell 5-006
- Presentasjonstegning Parsell 5-007
- KOF-fil med innmålte punkt på de ferdige sikringstiltakene (målt i februar 2018)
- DXF-fil med linjer for planlagt sikring
- HEC-RAS modell av Opo fra Sandvinvatnet til fjorden (1 D modell)
- Notat om beregning av stabil steinstørrelse

I tillegg er NVEs gamle og nye flomberegninger for Opo lastet ned fra NVEs hjemmesider.

Fra NVE har vi etterspurt tegninger som viser hvordan sikringstiltakene faktisk er bygget, såkalte *som bygget* tegninger. Det har vi ikke fått.

3 Vannlinjeberegning

3.1 Generelt om vannlinjeberegning

Vannlinjeberegning er å beregne hvor høyt vannstanden stiger for en gitt vannføring. I tillegg til vannstand gir beregningene opplysninger om hydrauliske parametere som vannhastighet, dybde, skjærspenning mot bunnen osv.

Som grunnlag for beregningene trenger vi:

- Vannføring (m^3/s) f.eks. fra en flomberegning.
- Elvas geometri, f.eks. fra målte tverrprofil, fra laserskann eller fra kart.
- Elvas ruhet (strømningsmotstand), som vi vanligvis fastsetter skjønnsmessig basert på tabeller.
- Grensebetingelser i oppstrøms og nedstrøms ende av beregningsstrekningen. I oppstrøms ende bruker vi vanligvis vannføringen (tilstrømmende vann) som grensebetingelse. I nedstrøms ende bruker vi vannstanden.

Beregningene kan gjøres i en, to eller tre romlige dimensjoner (1D, 2D, 3D).

Ved en-dimensjonal beregning deles elva opp i tverrsnitt som går over hele bredden av elven. Vi forutsetter samme vanndybde og hastighet over hele tverrsnittet, og beregningene gir gjennomsnittsverdier for hvert tverrsnitt.

Hvis vi ønsker mer detaljerte resultat så kan vi bruke en to-dimensjonal modell. Da deles beregningsstrekningen opp i et gitter, og vi beregner vannhastighet og dybde for hver celle i gitteret. Vi får da et ganske detaljert bilde av strømmingen, men bare i planet.

Hvis vi i tillegg deler opp slik at vi får flere celler i dybden, så kan vi også beregne hvordan strømmingen varierer over dybden. Da gjør vi en 3D beregning.

Der strømmingen er parallell, f.eks. der vannet følger et definert elveløp, er endimensjonale modeller tilstrekkelig. Hvis strømmingen spres utover, f.eks. over en flomslette, bør man bruke en todimensjonal modell. Hvis vi trenger et detaljert bilde av strømmingen, f.eks. sekundærstrømmer som går på tvers av hovedstrømmen, må vi gjøre beregningen i tre dimensjoner.

Beregningene gjøres i et dataprogram. Programmet velges ut fra hvor avanserte beregningene skal være, men programmet HEC-RAS fra US Army Corps of Engineers er mye brukt til 1 D og 2 D beregninger.

Beregningene vi har gjort tar ikke hensyn til erosjon eller avlagring av masse, men forutsetter at elveløpet ikke endrer form.

Resultatene fra vannlinjeberegningen er vanligvis kart og lengdeprofil som viser vannstanden, og vannhastighet. I tillegg gir beregningene en rekke andre hydrauliske parametere som kan tas ut og presenteres hvis det er behov.

3.2 Beregningsmetode for disse beregningene

Beregningene er utført med programmet HEC-RAS, versjon 5.03. Hele bergningsstrekningen er kjørt i 2D.

For mer informasjon om HEC-RAS, se <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

3.3 Strekingen som er beregnet

Beregningene omfatter strekingen fra Sandvinvatnet til Sørfjorden. For den nedre delen av Opo, fra utløpet i fjorden og ca. 600 m oppover, er det behov for ytterligere innmåling av elvebunnen. Innmåling vil bli foretatt så snart forholdene i elva tillater. Vi presenterer derfor bare resultatene for midtre og øvre del av Opo. Nedre del vil bli lagt til i en oppdatert rapport når innmålingene er gjort.

3.4 Beregningsgitter

Det ble brukt et 2 * 2 m kvadratisk beregningsgitter (*grid*).

For å få med viktige detaljer ble det lagt inn styrelinjer (*breaklines*) langs viktige terrengformer, f.eks. langs toppen av flomvollene. Beregningsgitteret vil forme seg etter styrelinjene.

3.5 Tidsskritt

Beregningene ble kjørt med tidsskritt på $dt = 0,1$ sekunder. Med gitterstørrelse $dx = 2$ m og største vannhastighet, V , i intervallet 10 – 14 m/s, så gir det Courant-tall, $C = Vdt/dl$ på 0,5 til 0,7.

En vanlig anbefaling for numeriske beregninger er å velge tidsskrittet slik at Courant-tallet ikke overstiger 1.

3.6 Broer og andre konstruksjoner i elva

Broer fører til innsnevring av vannstrømmen. Det gir ekstra falltap slik at vannstanden oppstrøms broen øker, men hvis bropilarene er smale og vannet ikke når opp til broen, så blir vannstandsøkningen vanligvis liten.

Innsnevring av vannstrømmen under broen kan vi ta hensyn til ved å legge inn brokar og landkar i terrengmodellen, men i en to-dimensjonal modell (2D) kan vi ikke beregne virkningen av at broens overbygning (bjelke, dekke) kommer i kontakt med vannstrømmen (*drukner*).

Skal vi beregne drukning av broer med HEC-RAS må 2D modellen brytes opp slik at området ved broen beregnes med en 1D modell, men det medfører en del ulemper. Vår erfaring er at den metoden har tendens til å gi for høy vannstand oppstrøms broen, og at den kan føre til at modellen blir ustabil.

Hvis vannstanden stiger høyere enn underkanten av broen så vil broen føre til oppstuing og heving av vannstanden oppstrøms. Det får vi ikke tatt hensyn til i beregningene. Skjer det, så kan vannstanden oppstrøms bli høyere enn vi har beregnet.

3.7 Sammenlikning med vannføringskurven for utløpet av Sandvinvatnet

Det er tidligere gjort en detaljert 2D beregning av utløpet av Sandvinvatnet for å bestemme vannføringskurven, dvs. sammenhengen mellom vannstanden i vatnet og vannføringen i Opo. De beregningene er beskrevet i Norconsults rapport *Opo flaumkraftverk. KU fase, teknisk rådgiving, Utløp Sandvinvatnet, kapasitetsberegning, D25-J02, datert 3.1.2018*.

Beregningene som ble gjort av utløpet omfattet et mindre område og brukte derfor et mer finmasket gitter på 1*1 m, enn 2*2 m som vi nå bruker for beregning av hele Opo. Resultatene beregnet nå er sammenlignet med resultatene beregnet for utløpet, og som Tabell 4 viser, så er det godt samsvar

mellom de beregne vannstandene. Den største vannføringen som ble beregnet for utløpet var 700 m³/s, så vannstanden for 820 m³/s framkom ved å ekstrapolere kapasitetskurven.

Tabell 4 Sammenlikning med kapasitetsberegningen for utløpet

Vannføring i Opo (m ³ /s)	Vannstand i Sandvinvatnet fra tidligere utløpsberegning (moh.)	Vannstand i Sandvinvatnet fra denne beregningen. (moh.)
630	90,06	90,02
820	90,87 Ekstrapolert fra Q _{maks} = 700 m ³ /s.	90,75

3.8 Følsomhet for endring av cellestørrelse og tidsskritt

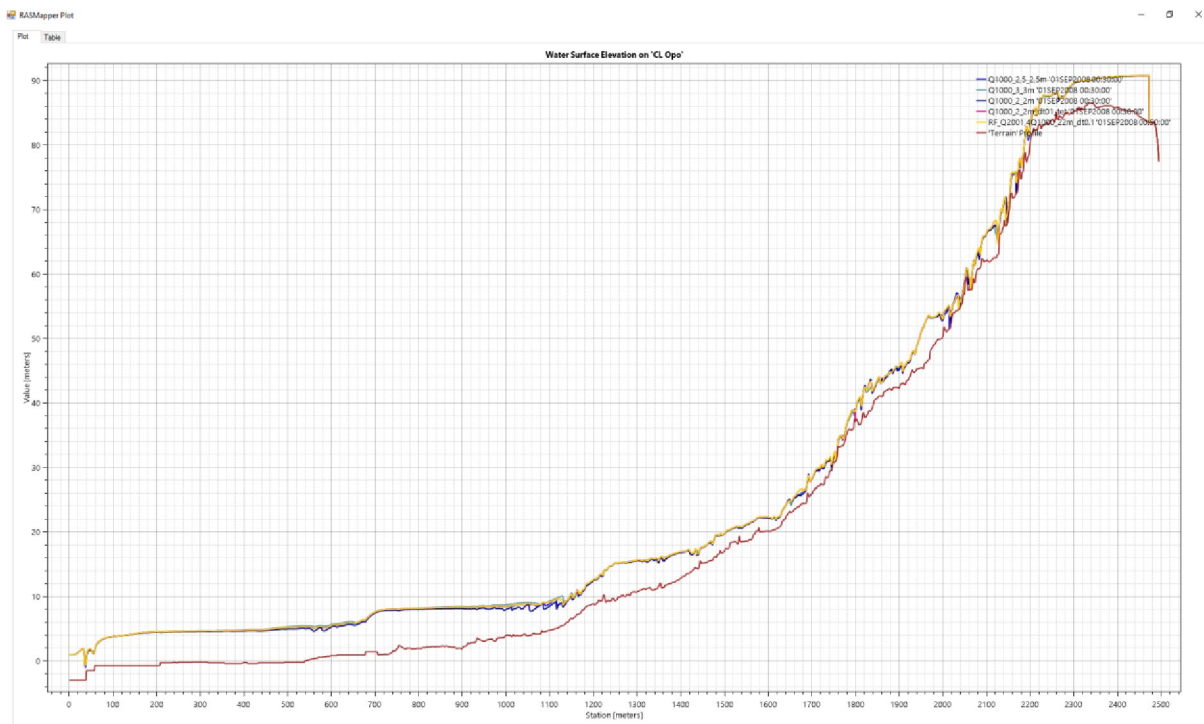
Beregningsresultatene avhenger av størrelsen på cellene i beregningsgitteret. Med små celler kan vi få med flere detaljer fra terrenget under cellene og flere detaljer i strømmingen. Generelt gir små celler et mer nøyaktig resultat.

Ulempen er at små celler krever mye lengre beregningstid. Bruk av små celler forutsetter også at terrenget modellen er så detaljert at det er nyttig med mer detaljert beregning.

For å vurdere om cellene i beregningsgitteret er små nok, kan man kjøre beregningene med stadig mindre celler og tidsskritt. Når resultatet ikke endrer seg anser man at beregningsgitteret er tilstrekkelig detaljert.

For å undersøke følsomheten for cellestørrelse og tidsskritt gjorde vi beregning med cellestørrelse 3 m, 2,5 m, 2,25 m og 2 m. Tidsskrittet ble variert fra 0,1 til 0,3 sekunder.

Figur 2 sammenlikner vannlinjen for de ulike beregningene. Endelig beregning, med cellestørrelse 2 m * 2 m og tidsskritt 0,1 sekund er vist med gul linje. Den ligger omtrent midt mellom de ulike resultatene.



Figur 2 Beregnet vannlinje med ulike cellestørrelser og tidsskritt

3.9 Beregningsresultat

3.9.1 Generelt

Beregningene gir resultat for hver celle, f.eks. vannstand og vannhastighet. I praksis kan vi ikke presentere alle beregningsresultatene i en rapport. For hver vannføring har vi derfor presentert:

1. Oversiktskart som viser oversvømt areal (vedlegg 1-4).
2. Detaljkart med oversvømt areal for nordre, midtre og søndre del av Opo (vedlegg 1-4).
3. Lengdeprofil som viser beregnet vannlinje langs senterlinjen av Opo (vedlegg 5).
4. Tabell som viser beregnet vannstand langs senterlinjen av Opo (vedlegg 5).

3.9.2 Kart over oversvømt areal

For å bestemme utstrekningen til arealet som er oversvømt, flomsonen, så beregner modellen en vannflate ved å interpolere mellom beregnet vannstand i hver celle. Deretter beregner modellen hvor vannflaten skjærer terrengmodellen. Skjæringen mellom vannflate og modell gir kanten av flomsonen.

For situasjoner der vannet forlater elven og renner inn i bebyggelsen, slik det f.eks. skjer i området ved sykehuset, blir vannet spredt over et stort areal, og vanndybden blir ofte liten. Når vi har laget flomsonekartene har vi tatt med områder der beregnet vanndybde er større enn 1 mm.

På flomkartet kan vi også finne oversvømte områder som er isolert, eller vannveier som ikke vises sammenhengende. Dette oppstår blant annet som følge av interpolering mellom beregnet vannstand

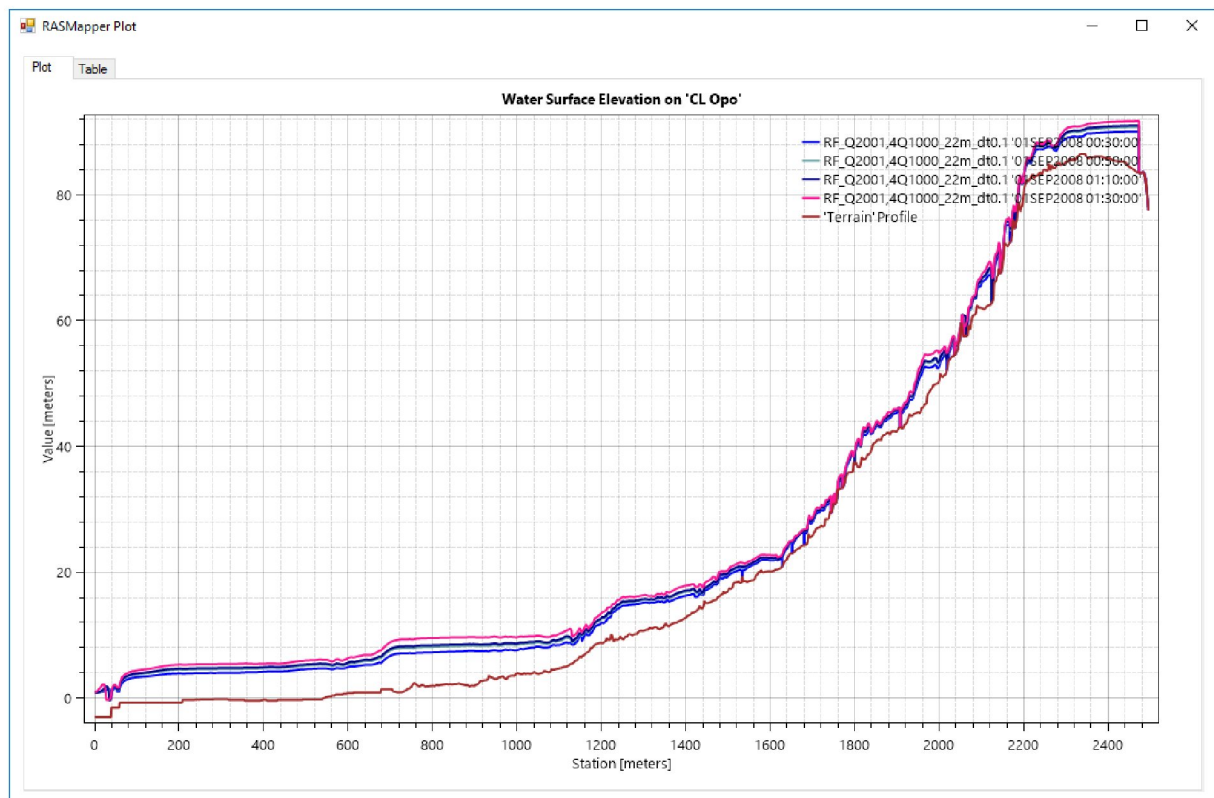
og terrenget. Fordi beregningene bruker et gitter med 2 m store celler, så kan terrengmodellen, som bruker 0,25 m celler, stikke opp gjennom vannflaten.

Generelt kan vi ikke forventer nøyaktige resultat i flate områder med små vanddybder. Derfor må resultatene brukes med forsiktighet, men hvis et område er vist som oversvømt, så indikerer det at det kan komme vann under flom.

3.10 Beregnet vannlinje

I tillegg til kartene har vi tatt ut beregnet vannstand, dvs. vannlinjen, langs Opo. Vannstanden er tatt ut for senterlinjen. Linjen, med avstandsmarkering, er vist på detaljkartene i vedlegg 1-4.

Figur 3 viser eksempel på vannlinje. I vedlegg 5 er vannlinjene vist mer detaljert. Der er det også tabeller som viser vannstanden langs elven.



Figur 3 Vannlinje for ulike vannføringer: 630 m³/s, 820 m³/s, 880 m³/s, 1150 m³/s

4 Vurdering flom- og erosjonsfare i noen utvalgte områder

4.1 Generelt

Med utgangspunkt i vannlinjeberegningene og det vi vet om sikringstiltakene langs Opo har vi vurdert faren for oversvømmelse og erosjonsskader for noen utvalgte områder langs Opo.

Vi har valgt å se nærmere på de områdene vi tror kan være utsatt for skade under store flommer. I tillegg har vi gjort en generell vurdering av NVEs sikringstiltak.

Vurderingene bygger på beregnet hastighet og vannstand, dokumentasjonen vi har fått fra NVE, dronefoto og terrengmodellen.

Vi har vurdert tre situasjoner:

- 200-års flom (630 m³/s)
- 200-års flom + 40 % (880 m³/s)
- 1000-års flom + 40 % (1150 m³/s)

Fordi det er liten forskjell på 1000-års flom (820 m³/s) og 200-års flom + 40 % (880 m³/s), så har vi ikke vurdert 820 m³/s.

4.1.1 Metode for å vurdere om plastringen er stabil

En erosjonssikring kan bli ødelagt av ulike mekanismer. Bunnen kan senke seg slik at sikringsfoten blir undergravd. Massene bak sikringen kan være ustabile slik at den sklir ut. Vannstrømmen kan være så kraftig at plastringsteinen løftes ut.

Vi har vurdert stabiliteten til plastringen i forhold til kraften fra vannstrømmen. Faren for utglidning eller undergraving er ikke vurdert. Det vil kreve mer opplysninger om massene bak sikringen og i elvebunnen.

For å vurdere om plastringsteinen er stabil har vi anslått steinstørrelsen ut fra dronefoto. Fotografiene er detaljerte, så vi kan måle størrelsen på enkeltstein. Vi har målt 10 – 15 stein i et område og anslått midlere steinstørrelse (observert steinstørrelse).

Vi har så beregnet hvilken steinstørrelse som er nødvendig, og sammenliknet med observert steinstørrelse. For å beregne stabil steinstørrelse har vi brukt to formler:

1. Shields formel som baserer seg på skjærspenning. Skjærspenningen har vi tatt fra HEC-RAS beregningene. Vi har brukt skjærspenningen ved foten av sikringen.
2. Robinsons formel som bruker enhetsvannføring (per breddemeter) og bunnhelling. Enhetsvannføringen ved foten av sikringen har vi tatt fra HEC-RAS beregningen. Bunnhellingen har vi anslått fra terrengmodellen.

Se f.eks. *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein* (Jenssen og Tesaker, NVE-rapport 4-2009) for mer informasjon om formlene.

Vi har deretter sammenliknet beregnet og observert steinstørrelse og vurdert stabiliteten. Det er viktig å være klar over at plastringen kan være stabil selv om steinen er mindre enn beregnet. Vi vet at godt utførte plastringer der steinen er ordnet i forband tåler mer enn formlene tilsier. Det har vi tatt hensyn til ved vurdering av sikringen.

Vi har valgt å vurdere sikringen i områder der de hydrauliske beregningene viser at det er høy belastning, typisk der vannhastigheten er høy og rettet mot sikringen.

Sikringen er vurdert for 200-års flom + 40 %, som er det NVE oppgir som dimensjonerende flom. Basert på tidligere flomberegning tilsvarer det vannføring på 1040 m³/s (se avsnitt 4.2.2), og med ny flomberegning tilsvarer det 880 m³/s. Vi har tatt utgangspunkt i den nye flomberegningen og kontrollert sikringen for 880 m³/s.

4.2 Generell vurdering av NVEs sikringstiltak

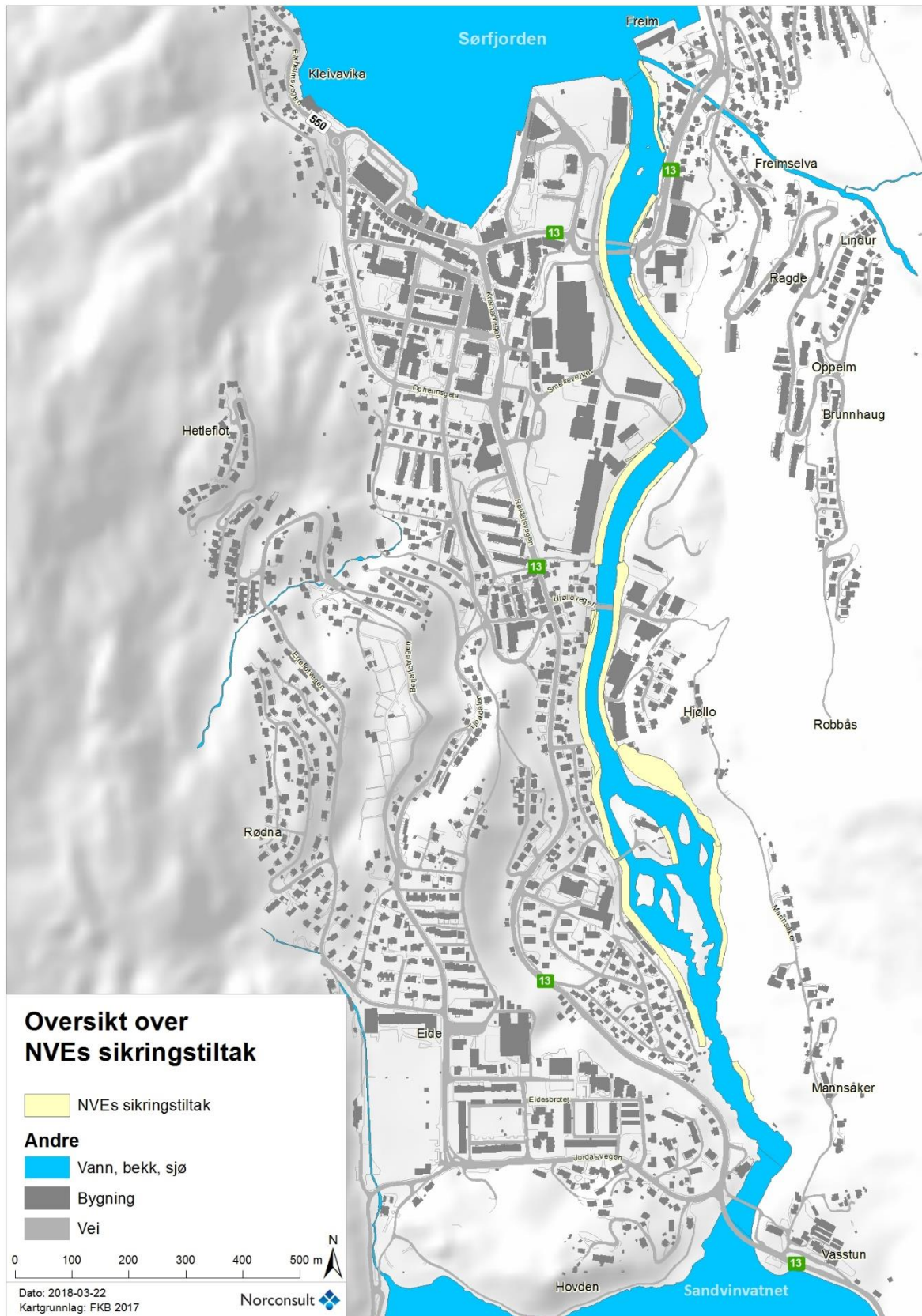
4.2.1 Oversikt over NVEs sikringstiltak

Figur 5 viser oversikt over NVEs planlagte sikringstiltak basert på kart vi har fått fra NVE. Det er ikke fullt samsvar mellom kartene og det som er utført. Det er f.eks. sikret på venstre side rett nedstrøms Eidesfossen, men sikringen er ikke vist på kartet.

