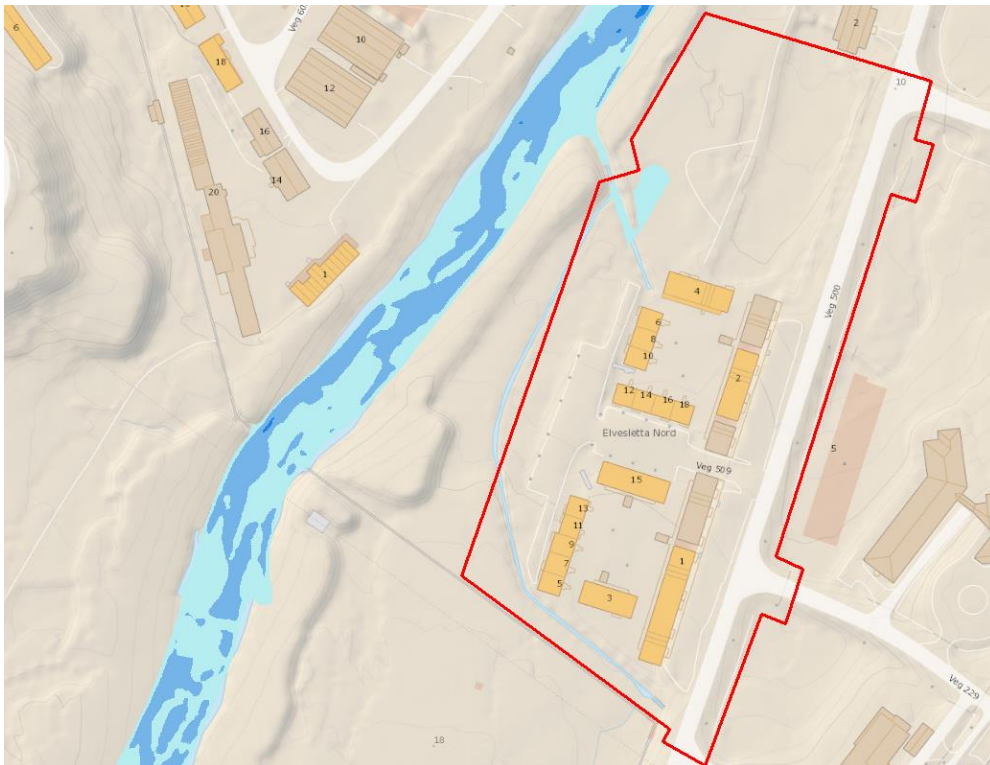


Beregnet til
Store Norske Boliger AS

Dokument type
Rapport

Dato
November, 2020

FLOMFAREVURDERING DELPLAN D56 ELVESLETTA NORD LONGYEARBYEN



FLOMFAREVURDERING DELPLAN D56 ELVESLETTA NORD LONGYEARBYEN

Oppdragsnavn **Delplan D56 Elvesletta nord**
 Prosjekt nr. **1350040405**
 Mottaker **Store Norske Boliger AS**
 Dokument type **Rapport**
 Versjon **1**
 Dato **03.11.2020**
 Utført av **Lars Skeie**
 Kontrollert av **Lan Tuyet Phan**
 Godkjent av **Bjørnar Nordeidet**
 Beskrivelse **Flomvurdering i forbindelse med regulering av Delplan D56 Elveslette Nord i Longyearbyen, Svalbard**

SAMMENDRAG

I forbindelse med reguleringsarbeid for delplan D56 Elvesletta Nord har Rambøll utført en flomfarevurdering av tomten i henhold til gjeldende myndighetskrav. Longyearelva utgjør en potensiell flomfare for planområdet. Det er benyttet flomverdier for 200-årsflom beregnet i NVEs oppdragsrapport A nr. 7-2016 «Flomberegninger for Longyearelva» (NVE, 2016). Ved bruk av en todimensjonal hydraulisk modell har flomsone for deler av Longyearelva blitt beregnet. Det er utført flomberegninger for tre situasjoner: 1) 200-årsflom, 2) 200-årsflom med 20 % klimapåslag og 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag. For alle tre situasjonene vil planområdet ligge utenfor fare for flom som følge av flomvullen mellom Longyearelva og planområdet.

Det anbefales en sikkerhetsmargin på minst 30 cm. Flomsikre byggehøyder er beregnet til å ligge mellom kote 9,6 til 14,4 moh. for ny bebyggelse. Høyden varierer som følge av vannstanden i Longyearelva langs planområdet. Vedlagte temakart viser flomutredelse/flomsonekart for 200 årsflom i henhold til sikkerhetsklasser i TEK10.

Revisjon	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Forklaring
1	03.11.2020	LASK	TUPH	BNOR	Endelig rapport

INNHALDSFORTEGNELSE

1.	Innledning og mål	2
1.1	Bakgrunn	2
1.2	Målsetning	2
2.	Planområde	3
3.	Krav, retningslinjer og metode	4
3.1	Krav	4
3.1.1	Byggeforskrift for Longyearbyen	4
3.1.2	Byggteknisk forskrift (TEK10)	4
3.2	Klimafremskrivninger	4
3.3	Metode	4
3.3.1	Terrengredigering	4
3.3.2	Hydrauliske beregninger	5
3.3.3	Flomsonekart	5
4.	Flomberegning	6
5.	Hydrauliske beregninger	7
5.1	Topografiske data	7
5.2	Modelloppbygning	10
5.3	Start- og grensebetingelser	13
5.4	Vannføringsdata	14
5.5	Kalibreringsdata	14
5.6	Sensitivitetsanalyse	14
6.	Resultater	15
6.1	Vannlinje, vannhastighet og flomsone	15
6.2	Sensitivitetsanalyse	24
7.	Usikkerheter	26
8.	Konklusjon og anbefalinger	27
9.	Kilder og referanser	29