Fra NVE har vi etterspurt tegninger som viser hvordan sikringstiltakene faktisk er bygget, såkalte *som bygget* tegninger. Det har vi ikke fått. Slike tegninger ville gjort det enklere å vurdere sikringstiltakene.



Figur 4 Ny erosjonssikring nedstrøms Eidesfossen. Dette området er ikke vist i oversikt over planlagt erosjonssikring Figur 5



Figur 5 Oversikt over NVEs planlagte sikringstiltak

4.2.2 Dimensjonerende vannføring

Fra tiltaksplanene fra NVE fremgår det at tiltakene dimensjoneres for 200-års flom. Det fremgår at Opo ligger i et område der det anbefales å bruke 20 – 40 % klimatillegg, men det fremgår ikke om man har tatt med et klimatillegg.

Unntaket er i tiltaksplanen for parsell 2, der fremgår det at: *...alle flaumsikringstiltak langs Opo er prosjektert i forhold til dimensjonerende 200-års flom + 40 % klimapåslag.*

Ingen av planene opplyser hvilken vannføring (m³/s) som tiltakene er dimensjonert for.

Hvis vi forutsetter at NVE har brukt flomberegningen fra 2015 som grunnlag (*Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland, 1-2015*), se Tabell 5, skal tiltakene være dimensjonert for 200-års flom = 740 m³/s eller 200-års flom + 40 % = 1040 m³/s.

Vi savner dimensjonerende vannføring, i m³/s, i NVEs tiltaksplaner. Når vannføringen ikke er oppgitt, er det vanskelig å vurdere hva sikringen er dimensjonert for. Det er fordi nye flomberegninger har ført til at vannføringen for 200-års flommen har endret seg.

Tabell 5 Resultat fra gammel flomberegning for Opo (2015)

Resulterende kulminasjonsvannføringer ble:

	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s	Q ₅₀₀ m ³ /s	Q ₁₀₀₀ m ³ /s
Opo	330	390	450	510	600	670	740	850	940
Klima + 20 %	390	470	540	610	720	800	890	1020	1130
Klima + 40 %	460	540	630	710	840	930	1040	1190	1320

4.2.3 Dimensjonerende vannivå og topp flomsikring

I tiltaksplanene fremgår det at toppen av flomsikringen skal føres til beregnet energinivå for dimensjonerende flom. Energinivået er beregnet vannivå pluss hastighetshøyden.

Tiltaksplanene inneholder ikke resultat fra hydrauliske beregninger. Vi har derfor ikke opplysninger om hvor høyt NVE har beregnet energinivået.

Presentasjonstegningene viser lengdeprofil og tverrsnitt av sikringen, men beregnet vannlinje eller energilinjefremgår ikke av tegningene. Vi kan derfor ikke vurdere direkte om det er samsvar mellom vannstanden / energinivået som NVE har beregnet, og nivået på den ferdige sikringen.

Generelt vil det å føre toppen av flomsikringen opp til nivå med energihøyden være på den sikre siden der vannhastigheten er høy.

Vi savner dimensjonerende vannlinje og energinivå i NVEs tiltaksplaner og tegninger. Dersom tegningene viste vannlinjen, ville det vært enklere å vurdere om flomsikringen har tilstrekkelig høyde.

4.2.4 Oppbygging av erosjonssikringen

Tiltaksplanene beskriver hvordan erosjonssikringen skal utføres. For de fleste parsellene er utførelsen ganske lik:

- Plastringen legges med helling 1:1,5.
- Plastringslaget skal være ca. 1 m tykt.
- Plastringen skal føres minst 1 m ned i elvebunnen og forankres godt.
- Under plastringen skal det legges et 0,3 m tykt lag med filtermasse.

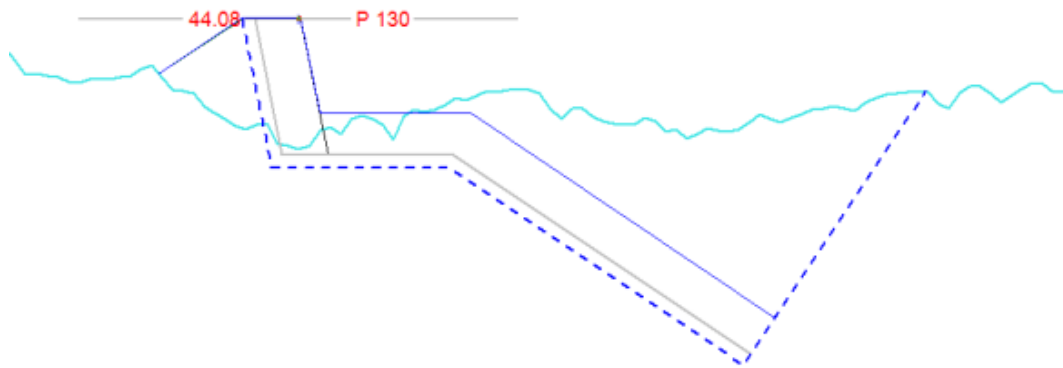
Det er ulike løsninger for toppen av sikringen, f.eks. gangvei, tørrmur av stein (Figur 6) eller kombinert med betongmur (Figur 7).

Tiltaksplanene eller presentasjonstegningene inneholder ingen beskrivelse eller beregning av nødvendig størrelse for steinen i sikringen, som er en viktig parameter for å dimensjonere sikringen.

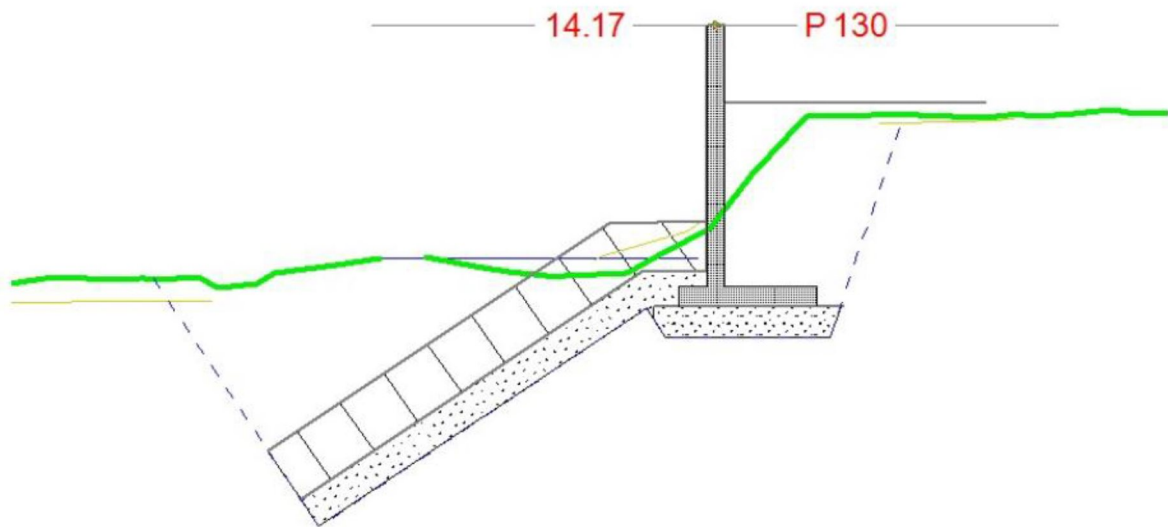
NVE har sendt over et regneeksempel for beregning av nødvendig steinstørrelse, datert 8. mars 2018, som gir steinstørrelse på $D_{50} = 0,56$ m for sidesikring i den slake delen nær utløpet ($V = 4,2$ m/s), og $D_{50} = 0,68$ m der elven er brattere (2,12 %). Det fremgår ikke hvilken vannføring beregningene gjelder for. I følgeposten skriver Siss-May Edvardsen (NVE) at det basert på erfaring er brukt større stein enn beregnet.

Vi har bedt NVE om dokumentasjon på steinstørrelsen som faktisk er brukt, men det har vi ikke fått. Vi forutsetter derfor at slik dokumentasjon ikke finnes.

Filterlaget under plastringen er viktig for å hindre utvasking. Vi har etterspurt dokumentasjon av hvordan filterlaget er dimensjonert og utført. Det har vi ikke fått. Vi forutsetter derfor at slik dokumentasjon ikke finnes.



Figur 6 Eksempel fra NVE på sikring med tørrmur på toppen



Figur 7 Eksempel fra NVE på sikring med betongmur på toppen

4.2.5 Generell vurdering av NVEs erosjonssikring

Uten konkrete opplysninger om steinstørrelsen som er brukt, kan vi heller ikke vurdere om den vil være stabil.

Generelt kan vi si følgende:

Steinstørrelse

I beregningseksempellet har NVE brukt vanlige, anerkjente beregningsmetoder. Beregnet steinstørrelse er riktig ut fra forutsetningene i notatet, men flere av de sikrede partiene i Opo er vesentlig brattere enn forutsatt i beregningseksempellet (2,12 %). F.eks. er hellingen på de 100 m oppstrøms Hjøllo bro ca. 4 %. Det vil føre til at nødvendig steinstørrelse øker med ca. 60 %, fra $D_{50} = 0,68$ m til $D_{50} = 1,1$ m.

Helling

Plastringen er lagt med helling 1:1,5, som er bratt og svekker stabiliteten til sikringen. For å være stabil må stein i en skråning som heller 1:1,5 må være ca. 20 % større enn om skråningen heller 1:2. Sikringer med bratt sideskråning er også mer utsatt dersom det oppstår skader i sikringen eller hvis sikringsfoten undergraves.

Men når elveløpet er trangt med bebyggelse tett inntil, så er man vanligvis tvunget til å legge sikringen bratt. Helling på 1:1,5 er derfor et naturlig valg langs de nedre delene av Opo.

Ved Øyna, der løpet er bredt, burde man vurdert å legge sikringen slakere, f.eks. 1:2. Det ville gitt en mer stabil sikring.

Fotgrøft

Undergraving av foten er en vanlig årsak til at erosjonssikring svikter. Derfor er det viktig å sikre foten. Det kan gjøres med en fotgrøft der sikringen føres ned i elvebunnen.

For å sikre mot undergraving beskriver NVE at sikringen skal føres minst 1 m ned i elvebunnen, men det gis ingen begrunnelse for det valget.

Vi vet at store flommer ofte fører til store endringer i elvebunnen. Noen steder graver det, mens andre steder fylles med masse. I tiltaksplanen står det at det kan oppstå sterk erosjon og massetransport, og at man opplevde det under flommen i 2014, men så vidt vi kan se har ikke NVE gjort en konkret vurdering av faren for at elvebunnen senker seg langs de ulike parsellene.

Beregning av bunnsenkning er vanskelig, men observasjonene som ble gjort etter flommen i 2014 gir nyttige opplysninger om hvordan bunnen vil oppføre seg. Figur 8 sammenlikner terrengnivået i 2011 med nivået etter flommen i 2014. I de røde områdene hadde terrenget senket seg 1 m eller mer. Sammenlikningen er basert på laserscann fra fly som er tilgjengelig hos Statens kartverk, hoydedata.no.

Figur 8 viser at terrenget / bunnen senket seg mer enn 1 m i mange områder, og det viser at erosjonspotensialet er stort. Mye av massen som ble gravd bort i 2014 kom fra elvebreddene. Nå, når breddene er sikret mot erosjon, så tilføres elva mindre masse når det er flom. Fordi elvas transportkapasitet ikke har blitt mindre så vil redusert massetilførsel fra breddene føre til at elva graver mer i elvebunnen, slik at faren for undergraving av erosjonssikringen øker.

I NVEs planer savner vi en konkret vurdering av hvor mye bunnen vil senke seg og om det er tilstrekkelig å føre fotgrøften 1 m ned.



Figur 8 GIS analyse av terrengnivå i 2011 og etter flommen i 2014. Rødt betyr at terrenget hadde senket seg 1 m eller mer. For selve elveløpet og Elvevegen ved sykehuset og Hjøllo kan man tydelig se at terrenget er senket etter flommen. GIS analysen fanger også opp endringer i vegetasjonen, eksempelvis som man kan observere på sidene.

Filterlag

Det er nødvendig med et filterlag mellom steinene i sikringen og underlaget. Uten filterlag kan de fine massene i underlaget, f.eks. silt og sand, bli vasket ut mellom de store steinene i sikringslaget. Filterlagets oppgave er å hindre utvasking av massene bak sikringen.

Tiltaksplanen beskriver at det skal være et 0,3 m tykt filterlag under sikringen, men sier ikke noe om steinstørrelsen i filterlaget. I epost fra NVE har vi fått opplyst at filterlaget består av pukkk 20 – 300 mm av naturgrus og knust stein.

Vanlige filterkriterier tilsier et forhold mellom midlere steinstørrelse i plastring og filter på ca. 7. Hvis vi forutsetter plastringstein på 0,7 m så gir det $D_{50} = 0,1$ m for filteret. Det er anbefalt at filterlaget ikke skal være tynnere enn $4 \cdot D_{50}$, dvs. 0,4 m. Dette tilsier at filterlaget på 0,3 m kan være litt tynt.

Vurdering av filteret krever også at vi kjenner kornstørrelsen til massene under filteret, men det har ikke vært tilgjengelig. Generelt kan vi si at ett enkelt filterlag kan være tilstrekkelig for grusmasser, men hvis massene bak består av sand eller silt, så vil det det sannsynligvis være nødvendig med to filterlag, ett lag grove masser over ett lag med fine masser.

I NVEs planer savner vi en konkret dimensjonering av filterlaget basert på størrelsen på sikringssteinen og korngraderingen til massene i grunnen. Hvis det er områder der massene i grunnen består av sand eller silt, er det grunn til å tro at filteret NVE har beskrevet er for grovt, og at massene bak kan bli vasket ut. Det vil svekke sikringen og kan føre til at den blir skadet eller bryter sammen.

4.3 Strekninger som ikke er erosjonssikret

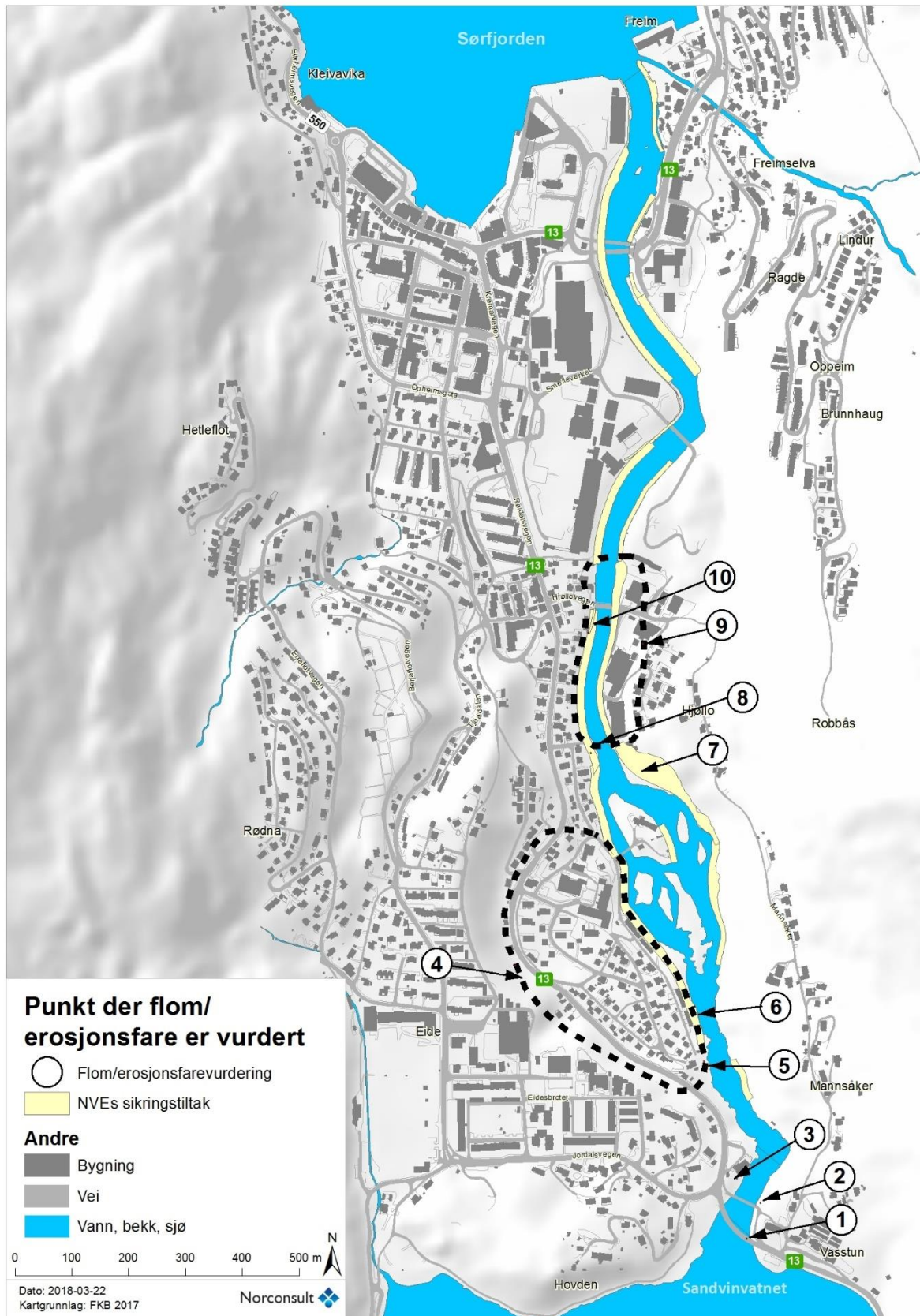
Som Figur 5 viser, har mesteparten av Opo blitt sikret av NVE. Når det gjelder de strekningene som ikke er sikret, så har vi ikke fått dokumentasjon som viser hvilke vurderinger NVE har gjort. Vi vet ikke om NVE har vurdert disse strekningene og kommet til at de vil være stabile, eller om de ikke har blitt vurdert.

4.4 Vurdering av flom og erosjonsfare for utvalgte strekninger

Vi har vurdert flom og erosjonsfare på 10 ulike steder langs Opo. Områdene som er vurdert er vist i Figur 9. Vi har både vurdert fare for oversvømmelse og fare for erosjonsskader.

Områdene er valgt ut for vurdering fordi vi mener de er spesielt utsatt. Det er områder som ligger lavt og er utsatt for oversvømmelse, eller som er eksponert for kraftig strøm, f.eks. i yttersving der elva har stor fart.

For å vurdere faren for oversvømmelse har vi sett på områdene der de hydrauliske beregningene viser at det vil renne vann. Metoden for å vurdere sikringens stabilitet og erosjonsfare er beskrevet i avsnitt 4.1.1.



Figur 9 Punkt der flom / erosjonsfare er vurdert

4.4.1 Vasstun bro (Røldalsvegen)

Dette er punkt 1 på Figur 9.

Topp bro / veibane ligger på 91,0 – 91,3 moh. Underkanten av brobanen er på 90,4 moh. på venstre side og 90,9 moh. på høyre side.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Vst. 89,5 moh. Vannstanden er lavere enn underkant bro.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Vst. 90,5 moh. når underkant bro. Oppstuing. Vannstanden oppstrøms vil bli høyere enn beregnet. Vann vil renne over Jordalsvegen og følge Røldalsvegen nordover.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Vst 91,2 moh. Vann strømmes over broen. Betydelig oppstuing. Vannstanden oppstrøms vil bli høyere enn beregnet. Vannmengden langs Røldalsvegen blir større enn beregnet. Broen og Røldalsvegen stengt.

4.4.2 Gangbro ved Vasstun

Dette er punkt 2 på Figur 9.

Topp bro / veibane ligger på 90,8 moh. og underkant brobane på 89,7 moh.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Vst. 85,2 moh. Vannstand lavere enn underkant bro.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Vst. 89,6 moh. Vannstand lavere enn underkant bro, men bølger vil slå opp i broen.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Vst. 90,2 moh. når 0,5 m over underkant bro. Oppstuing. Vannstanden oppstrøms vil bli høyere enn beregnet. Broen stengt.

4.4.3 Røldalsvegen fra krysset med Jordalsvegen og nordover

Dette er punkt 3 på Figur 9.

Det er lavt område av veien i krysset mellom Røldalsvegen og Jordalsvegen, som gjør at dette området vil overtoppes og vannet begynner å renne nordover langs Røldalsvegen ved høye vannstander i Sandvinvatnet. Dette området overtoppes når vannføringen ut av Sandvinvatnet er ca. 820 m³/s. Vannstanden i vatnet er da ca. 90,7 moh.

Figur 10 viser hvor vannet strømmes for Q1000 + 40 %.

Selv små vannmengder på 1 – 5 m³/s kan føre til store skader langs Røldalsvegen og videre ned mot Opovegen på grunn av at terrenget er bratt, vannhastigheten blir stor, og grunnen er ikke erosjonssikret.

Vann som renner inn i bebyggelsen kan føre til store skader på hus og eiendom.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Renner ikke vann nordover langs veien.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Renner ca. 5 m ³ /s langs Røldalsvegen ved Odd Fellow. Mesteparten fortsetter nordover langs Røldalsvegen. Ca. 1,5 m ³ /s langs gangveien ned mot Opovegen.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Renner ca. 70 m ³ /s langs Røldalsvegen ved Odd Fellow. Mesteparten renner tilbake i Opo rett nedstrøms Odd Fellow. 5 m ³ /s langs gangveien mot Opovegen. Ca. 9 m ³ /s fortsetter nordover langs Røldalsvegen.



Figur 10 Strømning for Q = 1150 m³/s

4.4.4 Øyna - sykehuset, vurdering av flom og erosjonsfare.