VEDLEGGSLISTE

Vedlegg 1

Vannlinjeberegning og tverrprofiler

1. INNLEDNING OG MÅL

1.1 Bakgrunn

Store Norske Boliger AS (SNB) ønsker å regulere Delplan D56 Elvesletta Nord i Longyearbyen på Svalbard. Planen er en detaljert områdeavgrenset revisjon av arealplan for Longyearbyen 2016-2026. Formålet med planen er å utvikle området med bedre arealutnyttelse samt gjenbruk av bygg fra andre boligområder i Longyearbyen og Svea. Deler av planområdet ligger i flomsonen for Longyearelva. Nyere elvesikringsarbeider gjør det nødvendig å vurdere dagens hensynssone (H320_2 Flom) på nytt, for å vurdere om flomsonen kan trekkes nærmere elva.

Rambøll Norge AS har på oppdrag fra SNB utført en flomsonekartlegging med tilhørende vurdering og anbefaling.

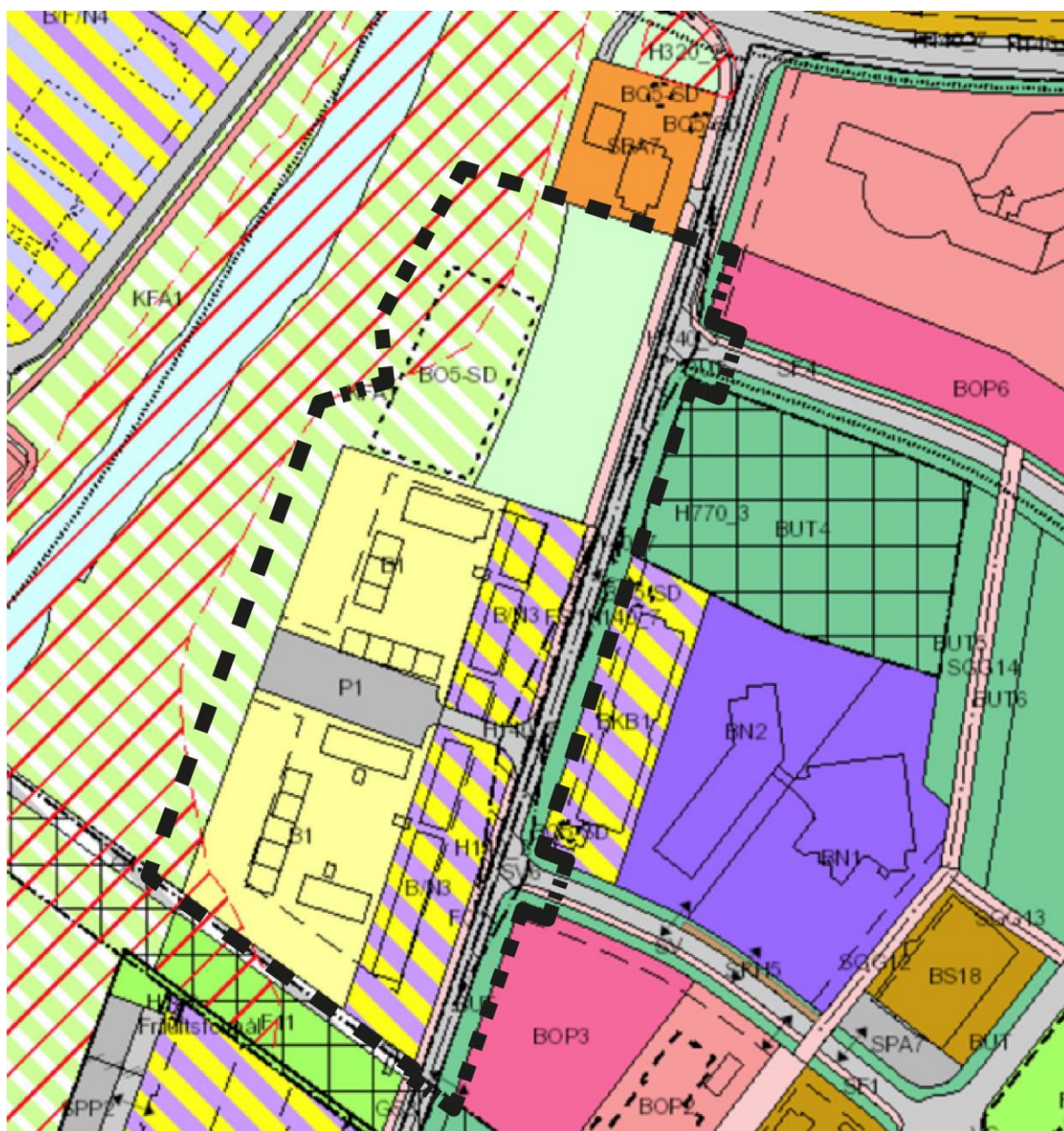
1.2 Målsetning

Hovedmålet med flomfarevurderingen har vært å utarbeide klimatilpassede flomsonekart for nedre deler av Longyearelva og det regulerte området, med hensyn til dimensjonerende flomhendelse (200-årsflom). Prosjektet skal sikre at fremtidig utbygging av Delplan D56 Elvesletta Nord er flomsikker og i henhold til gjeldende myndighetskrav, herunder TEK 10 § 7-2 *Sikkerhet mot flom og stormflo*

2. PLANOMRÅDE

Reguleringsområdet for Delplan D56 Elvesletta Nord er vist med svart stiplet strek i Figur 1. Innenfor delplanen er det i dag boligbebyggelse og kombinasjon av bolig- og næringsbebyggelse. I planarbeidet vil det bl.a. være fokus på fortetting og høyere utnyttelse av tomtene da det i Longyearbyen er behov for byggbare områder (Nordic Zoning, 2020).

I Figur 1 er også «Arealplan for Longyearbyen 2016-2026» vist, som tilsier at deler av området ligger innenfor faresonen H320_2 for flom. Det er gjort sikringstiltak mot flom og erosjon i Longyearelva i løpet av de siste årene. Det forventes at sikringsarbeidet har medført en betydelig endring av flomsituasjonen. Denne flomfarevurderingen skal utredes nærmere i detalj.



Figur 1. Planområdet til delplan D56 (Nordic Zoning, 2020).

3. KRAV, RETNINGSLINJER OG METODE

3.1 Krav

De mest sentrale kravene er gitt i Byggeforskrift for Longyearbyen, med tilhørende byggteknisk forskrift (TEK10).

3.1.1 Byggeforskrift for Longyearbyen

Plan- og bygningsloven gjelder ikke for Svalbard. For Longyearbyen planområde er det byggeforskrift for Longyearbyen (BfL) som er gjeldende. I § 4. Byggteknisk forskrifts anvendelse er tekniske krav for bygg definert at krav i TEK10 også er gjeldende for BfL. Det innebærer at TEK10 § 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo er gjeldende for Longyearbyen planområde.

3.1.2 Byggteknisk forskrift (TEK10)

Flomfare for byggverk må følge kravene til sikkerhetsklasser gitt i Byggteknisk forskrift (TEK10). TEK10 § 7-2. Sikkerhet mot flom og stormflo oppgir følgende sikkerhetsklasser for flom:

Sikkerhetsklasse F1 inkluderer bygninger som garasjer og lagerbygg med lite personopphold der oversvømmelse har liten konsekvens. 20-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F2 omfatter bebyggelse med personopphold og gjelder for områder der oversvømmelse får middels konsekvens. 200-årshendelse er dimensjonerende.

Sikkerhetsklasse F3 omfatter bygg for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk som under flom kan forårsake stor forurensning på omgivelsene. Sikkerhetsklasse F3 gjelder områder der oversvømmelse får store konsekvenser. 1000-årshendelse er dimensjonerende.

Planområdet består i dag av boliger, noe planlagt situasjon også vil. Bygg med boligformål tilsvarer sikkerhetsklasse F2. Det vil si at største årlig nominelle sannsynlighet for oversvømmelse settes lik 1/200 (gjentakintervall på 200 år) for området.

3.2 Klimafremskrivninger

For å ta hensyn til endring i klima og flom i vassdrag i år 2100 benyttes klimapåslag. Klimapåslaget vil være et tillegg/fradrag fra beregnet flomverdi for dagens situasjon. Det er stor usikkerhet for hvordan klima vil endre seg og følgelig flomregimer. Her er det forsøkt å oppsummere relevante anbefalinger for gjeldende vassdrag.

Ifølge «Klimaprofil for Longyearbyen», rapport utarbeidet av Norsk klimaservicesenter, er det stor sannsynlighet for økte flommer i Longyearbyen. Det er ikke konkludert hvilke påslag som bør legges til grunn for beregninger, men henviser til anbefalinger til NVEs retningslinjer nr. 2/2011 (Norsk klimaservicesenter, 2019).

NVEs retningslinjer nr. 2/2011 «Flaum- og skredfare i arealplanar» (NVE, 2014) tilsier at man kan forvente endring i flom i mindre vassdrag (<100 km²) på minst 20 %. Retningslinjene er i stor grad utarbeidet for kommunalt arealarbeid, men også regionalt og statlig.

3.3 Metode

3.3.1 Terrengredigering

Sammensying av flere terrengmodeller og redigeringer for å inkludere innmålinger av vassdraget og konstruksjoner ble gjort i GIS-programvaren ArcMap 10.5.

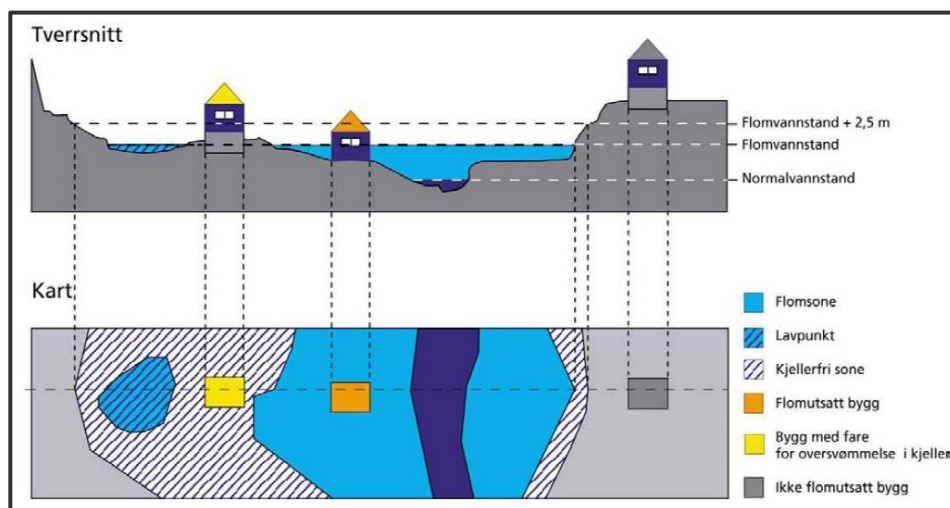
3.3.2 Hydrauliske beregninger

Programvaren HEC-RAS 5.0.7 er benyttet for beregning av strømningsforhold. HEC-RAS er en anerkjent programvare for modellering av elver og bekker. Det beregner hydrauliske forhold i en og to dimensjoner, og har spesielle funksjoner for å beregne effekt av blant annet bruer (landkar og pilarer) og kulverter.