Dette er område 4 på Figur 9.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Ingen oversvømmelse.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Flomvollene mot Opo er høye nok og blir ikke overtoppet, men vann som renner over Jordalsvegen vil renne inn i området både langs Røldalsvegen og langs gangveien i forlengelsen av Opovegen. Mye av vannet vil bli ledet til Opovegen og renne tilbake i Opo rett øst for sykehuset.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Som over, men vesentlig mer vann. Vannet når sannsynligvis underkanten av Øyna bro.

Selv små vannmengder på 1 – 5 m³/s kan føre til store skader langs Røldalsvegen og videre ned mot Opovegen. Det er bratt, så vannhastigheten blir stor, samtidig som grunnen er ikke erosjonssikret.

Vann som renner inn i bebyggelsen kan føre til store skader på hus og eiendom. Vannet må renne langt før det finner veien tilbake til Opo.

4.4.5 Vurdering av erosjonssikringen ved gangveien syd for Opovegen

Dette er punkt 5 på Figur 9.

Vi har vurdert sikringen i området vist i Figur 11. Vi har anslått størrelsen på plastringsteinen til 0,7 m til 1,5 m, med middelstørrelse 1 m.

Tabell 6 viser beregning av stabil steinstørrelse. Steinen i plastringen er mindre enn det vi har beregnet, men plastringen kan likevel være stabil hvis den er godt utført.

Terrengmodellen viser at plastringen heller ca. 1:1,1, som er vesentlig brattere enn beskrevet i tiltaksplanen (1:1,5). Det ser også ut til at plastringen inneholder en del mindre stein (0,7 m), og at det er store fuger mellom noen av steinene.

Ut fra opplysningene som er tilgjengelig anser vi det som sannsynlig at plastringen i dette området vil bli skadet eller bryte sammen under dimensjonerende flom (Q 200 + 40%, 880 m³/s).

Tabell 6 Kontroll av steinstørrelse ved gangvei i sørenden av Opovegen

KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. SHIELDS FORMEL

Vannføring, Q (m³/s) = 880

Shields formel - forutsetninger

Kritisk dimensjonsløs skjærspenning, Cc (-) =	0.05
Steinens tetthet (kg/m ³) =	2600
Vannets tetthet (kg/m ³) =	1000
Tyngdens aksellerasjon, g (m/s ²) =	9.81
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Opptredende skjærspenning fra HEC-RAS (N/m ²) =	900
Midlere steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	1

Shields formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	1.15
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	1.38
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	73%

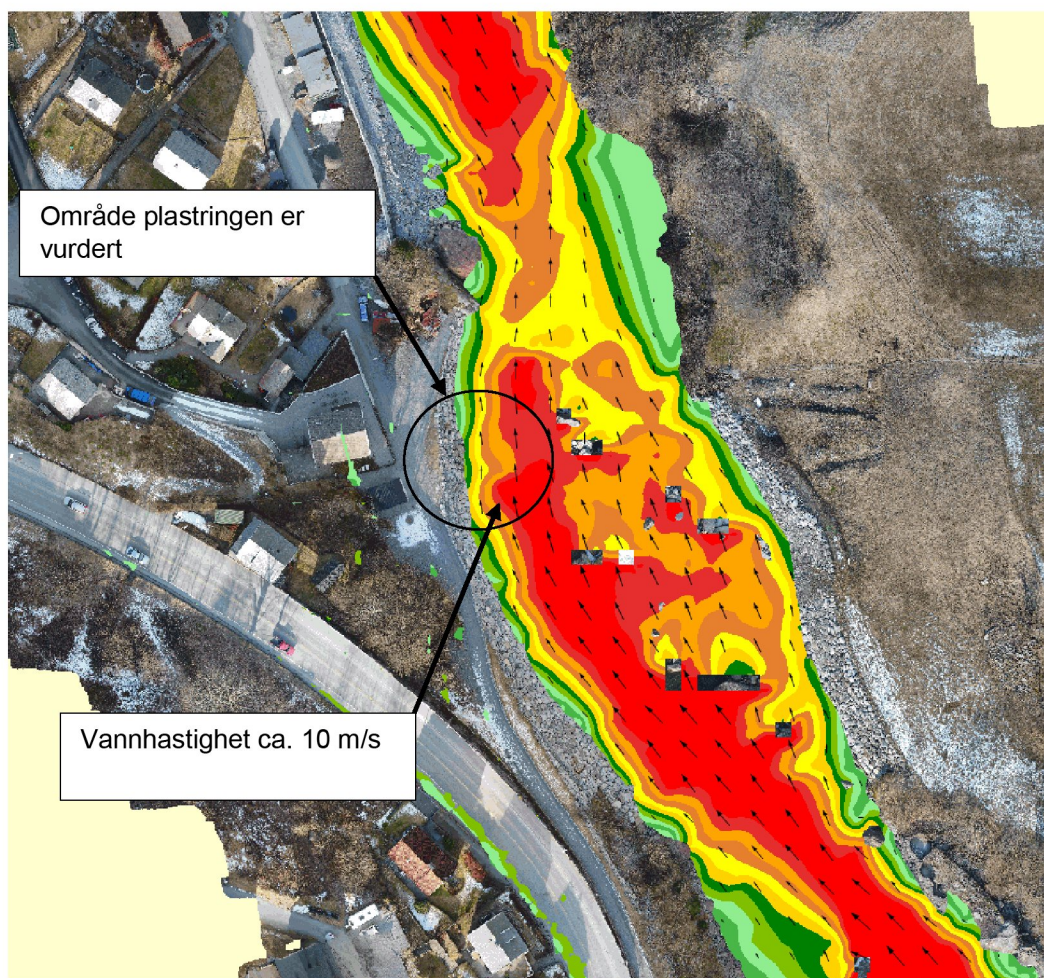
KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. ROBINSONS FORMEL

Robinsons formel - forutsetninger

Enhestvannføring fra HEC-RAS, q (m ³ /m/s) =	25
Bunnhelling, So, (m/m) =	0.1
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Faktisk steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	1

Robinsons formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	1.34
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	1.61
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	62%



Figur 11 Vannhastighet i nedsrøms Eidesfossen for $Q = 880 \text{ m}^3/\text{s}$ (Rød er hastighet = 10 m/s)

4.4.6 Vurdering av erosjonssikringen ved Opovegen 24

Dette er punkt 6 på Figur 9.

Vi har vurdert sikringen i området vist i Figur 12 og Figur 13. Vi har anslått størrelsen på plastringsteinen til 0,6 m til 1,6 m, med middelstørrelse 0,8 m.

Tabell 7 viser beregning av stabil steinstørrelse. Steinen i plastringen er vesentlig mindre enn det vi har beregnet som nødvendig, men plastringen kan likevel være stabil hvis den er godt utført.

Det ser ut til at steinstørrelsen varierer mye og at plastringen inneholder en del mindre stein (0,7 m). Steinlaget virker lite ordnet.

Ut fra opplysningene som er tilgjengelig anser vi det som sannsynlig at plastringen i dette området vil bli skadet eller bryte sammen under dimensjonerende flom ($Q_{200} + 40\%$, $880 \text{ m}^3/\text{s}$).

Tabell 7 Kontroll av steinstørrelse utenfor Opovegen 24

KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. SHIELDS FORMEL

Vannføring, Q (m³/s) = 880

Shields formel - forutsetninger

Kritisk dimensjonsløs skjærspenning, Cc (-)=	0.05
Steinens tetthet (kg/m ³) =	2600
Vannets tetthet (kg/m ³) =	1000
Tyngdens aksellerasjon, g (m/s ²) =	9.81
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Opptredende skjærspenning fra HEC-RAS (N/m ²) =	1000
Midlere steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.8

Shields formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	1.27
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	1.53
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	52%

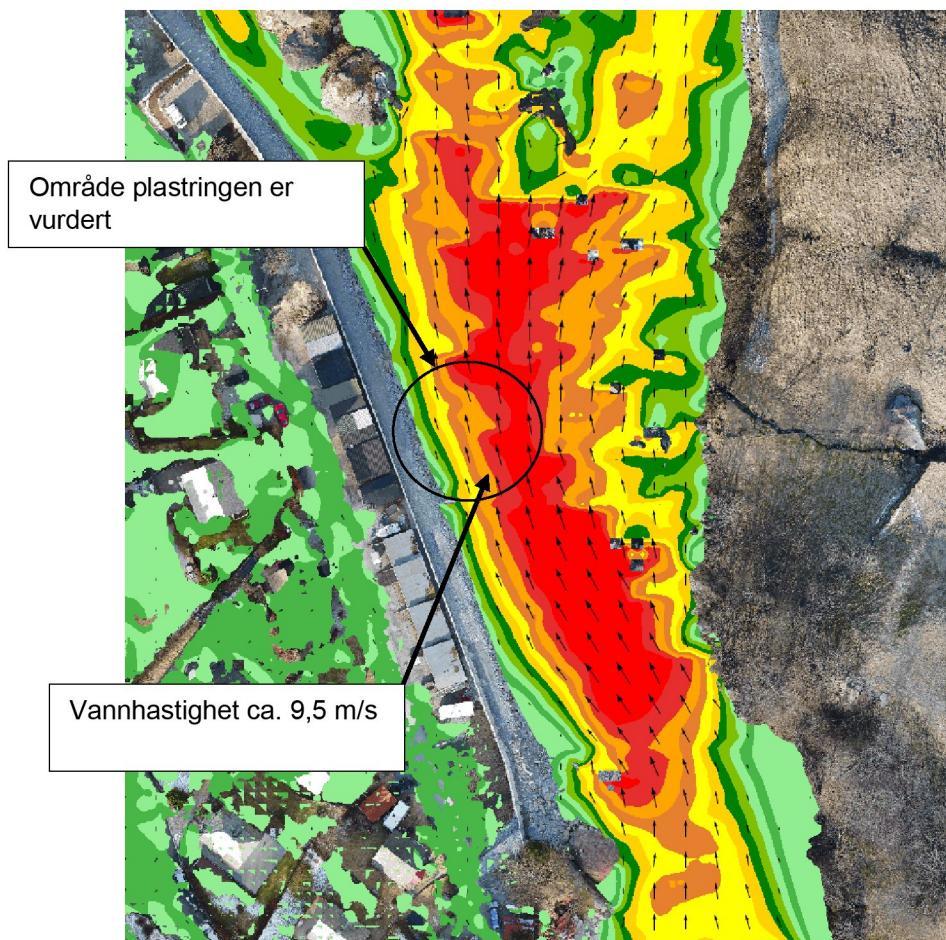
KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. ROBINSONS FORMEL

Robinsons formel - forutsetninger

Enhetsvannføring fra HEC-RAS, q (m ³ /m/s) =	35
Bunnhelling, So, (m/m) =	0.08
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Faktisk steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.8

Robinsons formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	1.34
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	1.61
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	50%



Figur 12 Vannhastighet nedstrøms Eidesfossen / utenfor Opovegen 24 for $Q = 880 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 13 Detalj av erosjonssikring

4.4.7 Vurdering av erosjonssikringen nord for Opovegen 25

Dette er punkt 7 på Figur 9.

Vi har vurdert sikringen i området vist i Figur 14 og Figur 15. Vi har anslått størrelsen på plastringsteinen til 0,8 m til 2,3 m, med middelstørrelse 1,3 m.

Tabell 8 viser beregning av stabil steinstørrelse. Steinen er vesentlig større enn det vi har beregnet som nødvendig. Plastringen virker godt ordnet.

Vi forventer at sikringen vil tåle dimensjonerende flom (Q 200 + 40%, 880 m³/s). Dette forutsetter at bunnen er stabil slik at foten ikke undergraves.

Tabell 8 Kontroll av steinstørrelse nord for Opovegen 25

KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. SHIELDS FORMEL

Vannføring, Q (m³/s) = 880

Shields formel - forutsetninger

Kritisk dimensjonsløs skjærspenning, Cc (-) =	0.05
Steinens tetthet (kg/m ³) =	2600
Vannets tetthet (kg/m ³) =	1000
Tyngdens aksellerasjon, g (m/s ²) =	9.81
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Opptredende skjærspenning fra HEC-RAS (N/m ²) =	500
Midlere steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	1.3

Shields formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.64
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	0.76
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	170%

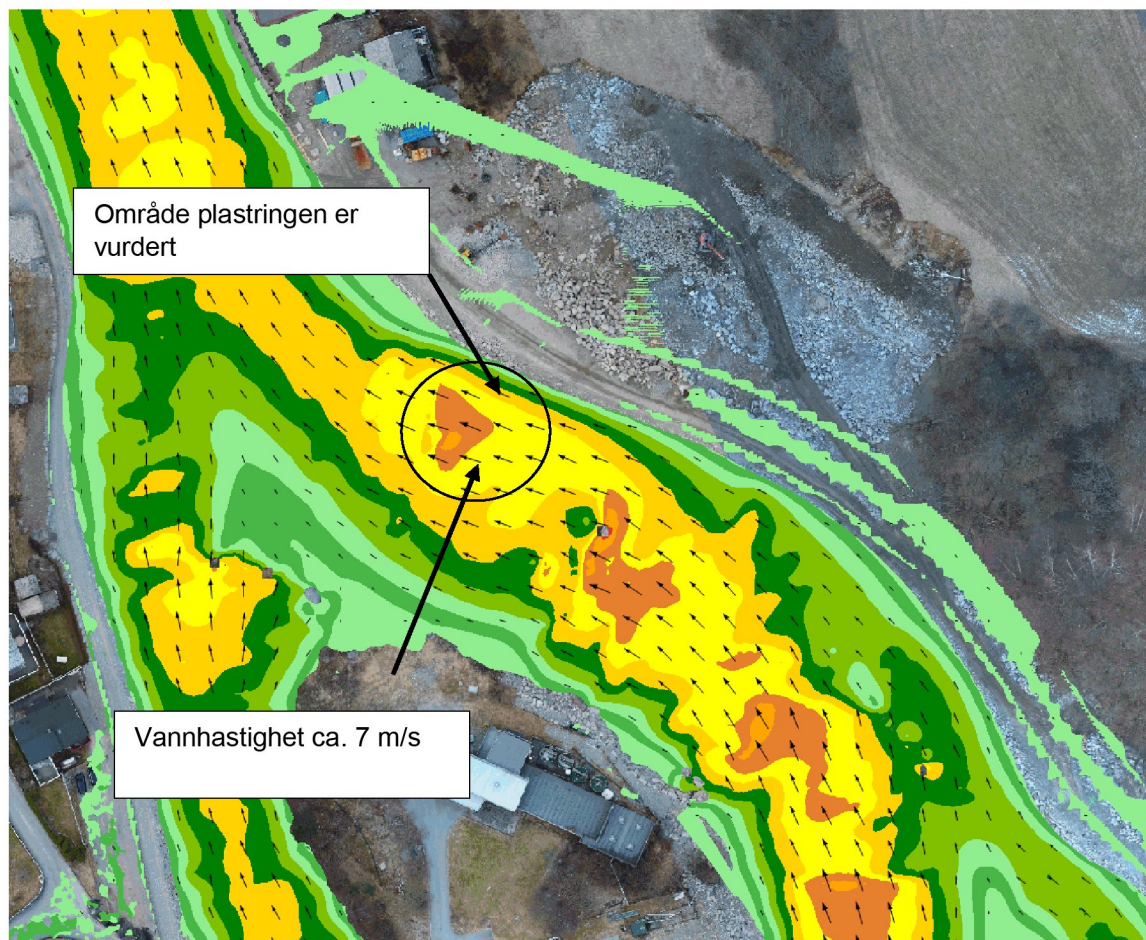
KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. ROBINSONS FORMEL

Robinsons formel - forutsetninger

Enhetsvannføring fra HEC-RAS, q (m ³ /m/s) =	20
Bunnhelling, So, (m/m) =	0.03
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Faktisk steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	1.3

Robinsons formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.46
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	0.55
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	236%



Figur 14 Vannhastighet Øyna / nord for Opovegen 25 for $Q = 880 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 15 Detalj av erosjonssikring

4.4.8 Vurdering av erosjonssikringen øst for Opovegen 11

Dette er punkt 8 på Figur 9.

Vi har vurdert sikringen i området vist i Figur 16 og Figur 17. Vi har anslått størrelsen på plastringsteinen til 0,5 m til 1,1 m, med middelstørrelse 0,7 m.

Tabell 9 viser beregning av stabil steinstørrelse. Etter Shields formel er steinen større enn nødvendig, men etter Robinsons formel er steinen litt for liten. Etter vurdering av strømnings situasjonen mener vi at Shields formel gir riktig resultat. Robinsons formel er basert på normalstrømning, dvs. at vannlinjen er parallell med bunnen, men her fører innsnevringen av løpet til oppstuing, slik at Shields formel er best egnet.

I dette område presses Opo sammen til et smalt løp, og elven danner en sving. Sikringen vi vurderer ligger i en ytterkurve og vil derfor få ekstra belastning. Det var også stor erosjon her under flommen i 2014.

Vi mener sikringen vil tåle dimensjonerende flom (200-års flom + 40 %, 880 m³/s), forutsatt at foten er ført så dypt ned at sikringen ikke undergraves.

Tabell 9 Kontroll av steinstørrelse øst for Opovegen 11

KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. SHIELDS FORMEL

Vannføring, Q (m³/s) = 880

Shields formel - forutsetninger

Kritisk dimensjonsløs skjærspenning, Cc (-)=	0.05
Steinens tetthet (kg/m ³) =	2600
Vannets tetthet (kg/m ³) =	1000
Tyngdens aksellerasjon, g (m/s ²) =	9.81
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Opptredende skjærspenning fra HEC-RAS (N/m ²) =	300
Midlere steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.7

Shields formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.38
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	0.46
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	153%

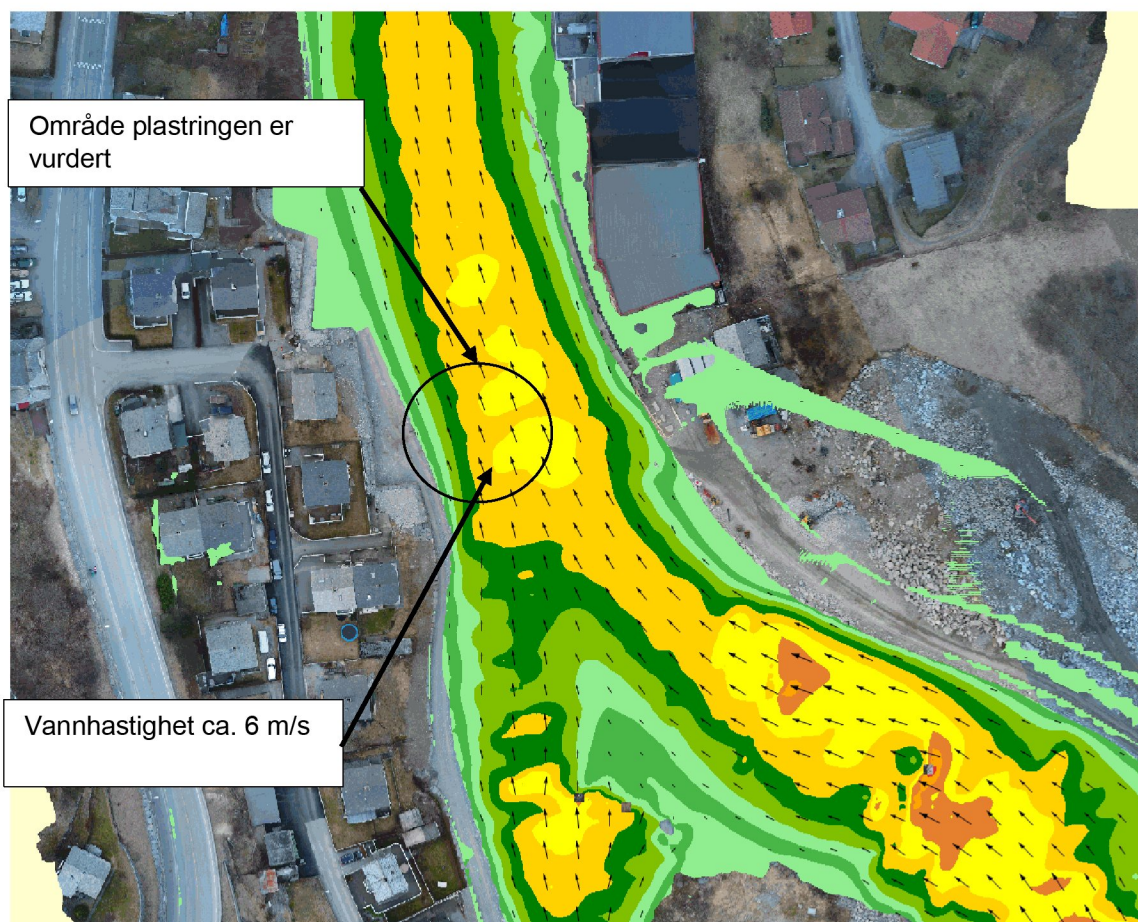
KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. ROBINSONS FORMEL

Robinsons formel - forutsetninger

Enhetsvannføring fra HEC-RAS, q (m ³ /m/s) =	25
Bunnhelling, So, (m/m) =	0.04
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Faktisk steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.7

Robinsons formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.65
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	0.78
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	90%



Figur 16 Vannhastighet for $Q = 880 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 17 Detalj av erosjonssikring

4.4.9 Øyna – Hjøllo bro, vurdering av flom og erosjonsfare

Dette er område 9 på Figur 9.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Beregningene viser at vannet renner over flomveggen på høyre side, ca. 125 m oppstrøms Hjøllo bro. Det skyldes at vannet stuer opp mot en forhøyning ved høyre elvebredd, sannsynligvis en kjørerampe. Hvis rampen er fjernet vil det gi betydelig lavere vannstand, slik at flomveggen ikke overtoppes.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Flomveggen på høyre side, ca. 125 – 150 m oppstrøms Hjøllo bro overtoppes 0 – 1 m, gitt at innmålingene vi har fått representerer topp ferdig mur. Vannet følger baksiden av muren og renner tilbake i Opo nedstrøms Hjøllo bro. Det er usikkert om flomveggen overtoppes dersom om rampen som er nevnt over, fjernes.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Som over, men betydelig større vannføring over / bak muren, se Figur 19.



Figur 18 Overtopping av flomveggen ved $630 \text{ m}^3/\text{s}$ skyldes sannsynligvis restene av en kjørerampe i terrengmodellen



Figur 19 Området ved Hjøllo bro ved 1150 m³/s

4.4.10 Vurdering av erosjonssikringen syd for Hjøllo bro

Dette er punkt 10 på Figur 9.

Vi har vurdert sikringen i området som er vist i Figur 20 og Figur 21. Vi har anslått størrelsen på plastringsteinen til 0,5 m til 0,8 m, med middelstørrelse 0,7 m.

Tabell 10 viser beregning av stabil steinstørrelse. Steinen i plastringen er vesentlig mindre enn det vi har beregnet som nødvendig, men plastringen kan likevel være stabil hvis den er godt utført.

Det ser ut til at steinstørrelsen varierer mye og at plastringen inneholder en del mindre stein. Plastringen virker lite ordnet, og det er store hulrom og åpninger mellom en del av steinene.

På denne strekningen er Opo presset inn i et smalt løp med forbygning på begge sider. Hvis elven ikke kan grave i breddene, så øker faren for at bunnen senker seg, og at sikringsfoten undergraves. Under flommen i 2014 var det stor erosjon langs venstre bredd på denne strekningen.

Ut fra opplysningene som er tilgjengelig anser vi det som sannsynlig at plastringen vil bli skadet under dimensjonerende flom (Q 200 + 40%, 880 m³/s).

Tabell 10 Kontroll av steinstørrelse syd for Hjøllo bro

KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. SHIELDS FORMEL

Vannføring, Q (m³/s) = 880

Shields formel - forutsetninger

Kritisk dimensjonsløs skjærspenning, Cc (-)=	0.05
Steinens tetthet (kg/m ³) =	2600
Vannets tetthet (kg/m ³) =	1000
Tyngdens aksellerasjon, g (m/s ²) =	9.81
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Opptredende skjærspenning fra HEC-RAS (N/m ²) =	650
Midlere steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.7

Shields formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.83
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	0.99
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	70%

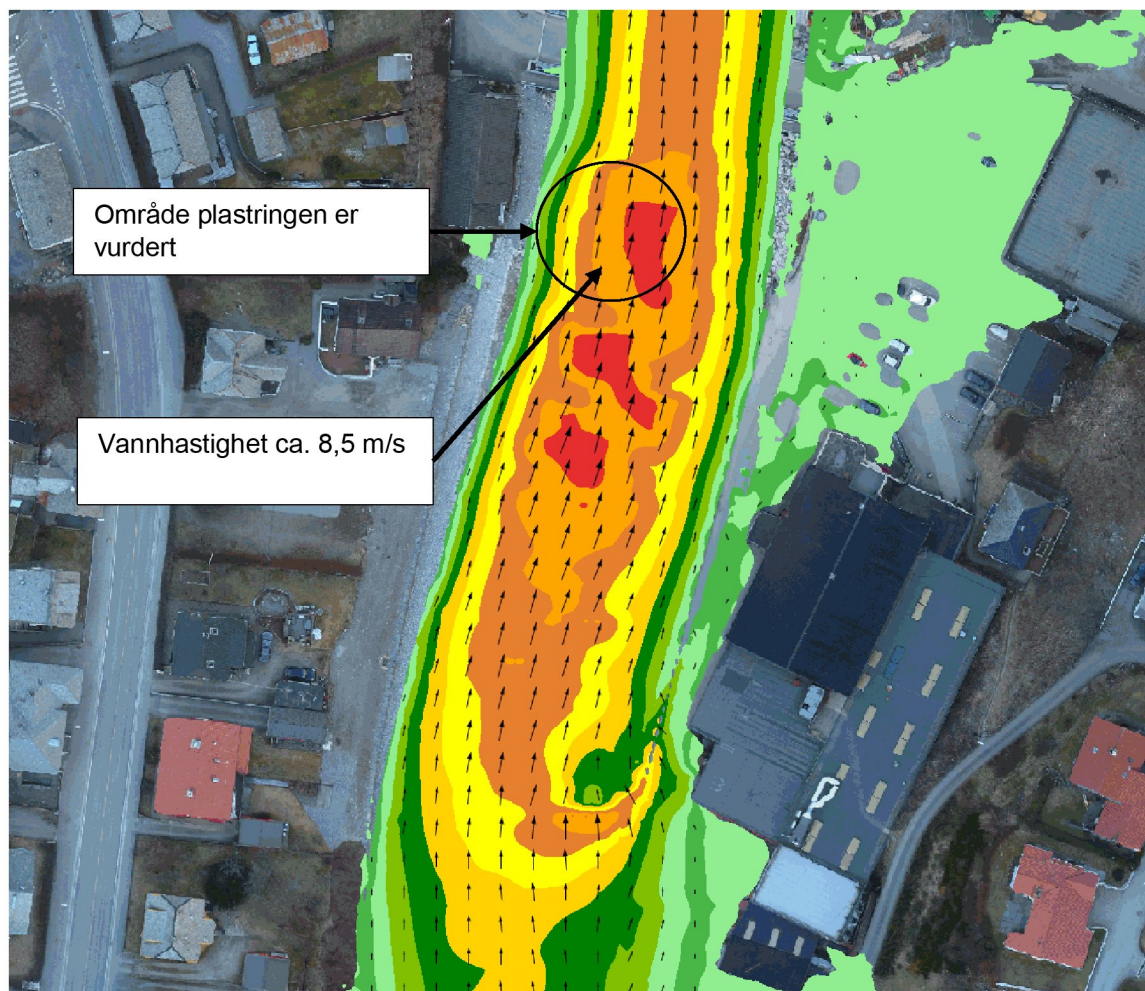
KONTROLL AV STEINSTØRRELSE VHA. ROBINSONS FORMEL

Robinsons formel - forutsetninger

Enhetsvannføring fra HEC-RAS, q (m ³ /m/s) =	30
Bunnhelling, So, (m/m) =	0.06
Korreksjon for sideskråning 1:1,5 (-) =	1.2
Faktisk steinstørrelse anslått fra bilder, D_observert (m) =	0.7

Robinsons formel - resultat

Stabil steinstørrelse på horisontal bunn, D (m) =	0.99
Stabil steinstørrelse i sideskråning, D_stabil (m) =	1.18
Forhold mellom D_observert og D_stabil (-) =	59%



Figur 20 Vannhastighet syd for Hjøllo bro for $Q = 880 \text{ m}^3/\text{s}$



Figur 21 Detalj av erosjonssikring

4.5 Hjøllø bro, vurdering av flom og erosjonsfare.

Nøyaktige opplysninger om den nye broen har ikke vært tilgjengelig. Fra NVEs målinger forutsetter vi at topp bro / veibane ligger på 11,3 moh., og forutsetter at underkant bro ligger ca. 1 m lavere, på 10,3 moh.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Vannstand ca. 8,7 moh., passerer under broen.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Vannstand ca. 9,2 moh., passerer under broen.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Vannstand 10,3 moh., bølger treffer underkanten av broen, men fremdeles frispelstrømning uten vesentlig oppstuing.

4.6 Smelteverksbroen, vurdering av flom og erosjonsfare

Nøyaktige opplysninger om broen har ikke vært tilgjengelig. Fra Swecos målinger forutsetter vi at topp bro / veibane ligger på ca. 9,5 moh., og forutsetter at underkant bro ligger ca. 1 m lavere, på 8,5 moh.

Vannføring	Vurdering
Q 200 (630 m ³ /s)	Vannstand ca. 7,3 moh., passerer under broen.
Q 200 + 40% (880 m ³ /s)	Vannstand ca. 8,3 moh., bølger treffer underkanten av broen, men fremdeles frispeilstrømning uten vesentlig oppstuing.
Q 1000 + 40 % (1150 m ³ /s)	Vannstand 9,3 moh. Vannstrømmen treffer broen direkte, broen overtoppes. Oppstuing fører til høyere vannstand oppstrøms enn vi har beregnet.

5 Vurdering og konklusjon

5.1 NVEs prosjektering og bygging av sikringstiltakene

NVE har utført omfattende sikringstiltak langs Opo etter flommen i 2014, og vi har vurdert dokumentasjonen som NVE sendte over. Generelt bemerkes følgende:

- Dokumentasjon av de hydrauliske beregningene har ikke vært tilgjengelig. De hydrauliske beregningene gir viktige forutsetninger, f.eks. hvor høyt vannet vil stige. Dette burde inngått som en del av dokumentasjonen av sikringstiltakene.
- Dokumentasjon av beregning av stabil steinstørrelse, som er et viktig grunnlag for dimensjonering av erosjonssikringen, har ikke vært tilgjengelig. Skal sikringen tåle belastningen så er det helt nødvendig at det brukes stein som er stor nok. Beregning av nødvendig steinstørrelse er en viktig del av prosjekteringen, og burde inngått som en del av dokumentasjonen av sikringstiltakene.
- Dokumentasjon av beregningen av tykkelsen på sikringslaget, beregning av nødvendig dybde på fotgrøften og beregning av filterlaget, har ikke vært tilgjengelig. Dette er viktige forhold som burde inngått som en del av dokumentasjonen av sikringstiltakene.
- Dokumentasjon av størrelsen på steinen som faktisk ble brukt til å bygge sikringen har ikke vært tilgjengelig. Det er viktig at sikringen blir bygget med stein som stemmer med forutsetningene. I byggeperioden må steinstørrelsen kontrolleres regelmessig. Dokumentasjon på slik kontroll har ikke vært tilgjengelig.
- Det foreligger ikke tegninger som viser hvordan sikringsanleggene faktisk har blitt bygget, såkalte *som bygget* tegninger. Mangel på *som bygget* tegninger gjør at det er vanskelig å vurdere anleggets kvalitet. Sikringstiltakene langs Opo er så omfattende at de bør ha god sluttokumentasjon.
- Generelt har mangel på dokumentasjon, både av prosjekteringen, kontrollen under utførelsen og av de ferdige sikringstiltakene, vanskeliggjort vurderingene.

5.2 Fare for oversvømmelse

Vi har vurdert faren for oversvømmelse i Opo for de tre vannføringene som er vist under. Vi har ikke vurdert 1000-års flommen separat, fordi vannføringen (820 m³/s) er nesten lik vannføringen for 200-års flom med klimatillegg.

- Q 200 (630 m³/s)
- Q 200 + 40% (880 m³/s)
- Q 1000 + 40 % (1150 m³/s)

For 200-års flommen, 630 m³/s, ventes ikke vesentlige oversvømmelse utenfor elveløpet.

For 200-års flom med 40 % klimatillegg, 880 m³/s, vil det oppstå betydelige oversvømmelser:

- Vannstanden vil nå opp til eller nær oppunder broene ved Vasstun.
- Vannet vil renne over Jordalsvegen og følge Røldalsvegen nordover og deretter følge ulike løp inn i bebyggelsen ved Øyna / sykehuset. Selv om vannmengden langs Røldalsveien, ca. 5 m³/s, er liten i forhold til vannføringen i Opo, så vil vannet føre til store skader. I bratte parti må vi regne med stor erosjon langs vannets mange løp. Den tette bebyggelse gjør at det er stort potensiale for skade på hus og eiendom.

- Oppstuing mot Vasstun bro vil føre til at det strømmer mer vann langs Røldalsveien enn vi har beregnet, og derved større oversvømmelse.
- Vannet renner over flomveggen på høyre side av elva, ca. 150 m oppstrøms Hjøllo bro. Vannet vil renne nordover på baksiden av flomveggen og tilbake i Opo nord for Hjøllo bro. Flere bygninger vil bli berørt.

For 1000-års flom med 40 % klimatillegg, 1150 m³/s, vil det oppstå ytterligere oversvømmelser, i tillegg til det som er beskrevet over:

- Vannstanden vil nå høyt opp på overbygningen på begge broene på Vasstun. Det vil føre til oppstuing og høyere vannstand i Sandvinvatnet, og at mer vann renner nordover langs Røldalsvegen. Når vannet når broenes overbygning så øker faren for at drivgods, f.eks. trær, henger seg fast. Det vil føre til ytterligere oppstuing.
- Mye vann vil strømme over Jordalsvegen og nordover langs Røldalsvegen. Forbi Odd Fellow vil det renne ca. 70 m³/s. Mye av det vannet vil renne tilbake i Opo rett nedstrøms Odd Fellow, men ca. 9 m³/s vil fortsette langs Røldalsvegen og inn i bebyggelsen ved Øyna / sykehuset. Det vil føre til store flom og erosjonsskader.
- Vannet når overbygningen på Øyna bro og Smelteverksbroen. Det vil føre til oppstuing og høyere vannstand enn vi har beregnet. Faren for at drivgods setter seg fast øker.

5.3 Fare for erosjon

Vi har vurdert stabiliteten til NVEs erosjonssikring i noen utvalgte punkt for 200-års flom med klimatillegg (880 m³/s). Generelt mangler dokumentasjon fra NVE av hvordan sikringen er prosjektert og hvordan den er bygget, f.eks. hvor stor stein som er brukt. Det har gjort stabilitetsvurderingen vanskelig.

Vi mener sikringen i de mest påkjente områdene er underdimensjonert og kan svikte under en stor flom. Av de punktene vi har vurdert gjelder det:

- Sikringen ved foten av Eidesfossen, punkt 5 og 6 i Figur 9.
- Sikringen på venstre side rett oppstrøms Hjøllo bro, punkt 10 i Figur 9.

Dersom det oppstår brudd i disse sikringene kan de få svært alvorlige følger. Sikringen i punkt 5 ligger i foten av en 6 m høy skråning. Et brudd som eksponerer foten av skråningen for flomvannet kan true hele skråningens stabilitet. De kan føre til at Opo bryter gjennom og renner inn i bebyggelsen langs Opovegen, noe som vil føre til omfattende skader.

For sikringen litt lengre nedstrøms, nummer 6 i Figur 9, gjelder det samme som over, men her er det mindre fare for at elva bryter gjennom.

Rett oppstrøms Hjøllo bro er elveløpet både smalt og bratt. Det fører til høy vannhastighet og stor belastning på sikringen, som vi mener at ikke vil være stabil. Hvis sikringen svikter så kan det føre til skade på bygningene som står utsatt til nær elvebredden. Det kan også føre til skader på fundamentet til Hjøllo bru.

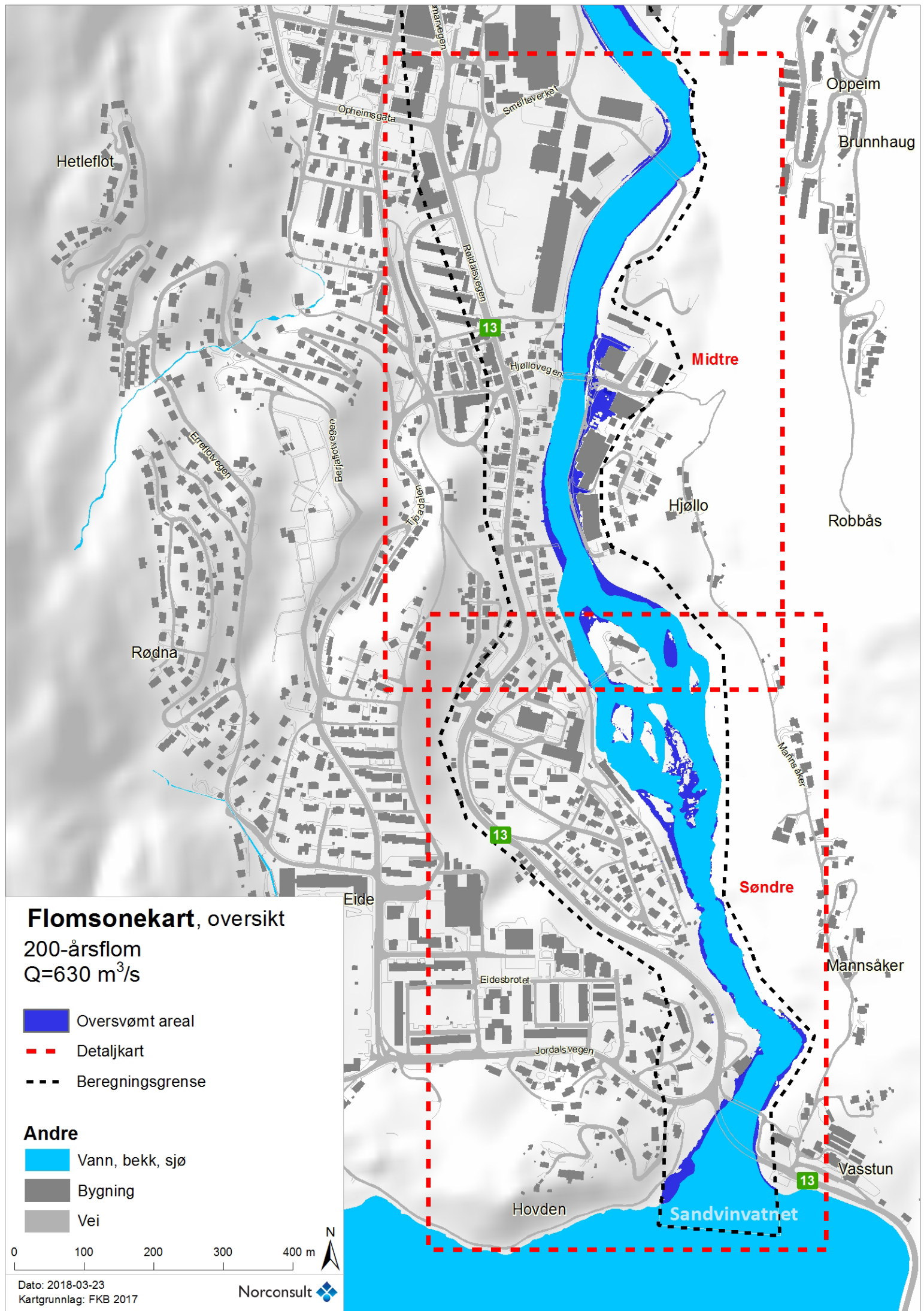
Generelt finnes det ikke gode metoder for å dimensjonere ordnet steinplastring i bratte elver, og særlig mangles grunnlag for sikring av bratte sideskråninger, slik som f.eks. sikringen av de høye skråningene nedstrøms Eidesfossen.

NVE har ikke framlagt dokumentasjon på hvordan denne, eller annen sikring, er dimensjonert. Vi forutsetter derfor at det faktisk ikke er gjort noen reell dimensjonering, dvs. beregning av nødvendig steinstørrelse.

Siden sikringen nedstrøms Eidesfossen utsettes for så stor belastning, vannhastighet 10 m/s, og fordi et brudd vil ha svært store konsekvenser, mener vi NVE burde brukt modellforsøk til å dimensjonere sikringen. Ved å bygge en modell i et hydraulisk laboratorium kunne man testet ulike utførelser og undersøkt hvor mye sikringen tåler.

Det samme gjelder sikringen på andre sterkt belastede strekninger. De burde vært testet i en hydraulisk modell før de ble bygget. En modellstudie er relativt kostbar, anslagsvis 0,5 – 1,5 millioner kroner, men det er lite i forhold til investeringene i sikringstiltak langs Opo, og i forhold til konsekvensene av om sikringen svikter.

Vedlegg 1 Flomsonekart for 200-års flom



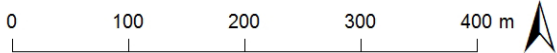
Flomsonekart, oversikt

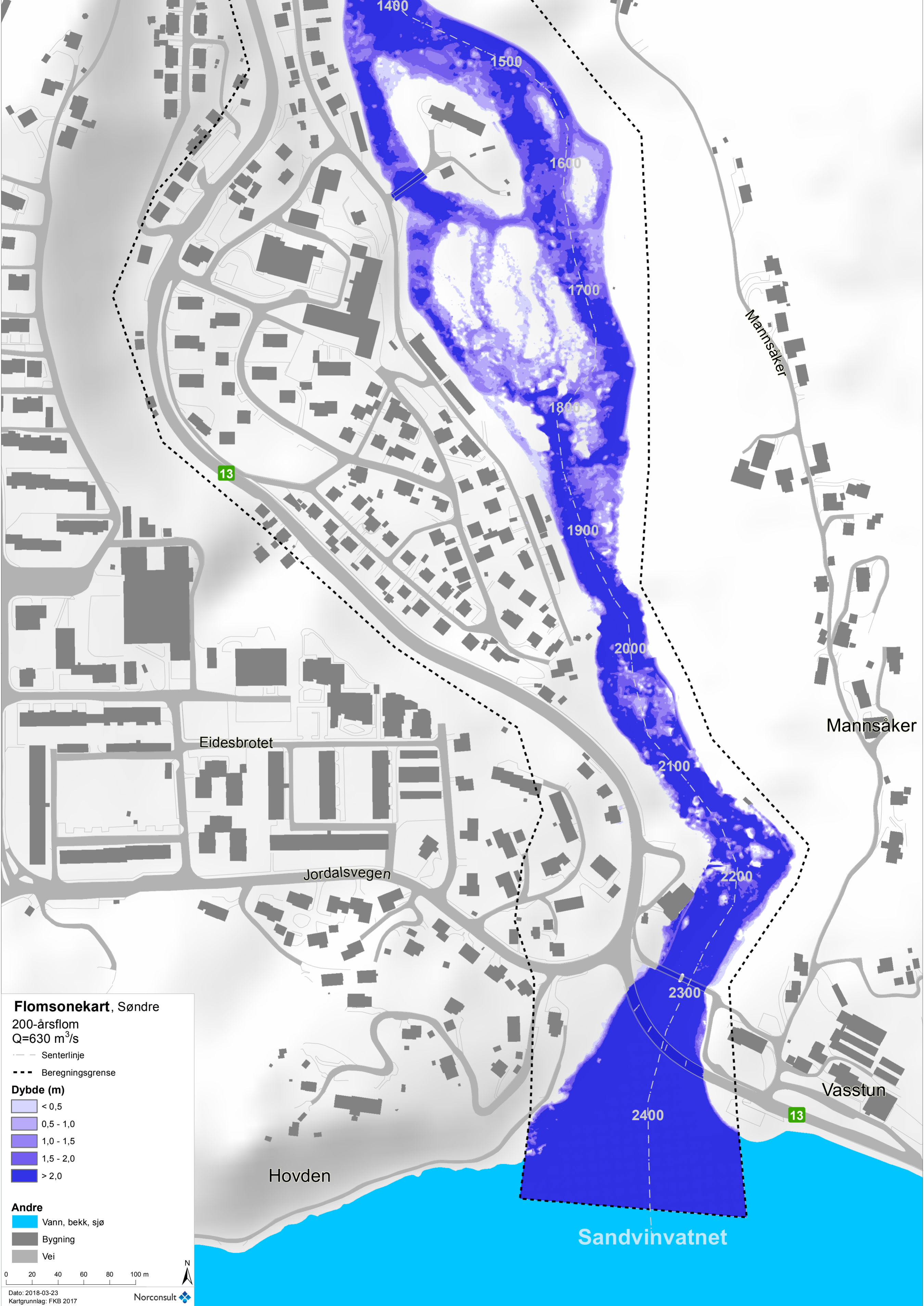
200-årsflom
 $Q=630 \text{ m}^3/\text{s}$