3.3.3 Flomsonekart

Basert på vannlinjeberegninger i HEC-RAS er det gjennomført en GIS-analyse som viser hvilke arealer som blir oversvømt langs vassdraget. Oversvømmelse langs kantene til elva fremkommer der den etablerte terrengmodell viser at terrenget ligger lavere enn vannlinjen.

Flomsonekartene er basert på NVEs presentasjonsregler for flom. Flomutsatte bygg er definert som bygg som har direkte kontakt med vannspeilet i elven. Ikke flomutsatte bygg har ikke direkte kontakt med flomvannet, men ved nærhet til vassdraget og kjeller er det en risiko for at vann kan komme inn i kjellere. Risiko vil være avhengig av grunnforhold, om vannstanden er høyere enn kjellernivå, etc. Bygg i lavpunkt kan være flomutsatt og må vurderes mer konkret for hvert tilfelle.



Figur 2. Prinsippkisse som viser definisjonen på lavpunkt (NVE, 2006).

4. FLOMBEREGNING

NVE gjorde i 2016 beregninger av flom i Longyearelva, som er dokumentert i oppdragsrapport A nr. 7-2016 «Flomberegning for Longyearelva» (NVE, 2016). I det følgende er en oppsummering av rapporten og beregnede flomverdier. For mer utdypende informasjon henvises det til rapporten.

Longyearelva ved samløp med Vannledningsdalen har et nedslagsareal på 22 km², som består av ca. 30 % isbre. Høydene i feltet strekker seg fra 40 til 1000 moh. Beregnede flomverdier for Longyearelva er basert på observert data fra vannføringsstasjonene 400.1 Bayelva og 400.5 De Geerdalen, samt formelverk for små nedbørfelt (NVE, 2015). Beregnede årsflom og 200-årsflom er vist i Tabell 1.

Tabell 1. Beregnede flomverdier for Longyearelva ved samløp med Vannledningsdalen (NVE, 2016).

Sted	Areal (km ²)	QM (l/s*km ²)	QM (m ³ /s)	Q200 (l/s*km ²)	Q200 (m ³ /s)
Longyearelva ved samløp med Vannledningsdalen	22	450	9,9	1292	28,4

Flomberegningene utført av NVE for Longyearelva er gjort ved samløp med Vannledningsdalen, altså lenger oppstrøms enn planområdet. I rapporten til NVE er det oppgitt at nedbørfelt til sjø for Longyearelva er ca. 23 km². Legger man nedbørfeltet for hele Longyearelva til grunn bør NVEs beregnede flomverdier justeres for økt areal. Ved å benytte spesifikk 200-års flomverdi til grunn og hele nedslagsfeltet til Longyearelva ved utløp til sjø, blir 200-årsflommen:

$$Q_{200} = q_{200, NVE} * A_{Longyearelva, hele} = 1292 \text{ l/s*km}^2 * 23 \text{ km}^2 = 29,7 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Rapporten benytter både 20 og 40 % klimapåslag da det ikke er gitt noen klare anbefalinger for Svalbard og Longyearbyen. Det er valgt å benytte de samme klimapåslagene i denne vurderingen.

$$Q_{200} + 20 \% \text{ klimapåslag} = 29,7 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 = 35,7 \text{ m}^3/\text{s}.$$

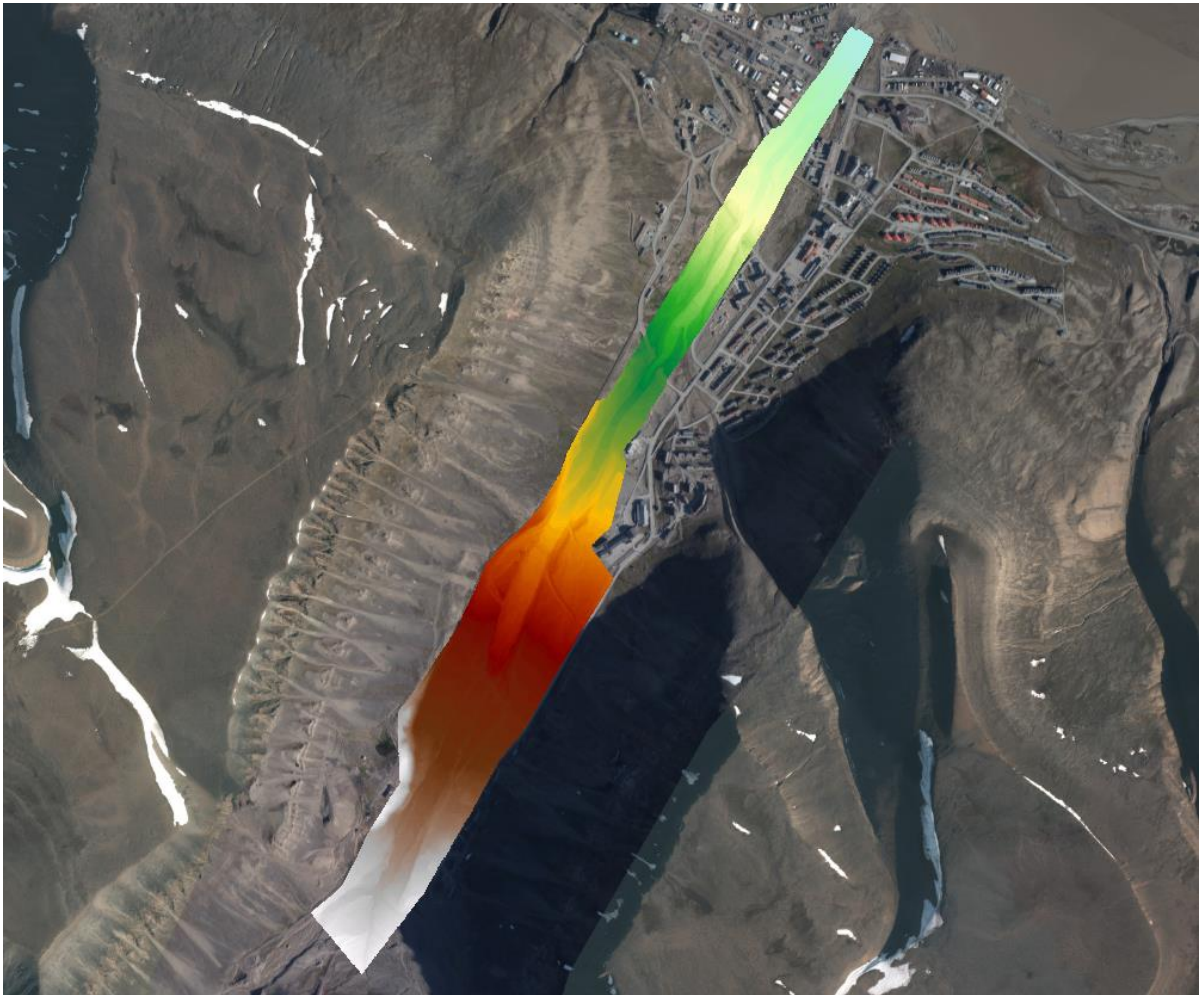
$$Q_{200} + 40 \% \text{ klimapåslag} = 29,7 \text{ m}^3/\text{s} * 1,4 = 41,6 \text{ m}^3/\text{s}.$$