- Oversvømt areal
- Detaljkart
- Beregningsgrense

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei





Flomsonekart, Søndre

200-årsflom

$Q=630 \text{ m}^3/\text{s}$

--- Senterlinje

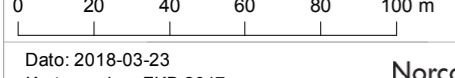
--- Beregningsgrense

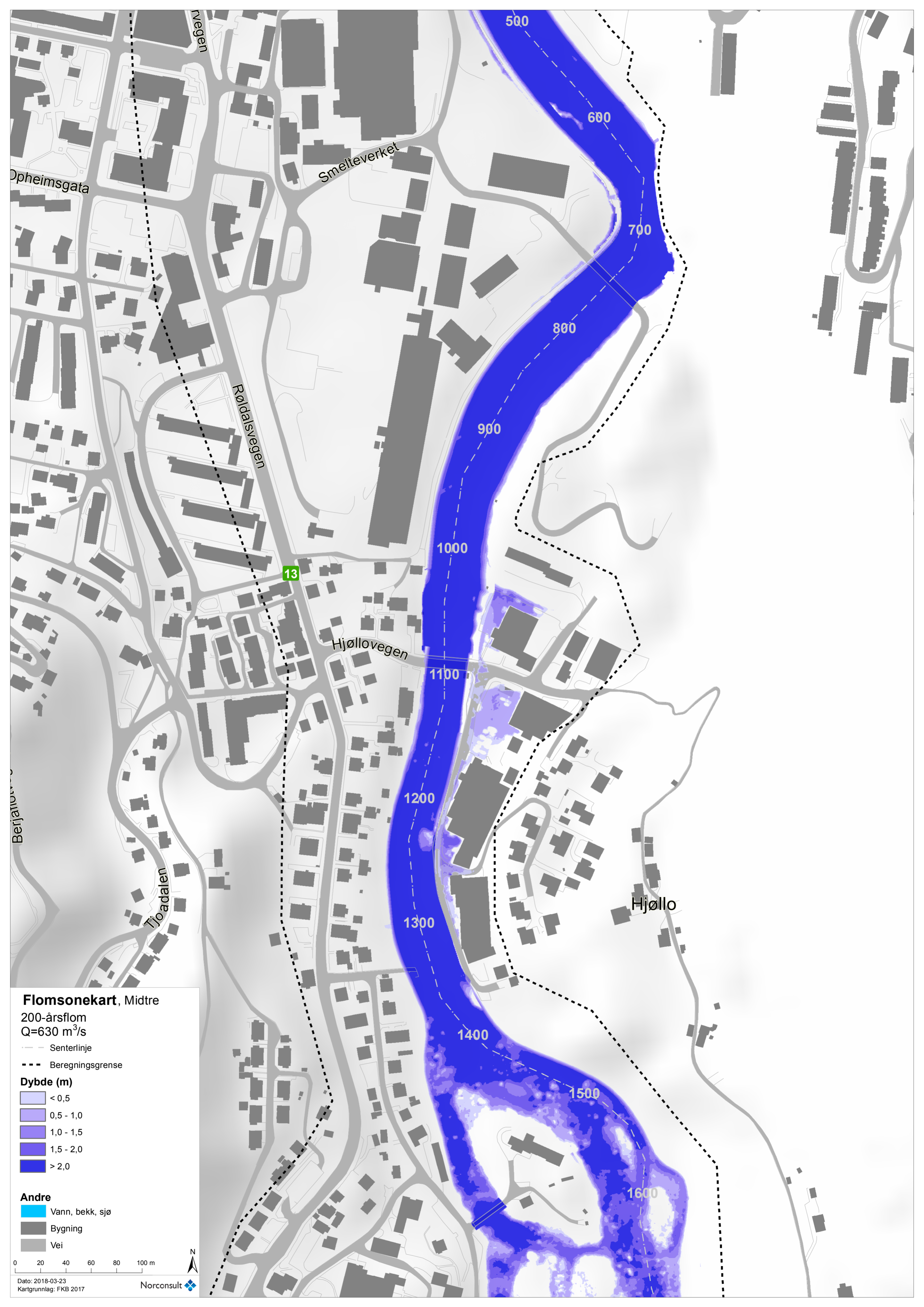
Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei





Flomsonekart, Midtre
 200-årsflom
 Q=630 m³/s

— — Senterlinje
 - - - Beregningsgrense

Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

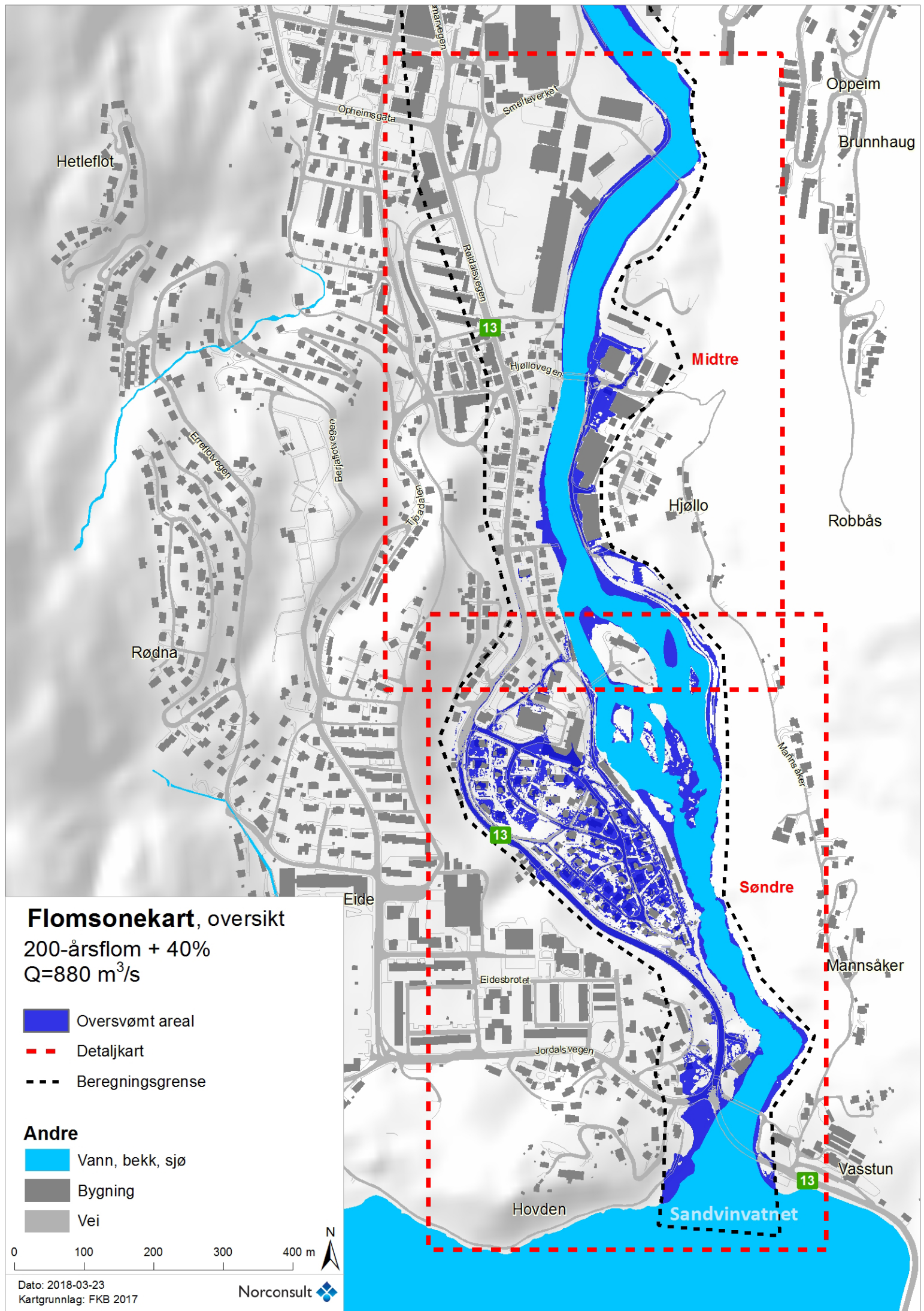
- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei

0 20 40 60 80 100 m

Dato: 2018-03-23
 Kartgrunnlag: FKB 2017

Norconsult

Vedlegg 2 Flomsonekart for 200-års flom + 40 % klimatillegg



Flomsonekart, oversikt

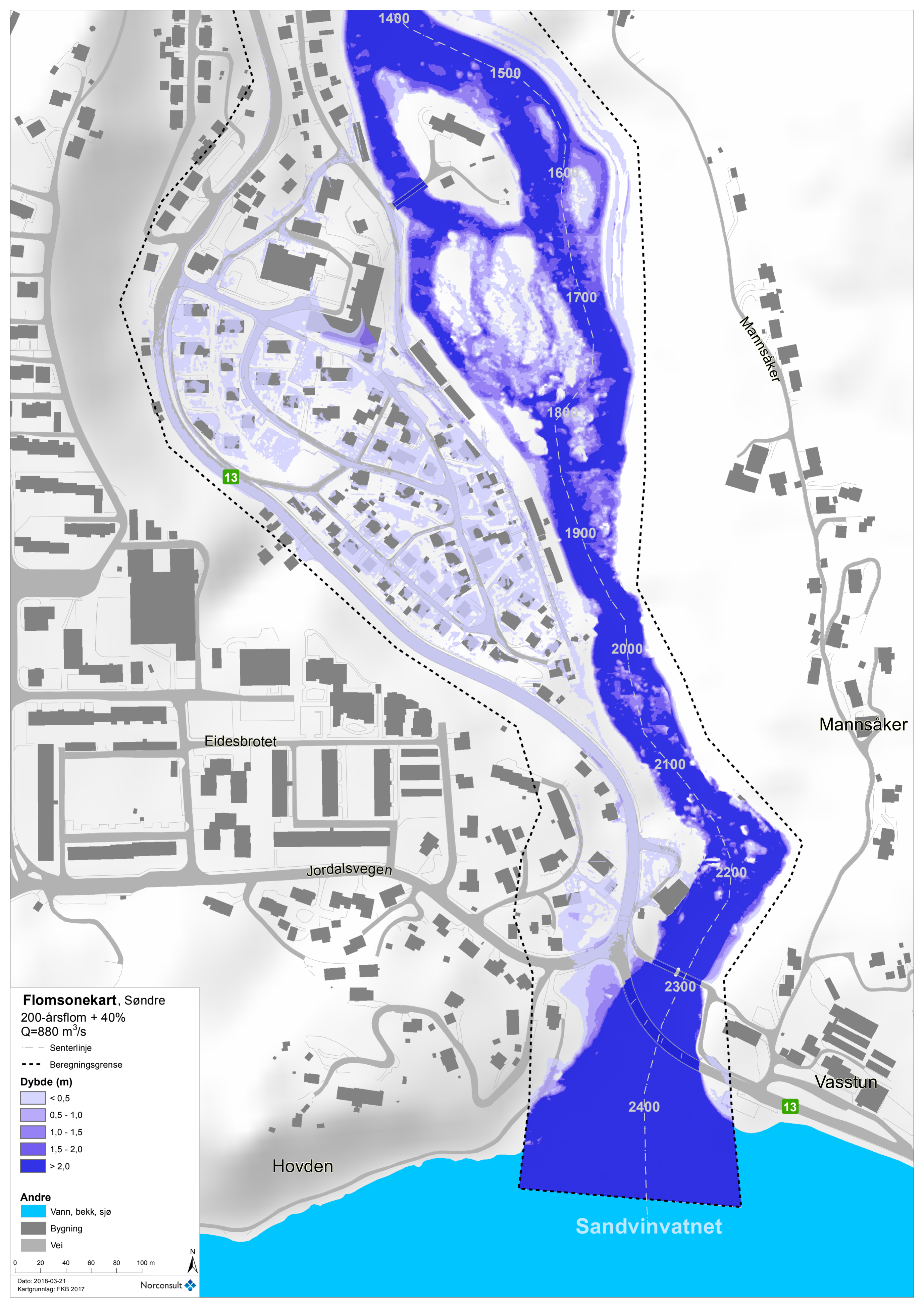
200-årsflom + 40%
 $Q=880 \text{ m}^3/\text{s}$

- Oversvømt areal
- Detaljkart
- Beregningsgrense

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei





Flomsonekart, Søndre

200-årsflom + 40%
 $Q=880 \text{ m}^3/\text{s}$

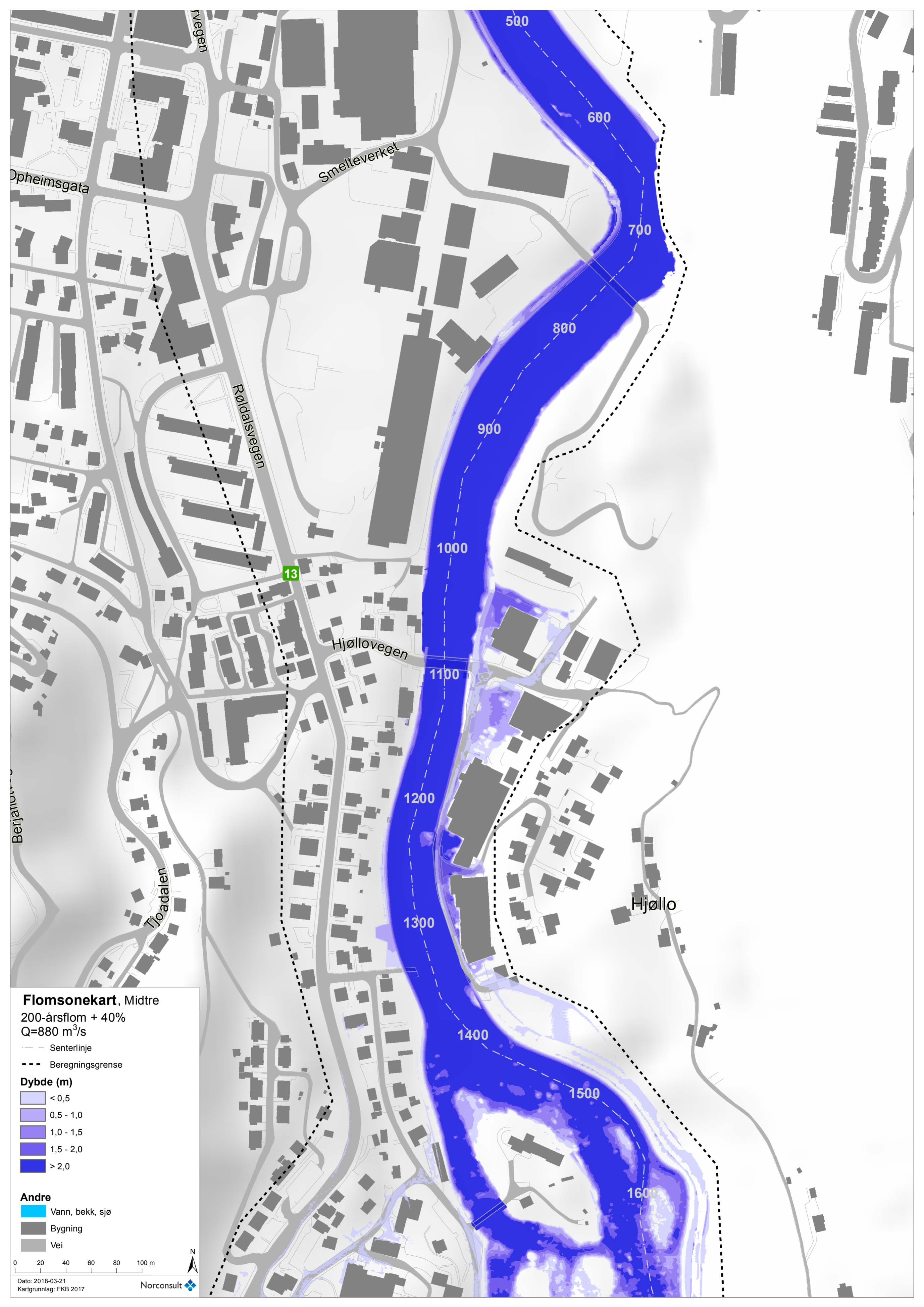
- Senterlinje
- Beregningsgrense

Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei



Flomsonekart, Midtre
 200-årsflom + 40%
 Q=880 m³/s

- - - Senterlinje
- - - Beregningsgrense

Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei

0 20 40 60 80 100 m

Dato: 2018-03-21
 Kartgrunnlag: FKB 2017

Norconsult

Opheimsgata

Smelteverket

Røbløvsvegen

13

Hjøllovegen

Tjørdalen

Berjalov

Hjøllo

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

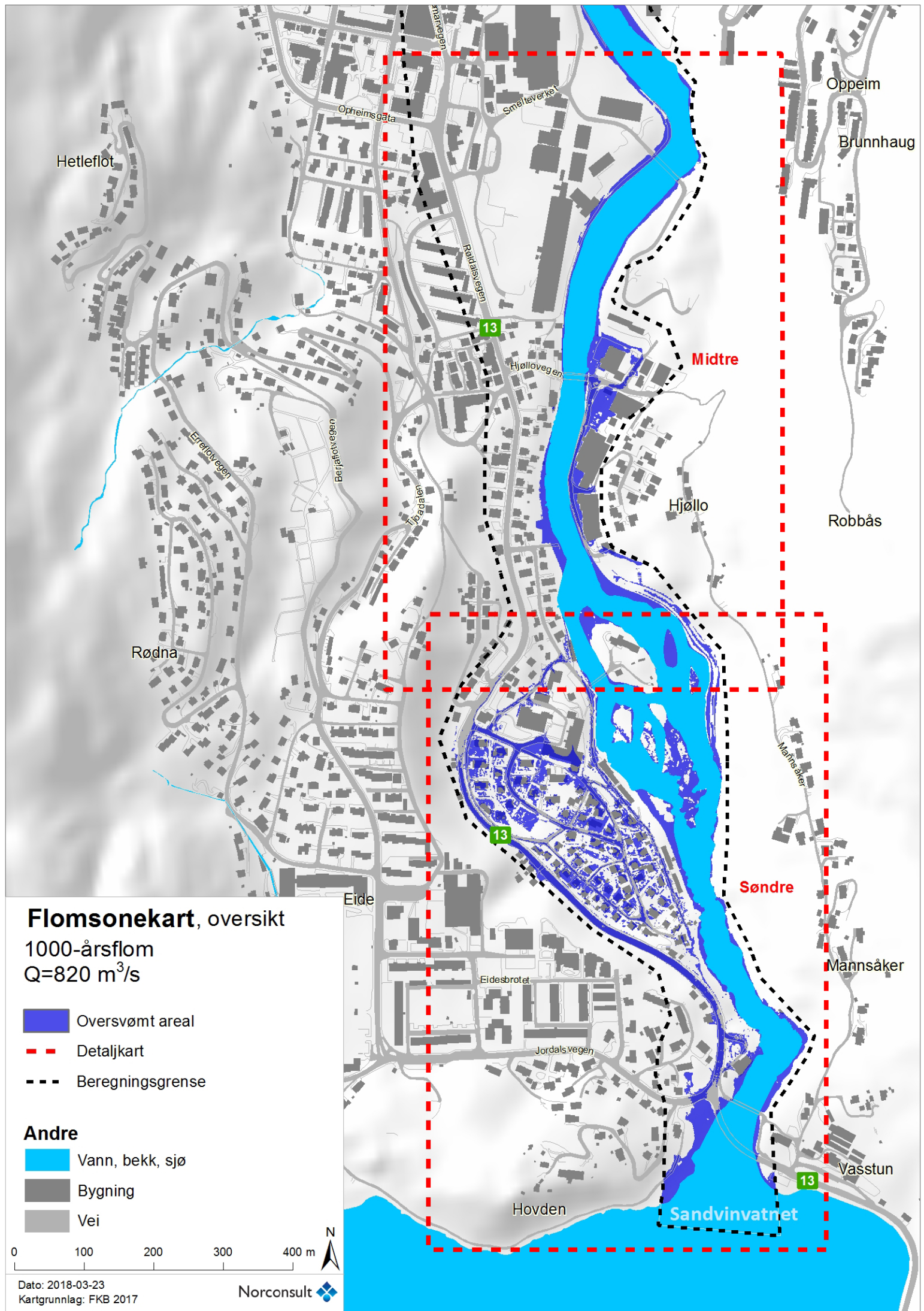
1300

1400

1500

1600

Vedlegg 3 Flomsonekart for 1000-års flom



Flomsonekart, oversikt

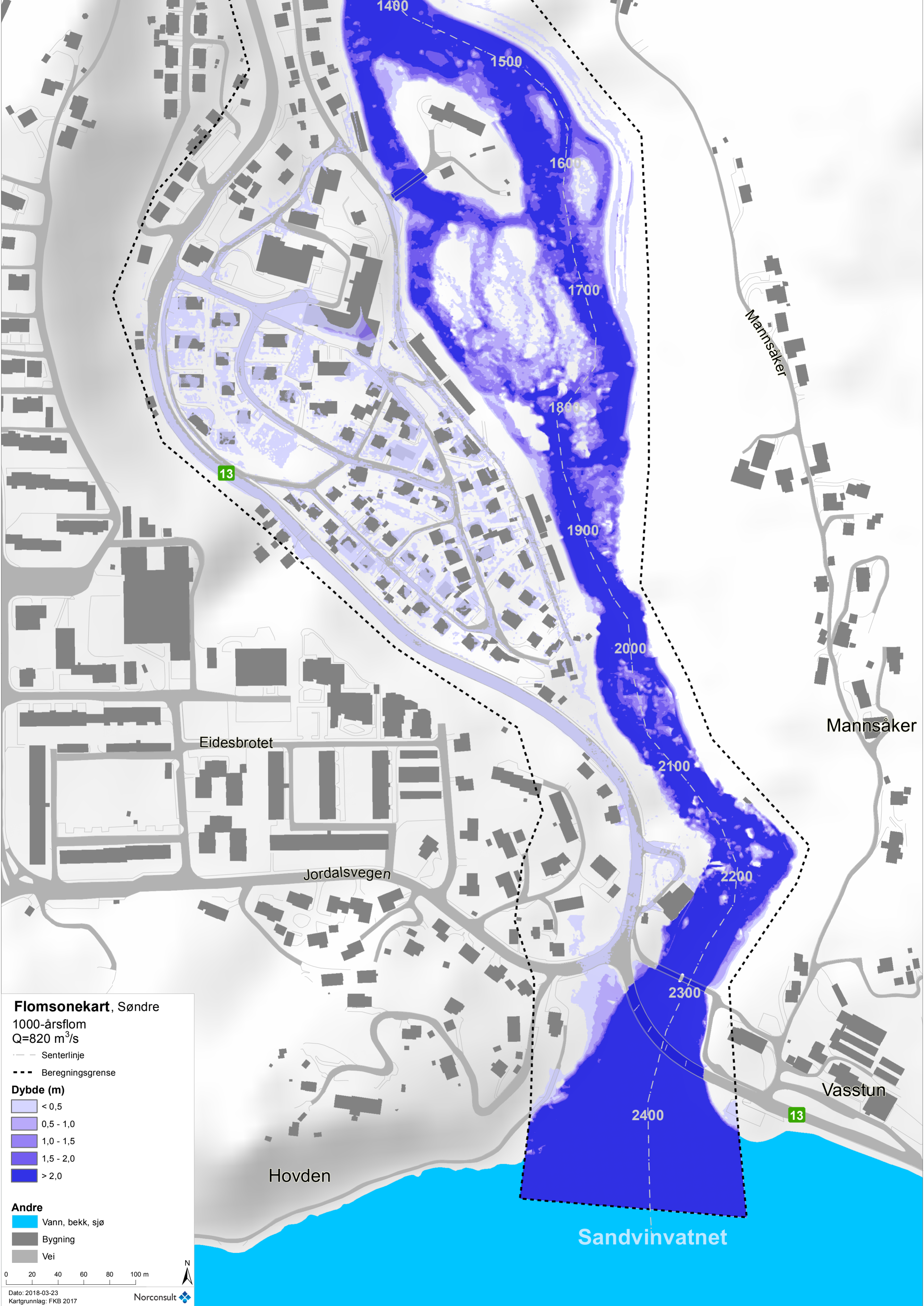
1000-årsflom
 $Q=820 \text{ m}^3/\text{s}$