5. HYDRAULISKE BEREGNINGER

5.1 Topografiske data

Datagrunnlaget for terrenget er basert på følgende:

- Laserskanning ved bruk av drone: Skanning er oversendt fra NVE og er gjort tidligere i år i forbindelse med erosjonssikringsarbeidene som er gjort i Longyearelva. De har oppløsning på 25 x 25 cm, se Figur 3.
- Terrengetmodell *Svalbard DTM5* Norsk Polarinstitutt. Digitale terrengetmodeller med høyder i et rutenett på 5x5 meter (2 m for Bjørnøya). Produktet består av regionale terrengetmodeller og dekker deler av Svalbard. Terrengetmodellen er egnet til terrengetvisualisering og GIS-analyser.
- Innmålinger (kulverter/bru ved Vei 600) utført av Store Norske Gruvedrift AS, se Figur 4.

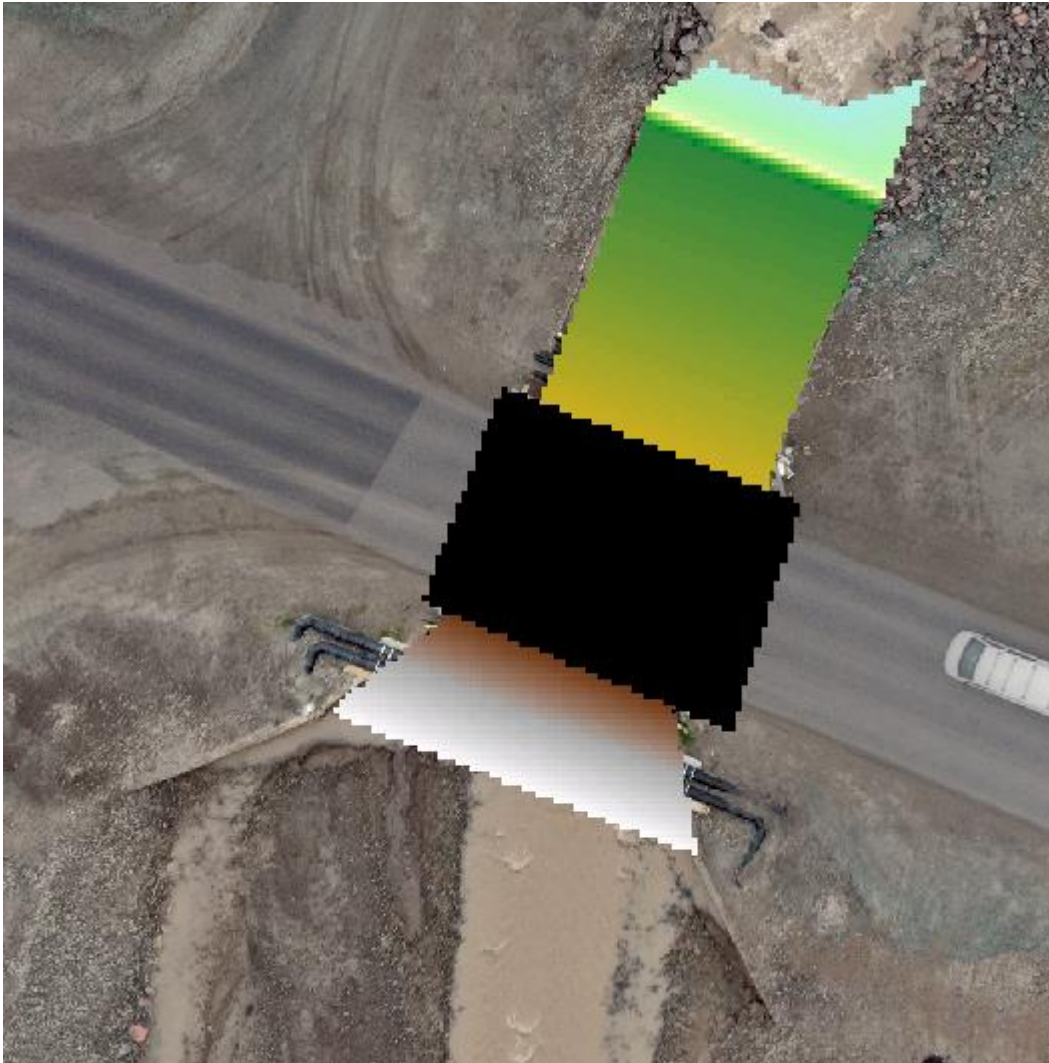


Figur 3. Laserskanning av Longyearelva oversendt fra NVE.