- Oversvømt areal
- Detaljkart
- Beregningsgrense

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei





Flomsonekart, Søndre

1000-årsflom

$Q=820 \text{ m}^3/\text{s}$

--- Senterlinje

--- Beregningsgrense

Dybde (m)

< 0,5

0,5 - 1,0

1,0 - 1,5

1,5 - 2,0

> 2,0

Andre

Vann, bekk, sjø

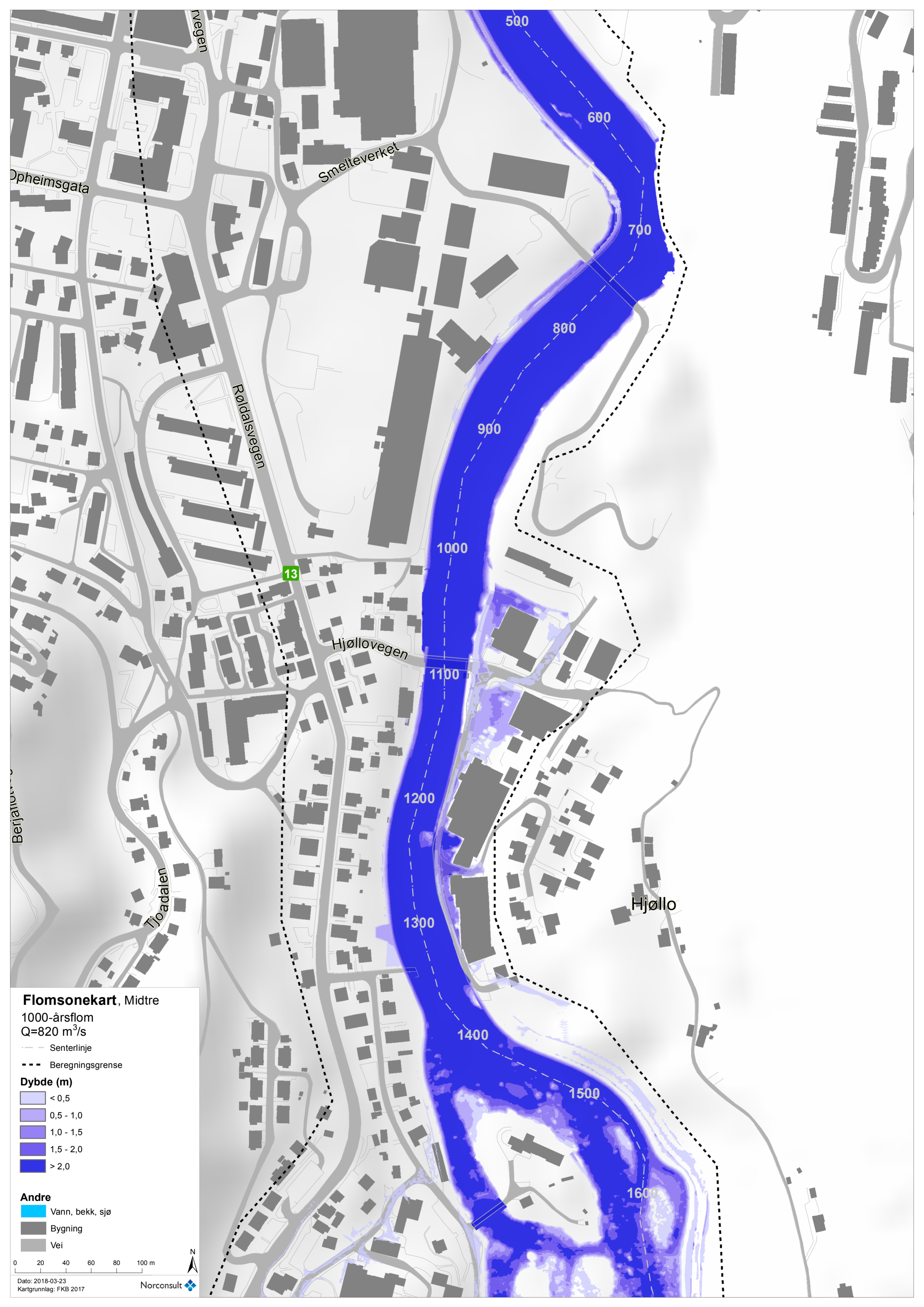
Bygning

Vei

0 20 40 60 80 100 m

Dato: 2018-03-23
Kartgrunnlag: FKB 2017

Norconsult



Opheimsgata

Smelteverket

Røbløpsvegen

Hjøllovegen

Hjøllø

Tjørdalen

Berjalov

13

500

600

700

800

900

1000

1100

1200

1300

1400

1500

1600

Flomsonekart, Midtre
 1000-årsflom
 Q=820 m³/s

--- Senterlinje
 - - - Beregningsgrense

Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

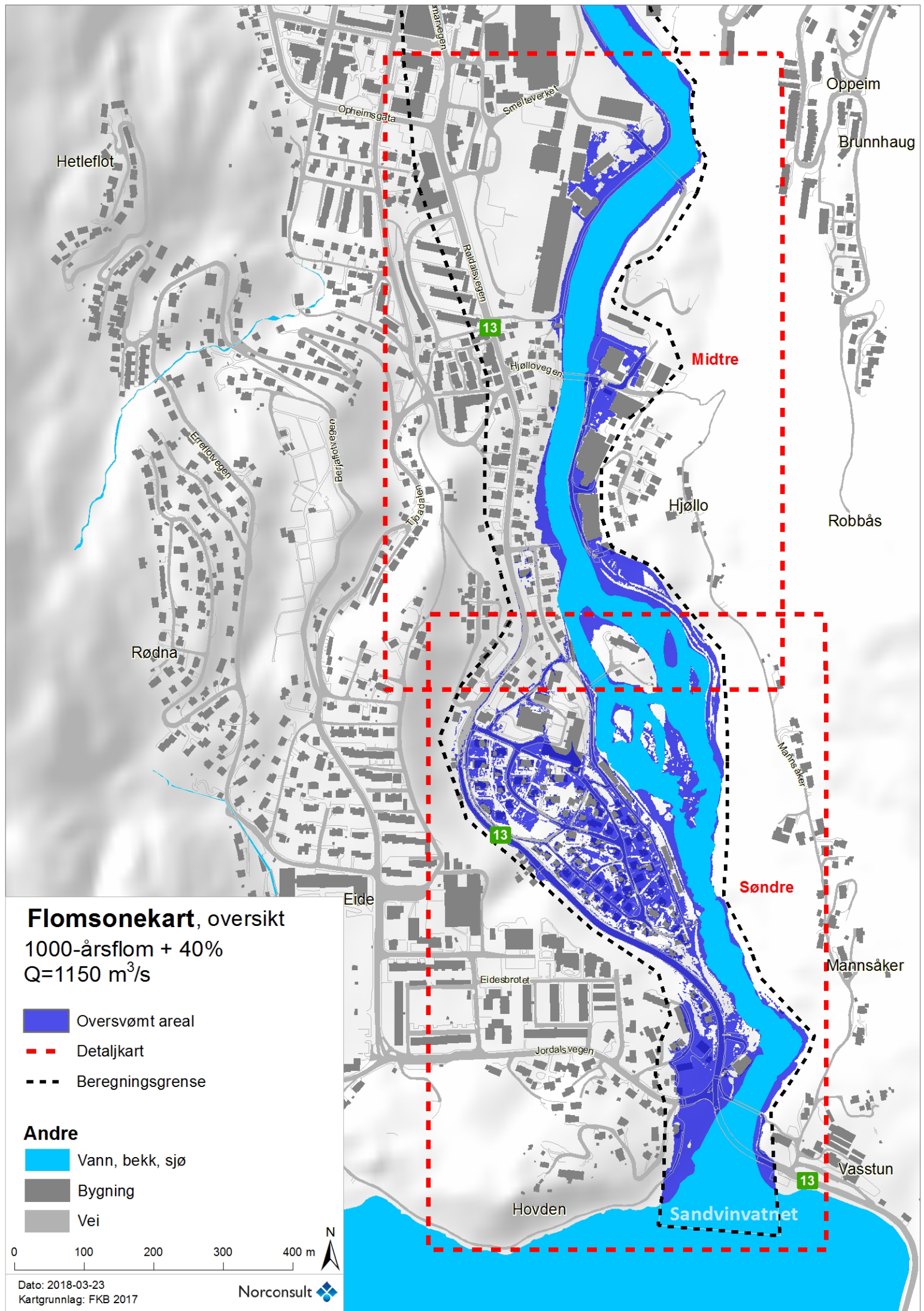
- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei

0 20 40 60 80 100 m

Dato: 2018-03-23
 Kartgrunnlag: FKB 2017

Norconsult

Vedlegg 4 Flomsonekart for 1000-års flom + 40 % klimatillegg



Flomsonekart, oversikt

1000-årsflom + 40%
 $Q=1150 \text{ m}^3/\text{s}$

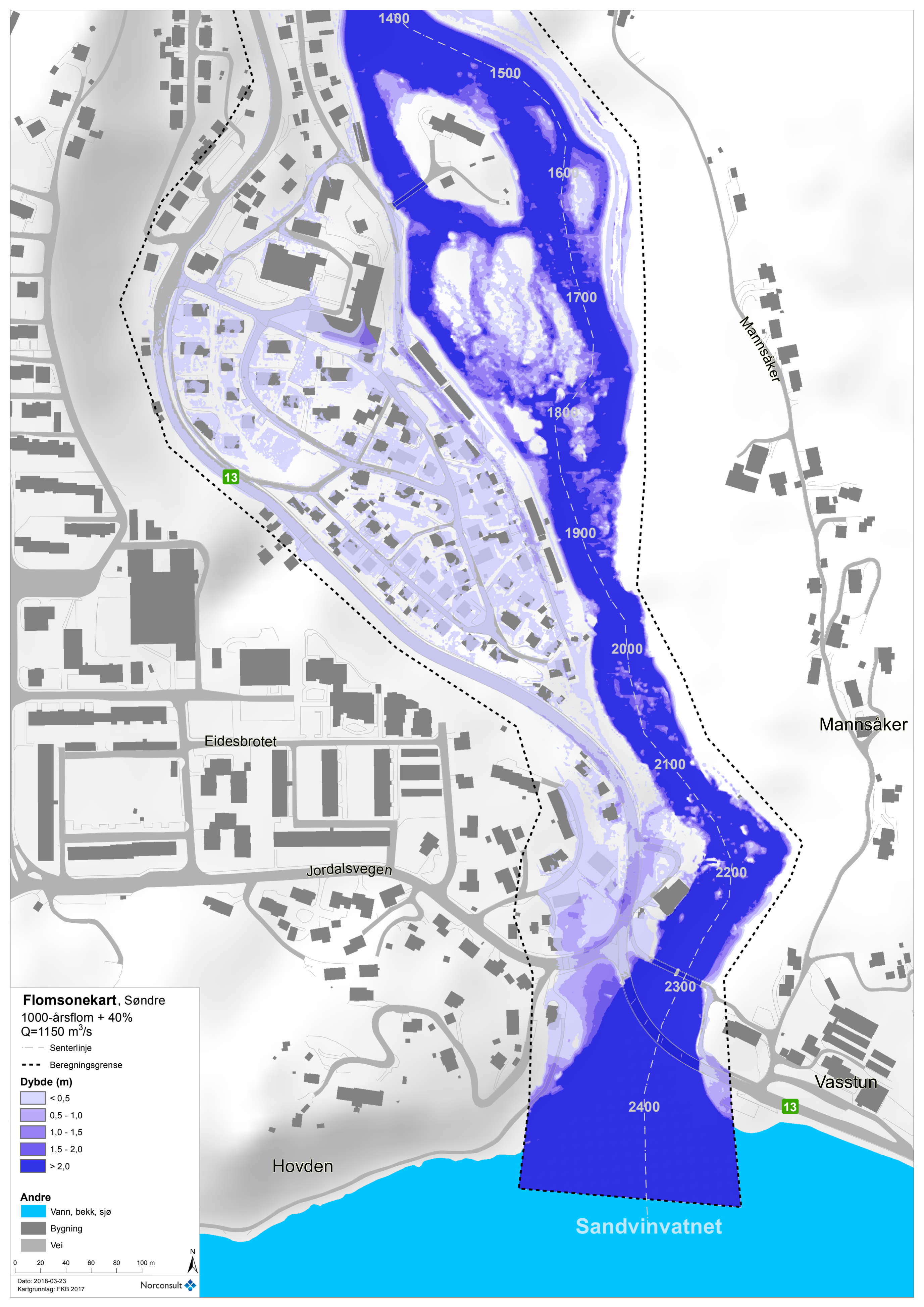
- Oversvømt areal
- Detaljkart
- Beregningsgrense

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei



Dato: 2018-03-23
 Kartgrunnlag: FKB 2017



Flomsonekart, Søndre

1000-årsflom + 40%
 $Q=1150 \text{ m}^3/\text{s}$

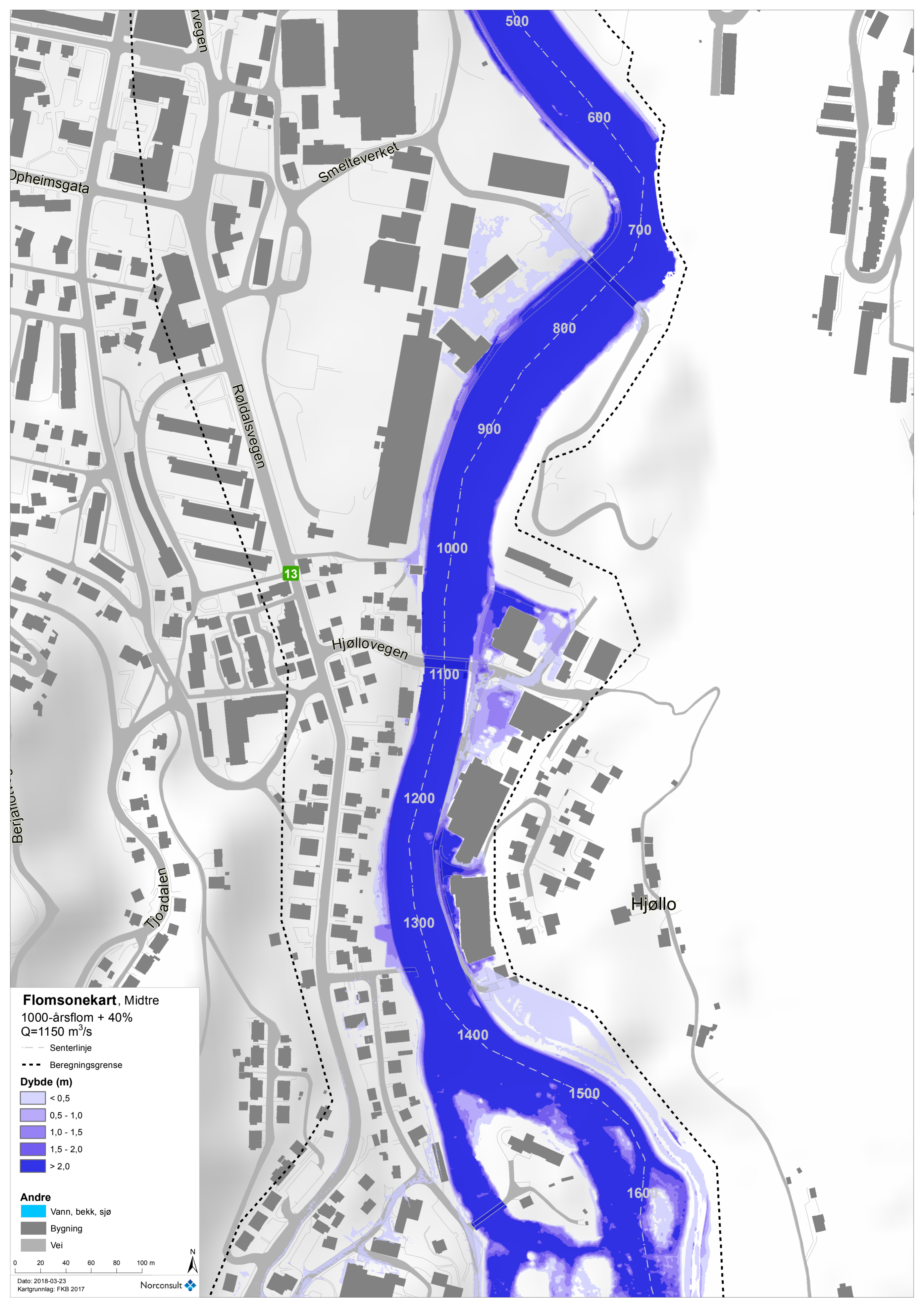
- Senterlinje
- - - Beregningsgrense

Dybde (m)

- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei



Flomsonekart, Midtre

1000-årsflom + 40%
 $Q=1150 \text{ m}^3/\text{s}$

- Senterlinje
- - - Beregningsgrense

Dybde (m)

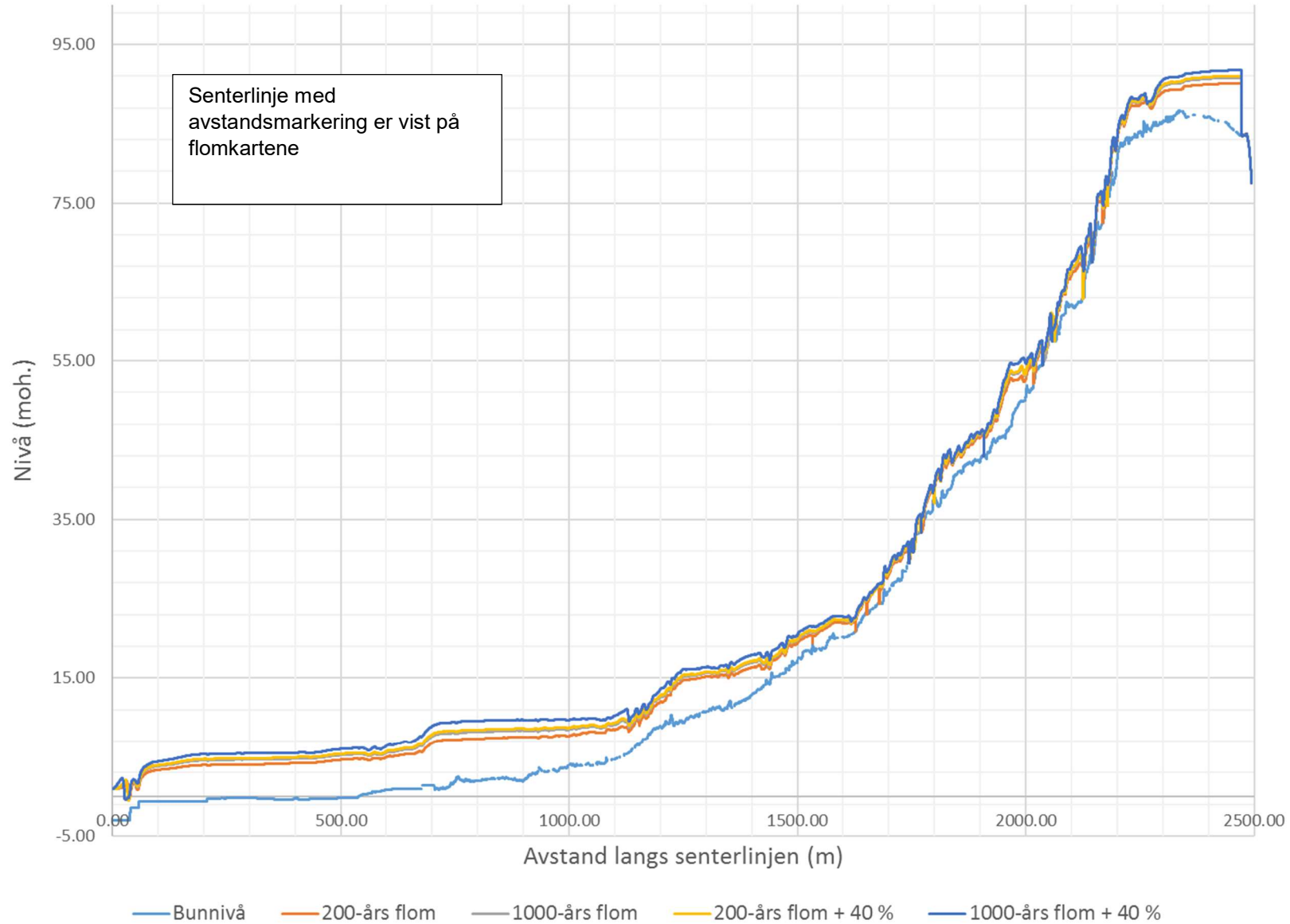
- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,0 - 1,5
- 1,5 - 2,0
- > 2,0