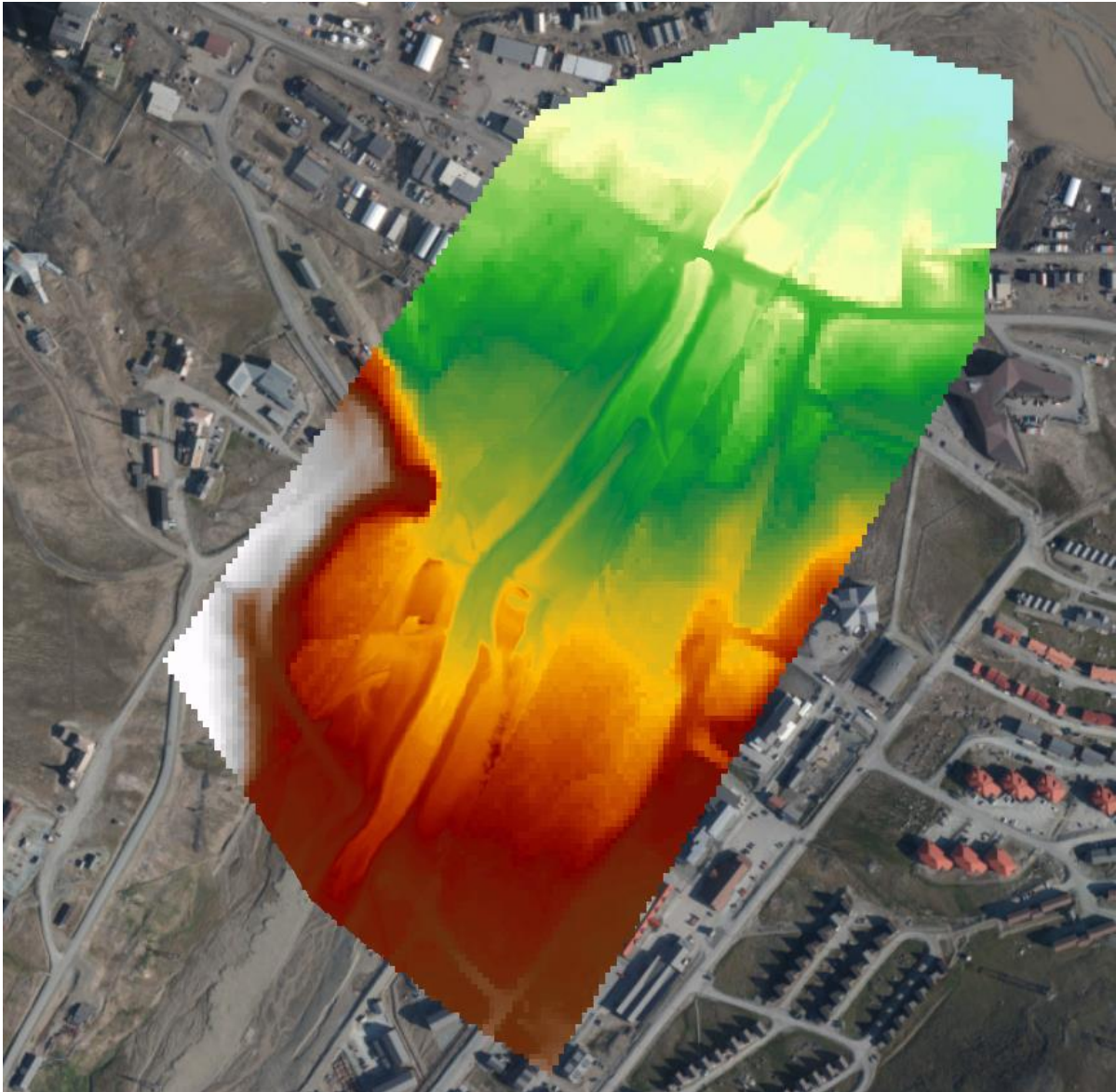
Figur 4. Innmålinger (i rødt) av bru/kulverter ved Vei 600.

Terreng oppstrøms og nedstrøms Vei 600, samt selve veidekket er bearbeidet med grunnlag i innmålte og skannede verdier, se Figur 5.



Figur 5. Generert terrengmodell ved Vei 600. Svart område er veidekke og det fargede området er redigert elveløpet,

Generert terrengmodell som er sydd sammen av de ulike grunnlagene, ble laget med oppløsning 25 x 25 cm. For områdene hvor det kun er dekning av DTM5 er oppløsningen på terrenget i realiteten 5 x 5 m. Endelig terreng er vist i Figur 6.



Figur 6. Terrengmodell som ble benyttet inn i den hydrauliske modellen.

5.2 Modelloppbygning

Det er etablert en todimensjonal hydraulisk modell i HEC-RAS 5.0.7. Modellområdet består av celler med oppløsning på 1 x 1 meter. Det er lagt inn bruddlinjer («break lines») for å styre retninger på cellene og for at modellen enklere skal beregne når vann vil renne over sidekantene til elveleiet og ut på terreng.