Andre

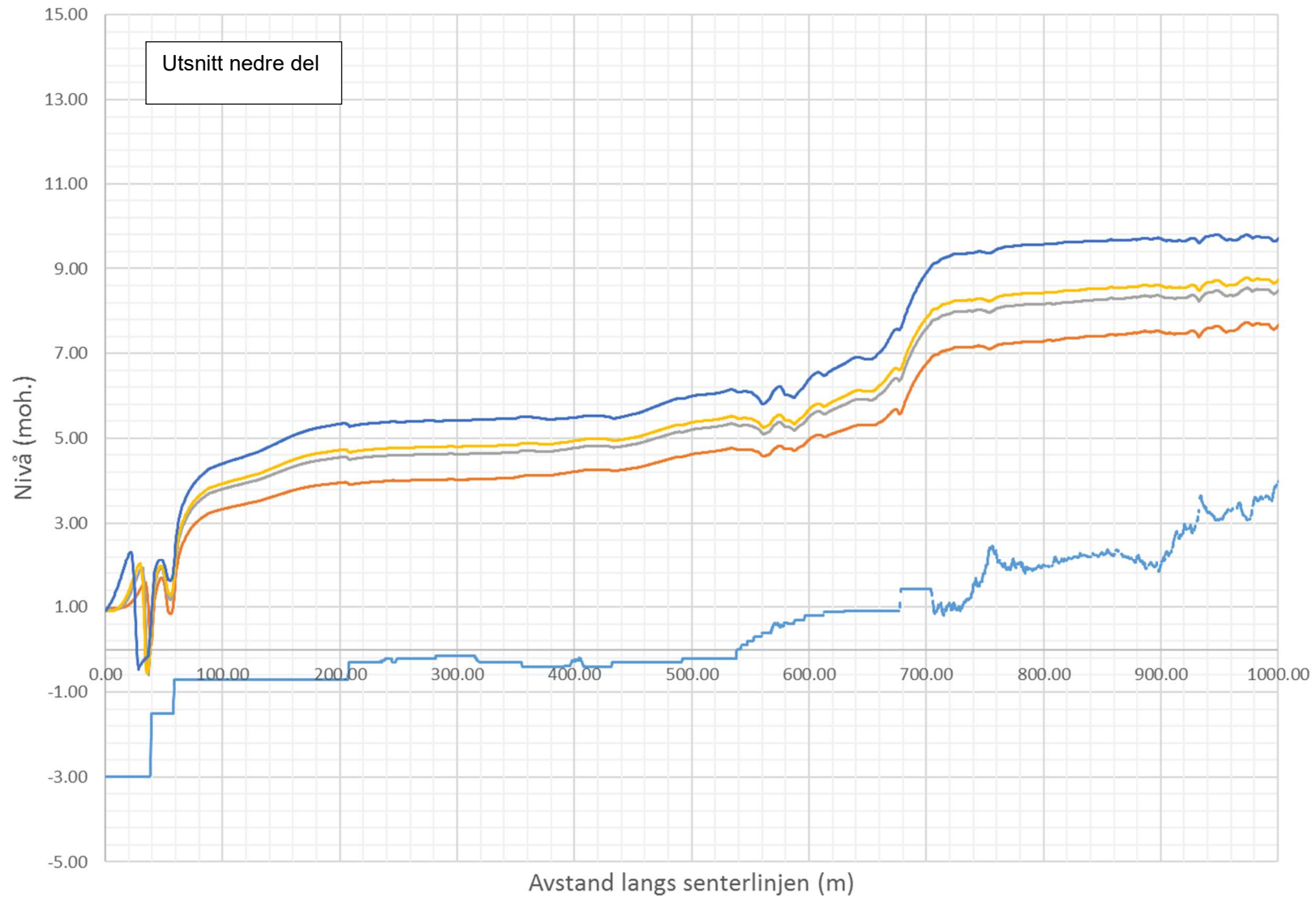
- Vann, bekk, sjø
- Bygning
- Vei

Vedlegg 5 Vannlinje for de ulike flommene

Vannlinje for ulike flommer



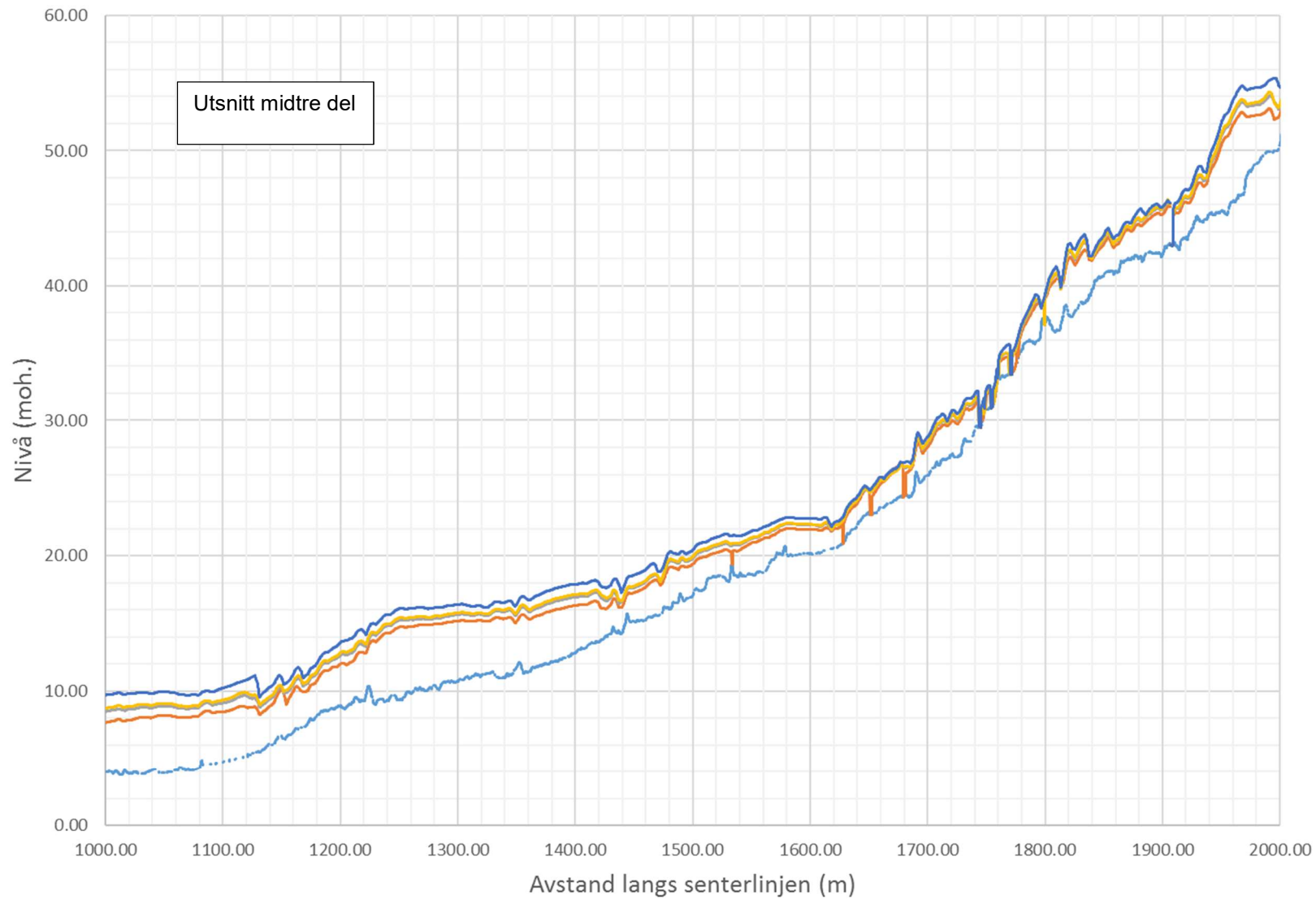
Vannlinje for ulike flommer



Utsnitt nedre del

— Bunnivå — 200-års flom — 1000-års flom — 200-års flom + 40 % — 1000-års flom + 40 %

Vannlinje for ulike flommer



— Bunnivå — 200-års flom — 1000-års flom — 200-års flom + 40 % — 1000-års flom + 40 %

Vannlinje for ulike flommer



— Bunnivå — 200-års flom — 1000-års flom — 200-års flom + 40% — 1000-års flom + 40%

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet	Bunnivå	200-års flom	1000-års flom	200-års flom + 40 %	1000-års flom + 40 %
Vannføring (m ³ /s) =		630	820	880	1150
(m)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)
0.00	-3.00	0.98	0.97	0.94	0.91
6.54	-3.00	0.98	0.93	0.92	1.21
13.51	-3.00	0.99	1.00	1.05	1.72
20.42	-3.00	1.07	1.26	1.41	2.28
27.28	-3.00	1.30	1.73	1.95	-0.29
34.13	-3.00	1.56	0.82	-0.18	-0.22
39.24	-1.98	0.12	0.48	0.56	0.83
45.63	-1.50	1.60	1.86	1.92	2.10
52.74	-1.50	1.06	1.35	1.46	1.73
58.20	-1.28	1.11	1.48	1.57	1.91
63.75	-0.70	2.32	2.71	2.82	3.20
70.90	-0.70	2.79	3.21	3.33	3.73
78.00	-0.70	3.02	3.47	3.59	4.01
85.11	-0.70	3.18	3.63	3.76	4.20
89.79	-0.70	3.25	3.71	3.84	4.29
96.66	-0.70	3.30	3.77	3.90	4.37
103.37	-0.70	3.35	3.83	3.96	4.43
110.08	-0.70	3.39	3.88	4.01	4.50
116.79	-0.70	3.43	3.92	4.05	4.55
123.50	-0.70	3.48	3.97	4.11	4.62
130.21	-0.70	3.52	4.02	4.16	4.68
136.92	-0.70	3.57	4.08	4.23	4.76
143.28	-0.70	3.63	4.15	4.30	4.85
149.97	-0.70	3.69	4.22	4.38	4.93
156.66	-0.70	3.74	4.29	4.45	5.02
163.35	-0.70	3.79	4.36	4.52	5.10
170.05	-0.70	3.84	4.41	4.58	5.16
176.74	-0.70	3.87	4.45	4.62	5.22
183.43	-0.70	3.90	4.48	4.65	5.26
189.95	-0.70	3.92	4.51	4.68	5.29
196.89	-0.70	3.94	4.54	4.71	5.32
203.82	-0.70	3.96	4.56	4.73	5.35
208.32	-0.30	3.90	4.49	4.66	5.27
215.26	-0.30	3.93	4.53	4.70	5.31
222.24	-0.30	3.95	4.55	4.72	5.34
229.12	-0.30	3.97	4.57	4.74	5.35
234.44	-0.29	3.98	4.58	4.75	5.37
238.69	-0.23	3.99	4.59	4.76	5.37
243.63	-0.20	4.00	4.60	4.78	5.39
248.51	-0.23	4.00	4.60	4.77	5.38
254.43	-0.20	4.00	4.60	4.77	5.38
261.36	-0.20	4.01	4.61	4.78	5.39
267.95	-0.20	4.01	4.62	4.79	5.40
274.88	-0.20	4.02	4.62	4.79	5.41
281.35	-0.20	4.02	4.62	4.79	5.41

Beregnet vannivå for ulike vannføringer						
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom		
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)	
288.05	-0.16	4.02	4.62	4.79	5.41	
294.78	-0.16	4.03	4.63	4.81	5.42	
301.77	-0.16	4.03	4.63	4.80	5.42	
308.46	-0.16	4.03	4.63	4.80	5.42	
315.21	-0.18	4.03	4.64	4.81	5.43	
321.33	-0.30	4.04	4.64	4.82	5.44	
328.26	-0.30	4.04	4.65	4.82	5.45	
335.19	-0.30	4.05	4.65	4.83	5.45	
342.13	-0.30	4.06	4.66	4.83	5.46	
349.06	-0.30	4.07	4.66	4.84	5.47	
355.65	-0.40	4.11	4.70	4.88	5.51	
362.28	-0.40	4.12	4.70	4.87	5.50	
368.96	-0.40	4.12	4.69	4.87	5.48	
375.65	-0.40	4.12	4.69	4.86	5.45	
382.33	-0.40	4.13	4.70	4.87	5.44	
389.02	-0.40	4.16	4.72	4.89	5.46	
395.03	-0.38	4.19	4.75	4.92	5.47	
399.09		4.21	4.76	4.93	5.49	
402.30		4.22	4.78	4.94	5.49	
406.12	-0.28	4.23	4.79	4.96	5.51	
408.58		4.25	4.81	4.98	5.52	
414.50	-0.40	4.26	4.82	4.99	5.53	
421.51	-0.40	4.26	4.82	4.99	5.52	
428.19	-0.40	4.26	4.81	4.98	5.51	
434.19	-0.30	4.23	4.78	4.94	5.47	
440.88	-0.30	4.25	4.81	4.97	5.50	
447.57	-0.30	4.28	4.84	5.00	5.55	
454.26	-0.30	4.31	4.88	5.03	5.59	
460.94	-0.30	4.35	4.93	5.09	5.66	
467.63	-0.30	4.40	4.98	5.15	5.73	
474.76	-0.30	4.46	5.04	5.21	5.81	
481.62	-0.30	4.51	5.10	5.27	5.88	
488.83	-0.30	4.57	5.15	5.32	5.94	
494.25	-0.20	4.58	5.16	5.33	5.94	
501.46	-0.20	4.63	5.21	5.38	6.00	
508.57	-0.20	4.66	5.23	5.40	6.02	
515.41	-0.20	4.68	5.25	5.42	6.04	
522.43	-0.20	4.70	5.28	5.45	6.06	
529.26	-0.20	4.74	5.32	5.49	6.11	
536.24	-0.20	4.75	5.33	5.50	6.13	
541.42	0.01	4.72	5.29	5.46	6.09	
546.73	0.10	4.73	5.30	5.47	6.10	
551.84	0.20	4.72	5.28	5.45	6.06	
556.52	0.30	4.68	5.22	5.38	5.96	
561.97	0.40	4.58	5.10	5.26	5.82	

Beregnet vannivå for ulike vannføringer						
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom		
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)	
567.62	0.40	4.66	5.21	5.37	6.00	
570.03	0.60	4.74	5.29	5.46	6.11	
572.56		4.79	5.35	5.52	6.18	
574.52	0.58	4.82	5.38	5.55	6.22	
576.88	0.56	4.80	5.36	5.53	6.18	
579.31	0.64	4.75	5.27	5.44	6.05	
581.59	0.60	4.75	5.26	5.42	6.01	
586.94	0.60	4.71	5.19	5.34	5.96	
592.42	0.70	4.80	5.30	5.46	6.13	
598.46	0.80	4.92	5.45	5.62	6.33	
605.32	0.80	5.06	5.61	5.79	6.53	
612.18		5.04	5.57	5.75	6.48	
618.58	0.90	5.09	5.65	5.84	6.59	
625.10	0.90	5.15	5.73	5.93	6.69	
631.60	0.91	5.21	5.80	6.00	6.78	
638.31	0.91	5.29	5.90	6.10	6.89	
645.46	0.91	5.31	5.92	6.12	6.89	
652.01	0.91	5.31	5.90	6.10	6.86	
659.09	0.91	5.36	6.00	6.22	6.99	
665.85	0.91	5.48	6.17	6.40	7.21	
672.53	0.91	5.66	6.39	6.63	7.53	
678.66	1.42	5.60	6.41	6.65	7.61	
685.23	1.42	6.07	6.88	7.12	8.11	
691.92	1.42	6.44	7.26	7.50	8.52	
698.60	1.42	6.71	7.54	7.78	8.84	
704.48	1.37	6.91	7.74	7.99	9.06	
707.18	0.87	6.96	7.80	8.05	9.13	
710.84	1.04	7.00	7.83	8.09	9.17	
714.75	0.81	7.06	7.90	8.15	9.25	
717.93	1.04	7.08	7.92	8.18	9.27	
721.14	0.98	7.10	7.95	8.21	9.31	
723.75	1.09	7.14	7.98	8.24	9.34	
726.20	0.98	7.14	7.99	8.25	9.35	
728.70	0.98	7.14	7.98	8.24	9.35	
731.90	1.09	7.14	7.98	8.24	9.34	
734.74	1.18	7.15	7.99	8.25	9.36	
736.68	1.21	7.15	8.00	8.26	9.36	
739.51	1.36	7.15	8.00	8.25	9.36	
741.81	1.60	7.17	8.01	8.27	9.38	
744.89		7.18	8.03	8.29	9.40	
749.44		7.15	8.01	8.27	9.38	
752.42	2.03	7.12	7.98	8.24	9.36	
754.83	2.42	7.11	7.98	8.24	9.36	
756.97	2.41	7.14	8.00	8.27	9.39	
759.84	2.24	7.18	8.05	8.32	9.45	

Beregnet vannivå for ulike vannføringer						
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom		
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)	
763.41	2.03	7.21	8.08	8.35	9.48	
766.84	2.03	7.23	8.11	8.37	9.51	
768.93	1.87	7.24	8.12	8.38	9.52	
772.57	2.00	7.23	8.11	8.38	9.52	
776.27	1.95	7.25	8.13	8.39	9.53	
779.11	2.02	7.25	8.13	8.40	9.54	
781.23	1.99	7.26	8.14	8.41	9.55	
783.61	1.86	7.27	8.15	8.42	9.56	
786.01	1.91	7.27	8.15	8.42	9.56	
790.43	1.87	7.28	8.15	8.42	9.56	
793.96	1.93	7.28	8.15	8.42	9.56	
797.32	1.94	7.28	8.15	8.42	9.56	
801.78	1.96	7.30	8.17	8.44	9.58	
807.02		7.31	8.17	8.44	9.58	
810.73		7.31	8.18	8.44	9.59	
813.87	2.03	7.32	8.18	8.45	9.59	
817.83	2.15	7.35	8.21	8.47	9.62	
822.10	2.18	7.35	8.21	8.47	9.62	
825.82		7.36	8.21	8.48	9.62	
829.38	2.19	7.37	8.22	8.49	9.62	
832.88		7.38	8.23	8.50	9.63	
837.13	2.22	7.40	8.25	8.51	9.65	
841.87	2.28	7.40	8.25	8.52	9.65	
845.72	2.23	7.41	8.26	8.53	9.65	
850.73	2.29	7.41	8.26	8.52	9.64	
854.49	2.36	7.42	8.28	8.54	9.66	
858.46		7.45	8.30	8.56	9.68	
861.82	2.35	7.43	8.28	8.54	9.66	
865.67	2.28	7.45	8.29	8.55	9.67	
869.45		7.45	8.30	8.55	9.66	
873.56	2.14	7.47	8.31	8.56	9.67	
877.77	2.06	7.48	8.32	8.57	9.68	
881.80	2.15	7.49	8.33	8.58	9.69	
884.85	2.02	7.52	8.36	8.61	9.71	
888.42	1.93	7.52	8.36	8.61	9.71	
893.17	1.99	7.51	8.35	8.59	9.70	
896.76	2.05	7.53	8.37	8.62	9.72	
900.87	2.08	7.50	8.34	8.59	9.69	
904.24	2.28	7.47	8.31	8.56	9.66	
907.18		7.48	8.31	8.56	9.66	
911.32	2.62	7.46	8.30	8.54	9.64	
914.43	2.72	7.47	8.31	8.55	9.66	
917.76	2.71	7.47	8.30	8.55	9.66	
920.99		7.46	8.30	8.55	9.65	
925.59		7.53	8.36	8.61	9.71	

Beregnet vannivå for ulike vannføringer						
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom		
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)	
929.46	2.93	7.50	8.34	8.59	9.70	
932.95		7.40	8.24	8.49	9.60	
936.99		7.55	8.39	8.63	9.72	
940.09	3.25	7.59	8.43	8.67	9.76	
943.79		7.60	8.44	8.68	9.77	
948.28	3.10	7.65	8.48	8.72	9.80	
953.08	3.11	7.56	8.40	8.64	9.73	
957.63	3.32	7.52	8.36	8.61	9.68	
962.18	3.38	7.52	8.36	8.60	9.66	
966.72	3.47	7.61	8.43	8.67	9.70	
971.52	3.18	7.71	8.52	8.76	9.78	
976.12		7.71	8.51	8.76	9.77	
980.68	3.61	7.69	8.50	8.74	9.75	
985.09	3.62	7.69	8.50	8.75	9.74	
989.21	3.60	7.68	8.50	8.74	9.74	
993.61		7.63	8.46	8.71	9.71	
997.29	3.86	7.58	8.41	8.66	9.65	
1002.28	4.00	7.70	8.51	8.76	9.73	
1006.03	3.91	7.76	8.56	8.80	9.76	
1010.44	3.94	7.90	8.68	8.92	9.86	
1014.47	3.84	7.76	8.57	8.81	9.76	
1018.01	3.98	7.83	8.62	8.85	9.78	
1022.13	3.87	7.86	8.63	8.86	9.78	
1026.60	3.95	7.99	8.73	8.95	9.85	
1031.15	3.83	8.04	8.77	8.99	9.87	
1035.70	3.95	8.04	8.77	8.98	9.85	
1040.50	4.14	8.06	8.76	8.96	9.82	
1045.02	4.03	8.18	8.87	9.07	9.92	
1050.27	3.88	8.19	8.88	9.08	9.93	
1055.27		8.15	8.85	9.04	9.90	
1060.02		8.08	8.78	8.97	9.84	
1064.02	4.32	8.04	8.73	8.89	9.75	
1067.74	4.12	8.03	8.69	8.85	9.70	
1072.52		8.06	8.70	8.87	9.71	
1077.52	4.16	8.11	8.74	8.91	9.72	
1081.77	4.89	8.34	8.95	9.12	9.87	
1086.16		8.52	9.12	9.28	10.00	
1092.49		8.40	8.97	9.17	9.96	
1098.49		8.47	9.08	9.30	10.17	
1104.49		8.51	9.18	9.42	10.33	
1110.52	4.95	8.72	9.42	9.66	10.53	
1116.77	5.06	8.88	9.64	9.89	10.72	
1121.83	5.27	8.77	9.55	9.79	10.89	
1126.60		8.84	9.50	9.73	11.11	
1131.40		8.24	8.78	8.99	9.55	

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		200-års flom 630 (moh.)	1000-års flom 820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
1135.91	5.76	8.56	9.10	9.30	9.98
1140.40	5.98	8.90	9.42	9.60	10.30
1144.53	6.27	9.34	9.81	10.00	10.71
1148.66	6.63	10.03	10.24	10.43	11.12
1152.74	6.43	9.48	9.84	10.01	10.53
1156.40	6.77	9.47	10.05	10.22	10.77
1161.20	7.12	10.20	10.70	10.88	11.47
1166.20	7.31	10.01	10.79	10.98	11.53
1170.66	7.41	9.95	10.48	10.65	11.14
1173.94	7.86	10.32	10.85	11.02	11.54
1178.07	7.95	10.55	11.12	11.28	11.84
1182.71	8.39	11.17	11.73	11.90	12.46
1186.16	8.55	11.47	12.05	12.22	12.79
1190.19	8.58	11.54	12.10	12.25	12.91
1194.32	8.68	11.75	12.32	12.48	13.18
1198.01	8.87	11.84	12.49	12.67	13.42
1201.28	8.79	12.07	12.71	12.90	13.67
1205.20	8.79	11.94	12.63	12.86	13.72
1207.99	9.05	12.08	12.75	12.98	13.84
1211.37	9.27	12.26	12.92	13.14	14.00
1214.05	9.46	12.67	13.29	13.51	14.35
1217.75	9.31	12.88	13.47	13.70	14.54
1221.41	9.59	12.80	13.30	13.48	14.21
1224.33	10.37	13.41	13.87	14.03	14.70
1227.35		13.71	14.18	14.33	14.99
1230.91	9.19	13.69	14.16	14.32	14.97
1235.26	9.42	14.06	14.55	14.72	15.38
1238.62	9.19	14.29	14.79	14.95	15.63
1242.46	9.54	14.30	14.79	14.96	15.63
1246.64	9.68	14.57	15.08	15.25	15.93
1250.07	9.35	14.72	15.23	15.40	16.09
1254.11	9.51	14.72	15.22	15.39	16.08
1257.32	9.93	14.74	15.23	15.39	16.07
1260.13	9.82	14.78	15.26	15.43	16.11
1263.43	10.17	14.81	15.28	15.45	16.12
1266.40	10.07	14.85	15.33	15.49	16.16
1270.41	10.15	14.89	15.33	15.49	16.15
1273.42	9.99	14.87	15.30	15.46	16.11
1276.93	10.19	14.89	15.31	15.45	16.08
1280.50		14.96	15.39	15.54	16.17
1284.02	10.12	14.96	15.39	15.53	16.15
1287.61	10.65	15.00	15.45	15.59	16.21
1291.20	10.70	15.07	15.53	15.67	16.29
1295.32	10.72	15.12	15.58	15.71	16.32
1299.29	10.68	15.15	15.62	15.75	16.36

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
1303.43		15.21	15.69	15.82	16.43
1307.11	11.04	15.19	15.64	15.77	16.35
1311.15	10.97	15.14	15.58	15.70	16.24
1315.18	11.31	15.18	15.63	15.74	16.28
1318.61	11.13	15.22	15.67	15.79	16.32
1322.39	11.21	15.16	15.59	15.69	16.17
1326.04	11.28	15.15	15.59	15.71	16.21
1329.42	11.44	15.30	15.79	15.91	16.45
1333.83		15.41	15.92	16.05	16.60
1338.53	11.02	15.33	15.83	15.96	16.50
1341.92		15.39	15.92	16.05	16.62
1345.30	11.16	15.40	15.93	16.06	16.62
1348.28	11.54	15.11	15.63	15.76	16.32
1351.55	12.05	15.32	15.87	16.02	16.64
1355.24		15.66	16.22	16.37	17.01
1358.31	11.40	15.48	16.03	16.18	16.84
1361.87	11.48	15.30	15.85	16.02	16.72
1364.52		15.46	16.02	16.19	16.91
1367.20	11.81	15.54	16.12	16.30	17.03
1369.87	11.87	15.60	16.19	16.37	17.12
1372.53	11.92	15.70	16.30	16.48	17.24
1375.37	12.03	15.82	16.42	16.60	17.36
1378.09	12.03	15.87	16.48	16.66	17.42
1381.01	12.14	15.95	16.57	16.75	17.52
1383.85	12.22	16.03	16.65	16.84	17.61
1386.99	12.34	16.06	16.69	16.88	17.66
1390.29	12.44	16.13	16.77	16.96	17.74
1393.30	12.54	16.20	16.83	17.02	17.80
1396.60	12.70	16.27	16.89	17.08	17.86
1400.37	12.83	16.29	16.91	17.10	17.87
1404.35		16.38	17.00	17.19	17.96
1406.91	13.12	16.40	17.01	17.20	17.98
1410.50	13.33	16.40	17.01	17.19	17.98
1414.63		16.59	17.20	17.38	18.14
1418.12	13.65	16.62	17.26	17.44	18.15
1421.70	13.78	16.14	16.92	17.13	17.74
1425.59	14.04	16.07	16.67	16.89	17.64
1428.32	14.22	16.22	16.74	16.94	17.70
1432.16	14.71	16.76	17.25	17.41	18.17
1435.21	14.28				
1438.79	14.23	16.19	16.55	16.67	17.44
1442.20	14.87	16.71	17.08	17.17	17.87
1444.39	15.68	17.18	17.54	17.65	18.37
1448.10		17.21	17.58	17.69	18.51
1452.11	15.16	17.33	17.71	17.82	18.64

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom + 1000-års flom		200-års flom + 40 %	1000-års flom + 40 %
		630 (moh.)	820 (moh.)	880 (moh.)	1150 (moh.)
1455.88	15.22	17.47	17.86	17.97	18.76
1459.47	15.25	17.64	18.03	18.14	18.93
1463.40	15.49	17.96	18.37	18.47	19.28
1467.35	15.59	18.18	18.57	18.64	19.38
1471.32	15.59	18.00	18.27	18.31	18.84
1474.91	16.06	18.13	18.49	18.58	19.16
1478.27	16.17	18.89	19.33	19.45	19.98
1481.34	16.05	19.18	19.63	19.76	20.29
1484.48	16.54	19.10	19.54	19.66	20.18
1487.80		18.98	19.43	19.55	20.08
1490.34	17.02	19.25	19.69	19.82	20.33
1493.65		19.14	19.56	19.69	20.17
1497.57		19.25	19.66	19.79	20.27
1501.65	17.44	19.52	19.95	20.08	20.58
1506.00		19.82	20.26	20.39	20.91
1509.81	17.51	19.92	20.36	20.49	21.00
1513.23	18.32	20.01	20.45	20.58	21.10
1516.99	18.45	20.15	20.60	20.74	21.27
1520.74	18.48	20.23	20.69	20.83	21.37
1525.00		20.36	20.82	20.96	21.52
1528.71	18.18	20.44	20.90	21.03	21.59
1531.28	18.17	20.31	20.77	20.91	21.47
1533.80	19.40	19.40	20.78	20.92	21.48
1535.93	18.52	20.36	20.80	20.94	21.50
1539.47	18.51	20.38	20.78	20.90	21.43
1542.38	18.49	20.55	20.91	21.01	21.50
1545.94		20.72	21.06	21.14	21.62
1549.57	18.61	20.93	21.25	21.32	21.80
1552.57	18.50	20.99	21.30	21.36	21.84
1556.18	18.79	21.10	21.41	21.46	21.92
1559.53	18.74	21.23	21.57	21.63	22.08
1563.41		21.31	21.66	21.73	22.19
1567.09	19.67	21.48	21.83	21.91	22.37
1570.20	19.84	21.58	21.94	22.01	22.47
1573.32	20.15	21.78	22.13	22.19	22.63
1577.59	20.47	21.93	22.28	22.34	22.76
1581.29	19.98	22.00	22.35	22.40	22.81
1586.11	20.07	21.98	22.33	22.37	22.79
1590.63	20.12	21.96	22.30	22.35	22.76
1595.14	20.23	21.95	22.29	22.34	22.76
1599.65	20.13	21.94	22.28	22.32	22.74
1604.42	20.14	21.93	22.24	22.30	22.73
1609.18	20.23	21.86	22.17	22.25	22.69
1613.45	20.36	22.05	22.37	22.46	22.83
1618.21	20.50	21.79	21.90	21.95	22.16

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
1622.87	20.62	22.03	22.31	22.29	22.53
1627.74	20.88	22.32	22.59	22.57	22.84
1630.39		22.83	23.12	23.10	23.36
1634.73		23.43	23.69	23.69	23.94
1639.65		23.82	24.04	24.06	24.29
1644.04	22.72	24.51	24.65	24.69	24.92
1648.60	23.14	24.97	24.86	24.88	25.06
1652.66	23.04	23.04	24.80	24.81	25.04
1657.10	23.30	24.96	25.25	25.28	25.56
1661.54		25.44	25.66	25.59	25.78
1665.85	23.84	25.77	26.02	25.84	26.05
1670.96	24.02	26.21	26.44	26.13	26.38
1674.21	24.24	26.49	26.58	26.32	26.54
1678.09	24.33	26.76	26.74	26.65	26.89
1682.00	24.52	26.13	26.52	26.62	26.95
1684.97	24.41	26.30	26.49	26.53	26.87
1688.00	24.72	26.92	27.09	27.13	27.46
1690.40	26.21	28.05	28.30	28.37	28.70
1693.21	25.42	28.19	28.46	28.52	28.86
1696.56		27.65	27.94	28.03	28.39
1700.66	25.93	28.10	28.41	28.50	28.87
1704.89		28.79	29.11	29.21	29.59
1708.85	26.74	29.36	29.68	29.78	30.20
1712.13	27.07	29.56	29.89	30.00	30.44
1715.89	27.15	29.62	29.85	29.91	30.10
1718.81		29.73	30.10	30.16	30.38
1721.59	27.46	29.97	30.40	30.48	30.76
1725.07		29.72	30.03	30.12	30.48
1728.84	27.66	30.19	30.50	30.58	30.91
1731.45	28.59	30.77	31.06	31.14	31.47
1734.90	28.46	30.81	31.12	31.23	31.62
1739.66	29.19	31.05	31.39	31.49	31.87
1743.67	29.49	29.49	29.49	29.49	29.49
1746.92	30.10	30.10	31.12	31.15	31.32
1750.42	30.82	31.92	32.11	32.15	32.35
1754.97	31.01	31.01	31.01	31.01	31.01
1758.43	32.28	32.28	32.28	32.28	33.37
1762.05	33.12	34.40	34.66	34.72	35.03
1765.29	33.20	34.61	34.91	34.96	35.40
1768.32	33.41	34.69	34.98	35.01	35.63
1770.82	33.38	33.38	33.38	34.67	33.38
1773.49	33.72	33.72	34.93	35.00	35.27
1775.91	34.27	34.27	35.57	35.65	35.89
1778.55	35.08	36.14	36.46	36.55	36.73
1781.01	35.40	36.82	37.13	37.24	37.36

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
1784.19	35.87	37.34	37.67	37.77	37.93
1787.58	35.94	37.88	38.21	38.30	38.55
1790.41	35.75	38.31	38.67	38.78	39.09
1793.46	35.95	38.65	38.93	39.04	39.31
1796.14	36.40	38.69	38.65	38.69	38.56
1798.45	37.48	38.83	38.90	38.92	38.90
1800.73	37.38	39.19	39.34	39.41	39.63
1803.20	37.50	39.79	40.09	40.16	40.46
1805.05	37.12	40.07	40.41	40.48	40.82
1807.37	36.71	40.30	40.67	40.75	41.16
1810.46	36.75	40.55	40.81	40.86	41.24
1812.93	36.87	40.28	40.05	40.07	40.25
1816.00	38.18	40.49	40.87	40.94	41.31
1819.34	38.16	41.90	42.34	42.46	42.94
1822.55	37.72	42.01	42.41	42.54	42.96
1825.63		41.52	41.95	42.10	42.70
1829.59	38.68	42.16	42.71	42.84	43.40
1832.38	38.74	42.56	43.14	43.26	43.72
1835.41	38.91	42.60	43.10	43.17	43.44
1838.42	39.32	41.94	42.13	42.14	42.22
1841.75		42.18	42.33	42.38	42.61
1844.47	40.52	42.55	42.73	42.81	43.07
1847.75	40.65	42.87	43.14	43.23	43.49
1851.27	40.98	43.30	43.64	43.75	43.98
1854.16	41.08	43.61	43.98	44.09	44.25
1858.12	40.97	42.85	43.07	43.12	43.49
1861.60	41.01	43.06	43.34	43.41	43.76
1864.95	41.83	43.52	43.80	43.86	44.16
1867.73	41.89	43.99	44.25	44.30	44.60
1871.49	41.92	44.15	44.34	44.37	44.67
1874.65	42.10	44.11	44.43	44.53	44.92
1878.40	42.17	44.53	44.90	45.00	45.43
1881.31	42.17	44.45	44.78	44.86	45.72
1884.47	42.13	44.61	44.95	45.04	45.37
1887.69		44.89	45.23	45.32	45.53
1891.45	42.43	45.16	45.51	45.61	45.90
1894.41	42.38	45.33	45.69	45.79	46.04
1897.97	42.38	45.28	45.64	45.69	45.83
1901.13	42.57	45.38	45.79	45.86	45.93
1904.69	43.00	45.94	46.29	46.36	46.32
1907.46	43.00	43.00	43.00	43.00	43.00
1910.80	43.07	45.42	45.70	45.73	46.09
1914.18	42.71	45.44	45.79	45.91	46.37
1916.93	43.45	45.96	46.31	46.42	46.90
1919.53	43.51	46.19	46.55	46.65	47.13

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) =	Bunnivå (moh.)	200-års flom + 1000-års flom			
		200-års flom 630 (moh.)	1000-års flom 820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
(m)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)
1922.22	43.76	46.12	46.49	46.60	47.09
1925.12	44.25	46.46	46.85	46.97	47.49
1927.72	44.82	47.09	47.52	47.64	48.21
1930.35	44.92	47.57	48.03	48.16	48.77
1932.94	44.76	47.59	48.07	48.21	48.84
1936.50	44.89	47.45	47.84	47.99	48.44
1939.09	45.22	48.00	48.45	48.58	49.13
1941.84		48.69	49.21	49.36	50.00
1944.68	45.27	49.10	49.67	49.83	50.53
1947.93	45.42	49.83	50.44	50.61	51.37
1950.79		50.59	51.23	51.41	52.21
1953.63	45.34	50.98	51.64	51.82	52.65
1956.79	45.85	51.25	51.93	52.11	52.97
1959.71	46.21	51.86	52.58	52.77	53.66
1962.18	46.27	52.19	52.93	53.12	54.05
1964.80	46.71	52.57	53.34	53.55	54.50
1967.95		52.81	53.59	53.80	54.77
1970.98	47.88	52.58	53.35	53.54	54.56
1974.40	48.54	52.53	53.30	53.48	54.55
1976.96	48.79	52.55	53.33	53.51	54.60
1981.49	49.12	52.61	53.39	53.60	54.67
1985.50	49.65	52.73	53.56	53.80	54.77
1989.07		53.01	53.89	54.17	55.05
1994.03	49.88	52.62	53.83	53.91	55.33
1997.32		52.40	53.32	53.30	55.25
2001.11	50.93	52.94	53.55	53.71	54.65
2004.04	51.40	53.68	54.28	54.44	55.23
2007.83		54.00	54.62	54.80	55.46
2011.35	51.31	54.46	55.05	55.25	55.83
2015.62	51.50	54.42	54.45	54.61	55.29
2017.94	52.31	52.31	53.80	53.93	54.56
2021.15	53.40	54.42	54.73	54.88	55.23
2025.26	53.85	55.23	55.54	55.81	56.10
2029.17	54.27	55.90	56.21	56.65	57.05
2033.52	54.35	56.50	56.78	57.39	57.52
2036.81		56.50	54.51	54.51	54.51
2039.76		54.99	54.99	56.04	56.30
2044.08	55.46	55.46	56.47	56.62	56.90
2047.63	56.73	57.76	57.98	58.11	58.33
2049.79	57.38	58.43	58.64	58.83	58.96
2052.09	59.66	59.66	59.66	59.66	59.66
2054.33	58.98	60.28	60.70	61.03	61.03
2058.66	57.56	60.13	60.07	60.82	58.95
2062.16	57.57	59.49	59.61	60.66	59.29
2064.63	57.52	58.59	58.98	59.08	59.66

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) =	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
(m)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)
2067.02	57.70	59.59	60.01	60.04	60.56
2069.28	59.27	61.10	61.48	61.50	61.98
2071.74	58.72	61.67	61.96	61.97	62.40
2074.29	59.03	61.64	61.85	61.94	62.31
2076.99	60.24	62.77	63.01	63.05	63.42
2079.69	60.73	63.32	63.58	63.60	63.84
2082.91	60.81	63.59	63.85	63.88	63.90
2086.46	61.10	63.42	63.63	63.72	64.46
2089.12	62.33	64.58	64.94	65.07	65.76
2092.13	62.25	65.40	65.88	66.02	66.60
2094.26	61.82	65.41	65.91	66.05	66.60
2097.48	61.98	65.51	66.05	66.20	66.77
2100.64	62.19	66.03	66.58	66.73	67.32
2103.30	61.91	66.31	66.87	67.02	67.64
2106.32	61.80	66.39	66.93	67.08	67.77
2109.38	62.03	66.54	67.11	67.26	68.04
2112.17	62.25	66.77	67.40	67.56	68.43
2115.24	62.42	67.13	67.85	68.01	68.95
2117.74	62.57	67.36	68.15	68.33	69.32
2120.66	62.47	67.34	68.29	68.50	69.54
2123.16	62.74	67.15	67.77	67.93	68.90
2125.91	63.00	65.53	65.77	65.91	66.66
2128.28	63.44	65.71	66.22	66.42	67.02
2130.78	66.26	68.22	68.75	68.93	69.50
2133.23	66.29	69.25	69.87	70.04	70.55
2135.55	66.69	69.62	70.19	70.33	70.83
2138.16	67.21	70.09	70.65	70.77	71.29
2140.55	68.37	71.26	71.76	71.87	72.36
2142.66	67.49	71.39	71.84	71.97	72.25
2145.02	67.54	67.54	67.54	67.54	67.54
2147.66	67.95	69.23	69.58	69.63	69.77
2150.16	69.06	70.48	70.75	70.79	70.94
2152.16	69.96	71.58	71.87	71.91	72.09
2154.53	72.30	73.46	73.80	73.85	74.06
2157.03	72.51	75.03	75.45	75.51	75.76
2159.32	71.82	75.26	75.74	75.82	76.12
2163.53	71.88	75.19	75.76	75.91	76.29
2166.61		75.39	75.49	75.66	76.07
2169.64	72.59	74.18	74.39	74.53	74.82
2172.32	73.71	73.71	75.81	75.96	76.26
2174.63	76.08	77.10	77.37	77.51	77.82
2177.29	75.03	77.74	78.02	78.17	78.01
2180.59	75.31	76.79	77.09	77.21	77.48
2183.60	75.92	78.02	78.36	78.47	78.80
2186.55	78.23	79.90	80.28	80.37	80.69

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) = (m)	Bunnivå (moh.)	200-års flom + 1000-års flom		200-års flom + 40 %	1000-års flom + 40 %
		630 (moh.)	820 (moh.)	880 (moh.)	1150 (moh.)
2188.77		81.46	81.89	81.96	82.32
2191.42	77.64	82.19	82.69	82.78	83.16
2194.69	78.12	81.72	82.01	81.94	82.15
2198.37	79.27	81.83	82.06	81.99	82.12
2201.09		83.27	83.51	83.56	83.71
2203.97	81.76	84.30	84.60	84.67	84.88
2206.45	82.28	84.75	85.11	85.20	85.46
2208.94	82.35	85.06	85.45	85.56	85.83
2211.33	82.37	85.34	85.74	85.85	86.12
2213.33	82.24	85.12	85.41	85.49	85.86
2214.94	82.50	84.73	84.92	84.98	85.53
2217.16		85.00	85.32	85.42	85.91
2219.31	83.07	85.49	85.88	85.99	86.41
2221.08	83.14	85.87	86.29	86.41	86.81
2223.37		86.44	86.89	87.02	87.42
2225.79	82.50	86.72	87.19	87.32	87.73
2228.30	83.13	87.05	87.54	87.67	88.10
2230.49	82.95	87.27	87.75	87.89	88.31
2232.85	83.12	87.28	87.75	87.87	88.27
2235.38	83.30	87.24	87.67	87.79	88.15
2237.73	83.43	87.25	87.67	87.78	88.11
2239.87	83.52	87.28	87.70	87.81	88.13
2241.92		87.31	87.72	87.83	88.15
2244.62	83.30	87.23	87.63	87.74	88.06
2246.96	83.69	87.19	87.61	87.72	88.07
2248.78	83.89	87.30	87.74	87.86	88.24
2250.62	83.92	87.44	87.90	88.02	88.42
2252.75	83.92	87.55	88.02	88.15	88.57
2255.01	83.66	87.57	88.04	88.17	88.59
2256.76		87.54	88.02	88.15	88.57
2258.73	85.23	87.65	88.14	88.27	88.69
2260.82	84.21	87.76	88.27	88.40	88.80
2263.31	84.02	87.69	88.12	88.21	88.36
2265.46	84.47	87.50	87.68	87.68	87.69
2267.19	84.46	87.50	87.58	87.59	87.74
2269.41	84.38	87.38	87.38	87.44	87.81
2271.57	84.30	87.13	87.31	87.42	87.81
2273.15	84.11	87.00	87.32	87.45	87.83
2274.84	84.34	86.93	87.33	87.46	87.87
2277.17	84.68	87.02	87.44	87.57	88.00
2279.21	84.92	87.22	87.67	87.81	88.25
2281.16	84.94	87.48	87.94	88.08	88.53
2283.08	85.09	87.79	88.27	88.41	88.86
2285.52	85.04	88.20	88.72	88.86	89.34
2287.39	84.69	88.35	88.90	89.05	89.55

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet Vannføring (m ³ /s) =	Bunnivå (moh.)	200-års flom +		1000-års flom	
		630 (moh.)	820 (moh.)	40 % 880 (moh.)	+ 40 % 1150 (moh.)
(m)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)
2289.93	84.77	88.46	89.06	89.21	89.76
2293.23		88.58	89.24	89.41	90.00
2295.75	85.00	88.76	89.45	89.63	90.24
2297.89	85.08	88.87	89.58	89.77	90.38
2300.03	85.27	88.95	89.67	89.86	90.48
2302.01	85.32	89.02	89.75	89.94	90.57
2304.82	85.29	89.12	89.86	90.06	90.69
2306.72	85.26	89.16	89.90	90.10	90.72
2308.38	85.81	89.14	89.88	90.08	90.71
2310.25	85.29	89.15	89.91	90.11	90.74
2312.32	85.65	89.21	89.96	90.17	90.80
2314.00	85.78	89.24	90.00	90.20	90.83
2316.27	85.91	89.27	90.03	90.23	90.86
2318.31	85.87	89.29	90.05	90.25	90.88
2320.19	85.54	89.29	90.06	90.26	90.89
2322.70	85.65	89.27	90.04	90.24	90.87
2325.62	86.00	89.23	90.01	90.22	90.85
2327.91	86.15	89.24	90.02	90.23	90.86
2331.51	86.28	89.25	90.04	90.25	90.88
2333.72	86.51	89.26	90.05	90.26	90.89
2336.91	86.57	89.28	90.09	90.30	90.94
2339.92	86.54	89.30	90.12	90.33	90.98
2344.56		89.49	90.22	90.42	91.06
2349.01		89.76	90.43	90.62	91.27
2353.34	85.82	89.75	90.44	90.64	91.30
2359.28	85.93	89.76	90.46	90.66	91.33
2364.71	86.01	89.79	90.50	90.70	91.37
2369.66		89.81	90.52	90.72	91.40
2375.86		89.84	90.55	90.75	91.44
2382.76		89.87	90.58	90.79	91.48
2388.98		89.91	90.62	90.83	91.53
2394.01	85.78	89.93	90.65	90.85	91.55
2398.31		89.93	90.66	90.86	91.57
2402.76	85.85	89.95	90.68	90.88	91.59
2407.53		89.97	90.70	90.90	91.61
2412.01	85.47	89.99	90.71	90.92	91.63
2417.26	85.42	90.00	90.72	90.93	91.65
2421.77	85.36	90.01	90.74	90.94	91.66
2426.27	85.29	90.01	90.74	90.95	91.67
2431.33		90.02	90.75	90.96	91.68
2437.02	85.30	90.03	90.76	90.97	91.69
2441.27	85.15	90.04	90.77	90.98	91.70
2445.77	84.72	90.04	90.78	90.99	91.71
2450.55		90.05	90.78	90.99	91.72
2455.02	84.24	90.05	90.79	91.00	91.73

Beregnet vannivå for ulike vannføringer					
Avstand fra utløpet	Bunnivå	200-års flom	1000-års flom	200-års flom + 40 %	1000-års flom + 40 %
Vannføring (m ³ /s) =		630	820	880	1150
(m)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)	(moh.)
2459.63		90.05	90.79	91.00	91.73
2464.48	83.77	90.05	90.79	91.00	91.73
2468.78	83.57	90.05	90.79	91.00	91.74
2472.78	83.47	90.05	90.79	91.00	91.74