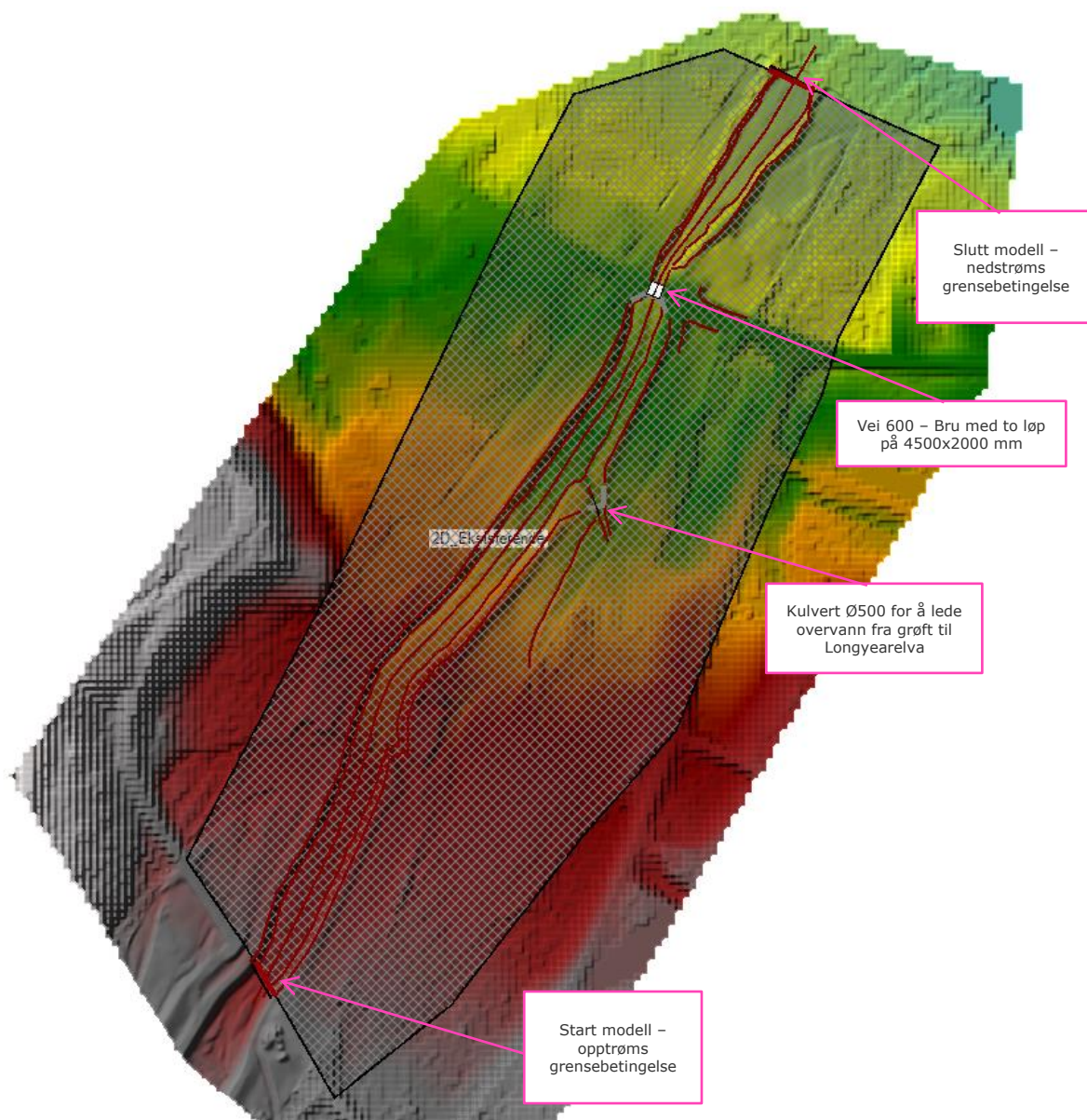
For å inkludere kulverter/stikkrenner i den todimensjonale modellen er det lagt til indre grensebetingelser, hvor kulverter/stikkrenner kan knyttes til grensebetingelsene. Stikkrennene legges til ved å trekke linjer fra start til slutt på hver stikkrenne, slik at lengder og inn- og utløp blir definert rett i modellen. Videre må det legges inn dimensjoner (lengde, høyde, bredde) og koeffisienter for kulvertene (Mannings ruhekskoeffisienter og inn- og utløpstap). Det er benyttet konservative parametere basert på erfaring og HEC-RAS-manualen.

Kulverter og dimensjoner:

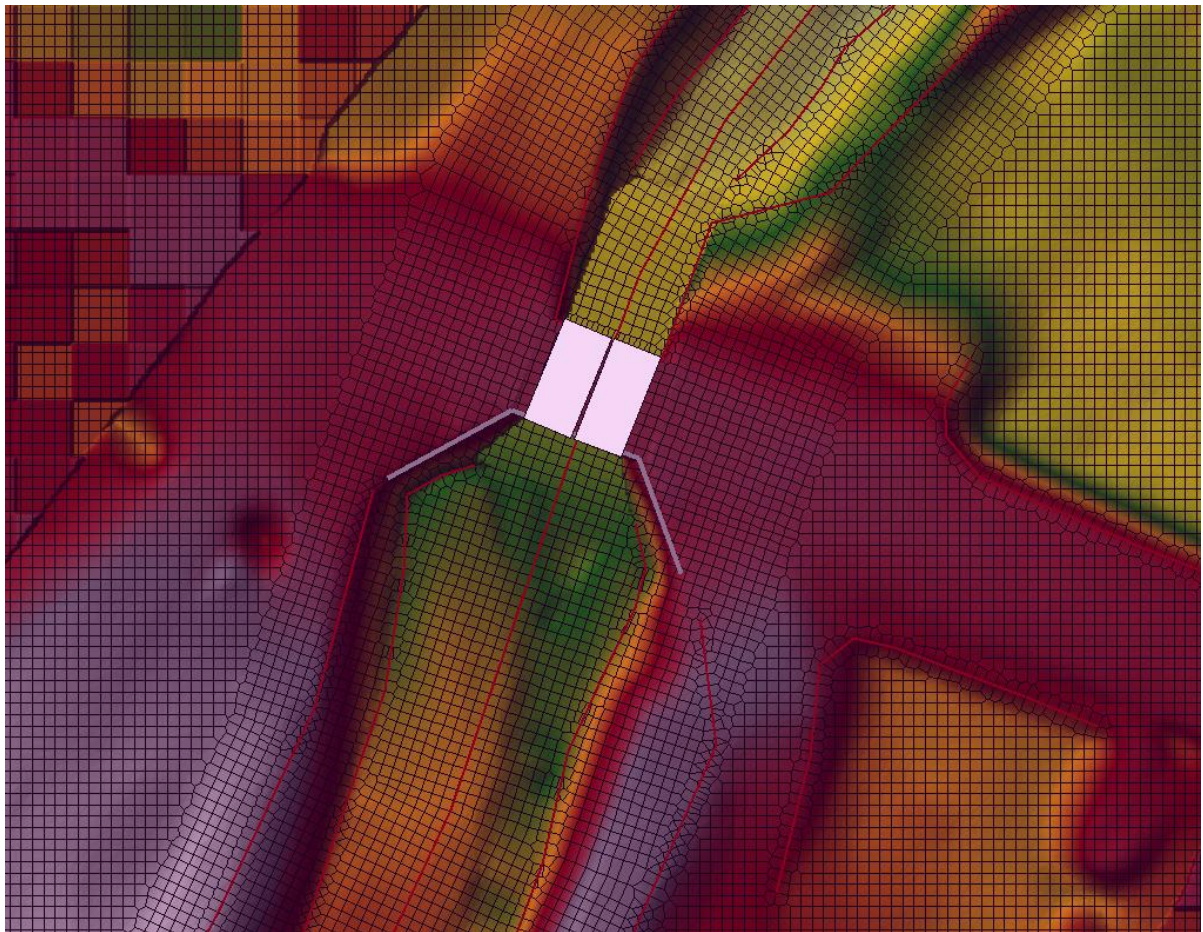
- Under Vei 600 er det lagt inn to bokskulverter med dimensjon B x H = 4500 x 2000 mm.
- Stikkrenne for vanngrøft fra planområdet er ikke målt inn/befart, men antatt å være et rør med diameter 500 mm.

Det er benyttet standardinnstillingene i HEC-RAS for todimensjonale beregninger, hvor Diffusive Wave-ligningen (forkortet DW i HEC-RAS) er benyttet. DW er en forenkling av de todimensjonale St. Venant-ligningene, hvor gravitasjons- og friksjonsleddet er de dominerende parameterne.

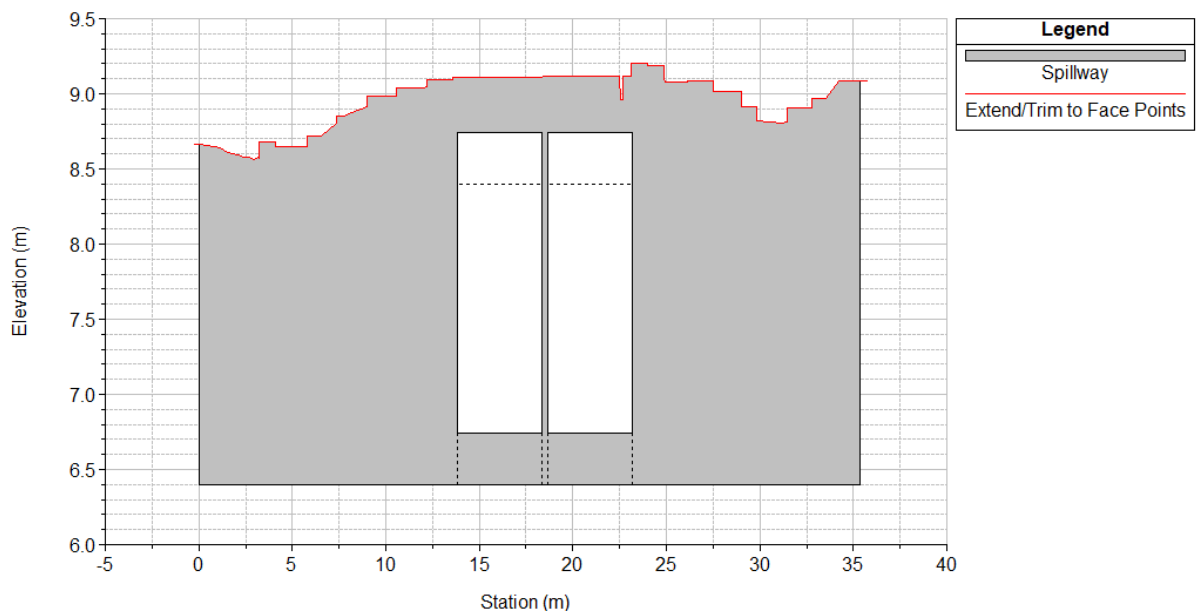
Geometri benyttet i modell er vist i Figur 7, hvor cellestrukturen, bruddlinjer og kulverter er vist i detalj ved Vei 600 i Figur 8. Figur 9 viser kulvertløp ved Vei 600 som ble lagt inn i den indre grensebetingelsen.



Figur 7. Modellgeometri. De mørkest røde linjene er bruddlinjer, grå strek er indre grensebetingelse (kulverter) og i ytterkant av geometriområdet hvor det er en rød og en svart strek vises ytre grensebetingelser.



Figur 8. Nærbilde av modellgeometrien som viser rutenettet av celler. Bruddlinjer i rødt er benyttet for å styre cellene til å gå i strømningsretning. De hvite feltene viser bokskulvertene som ble lagt inn under Vei 600.

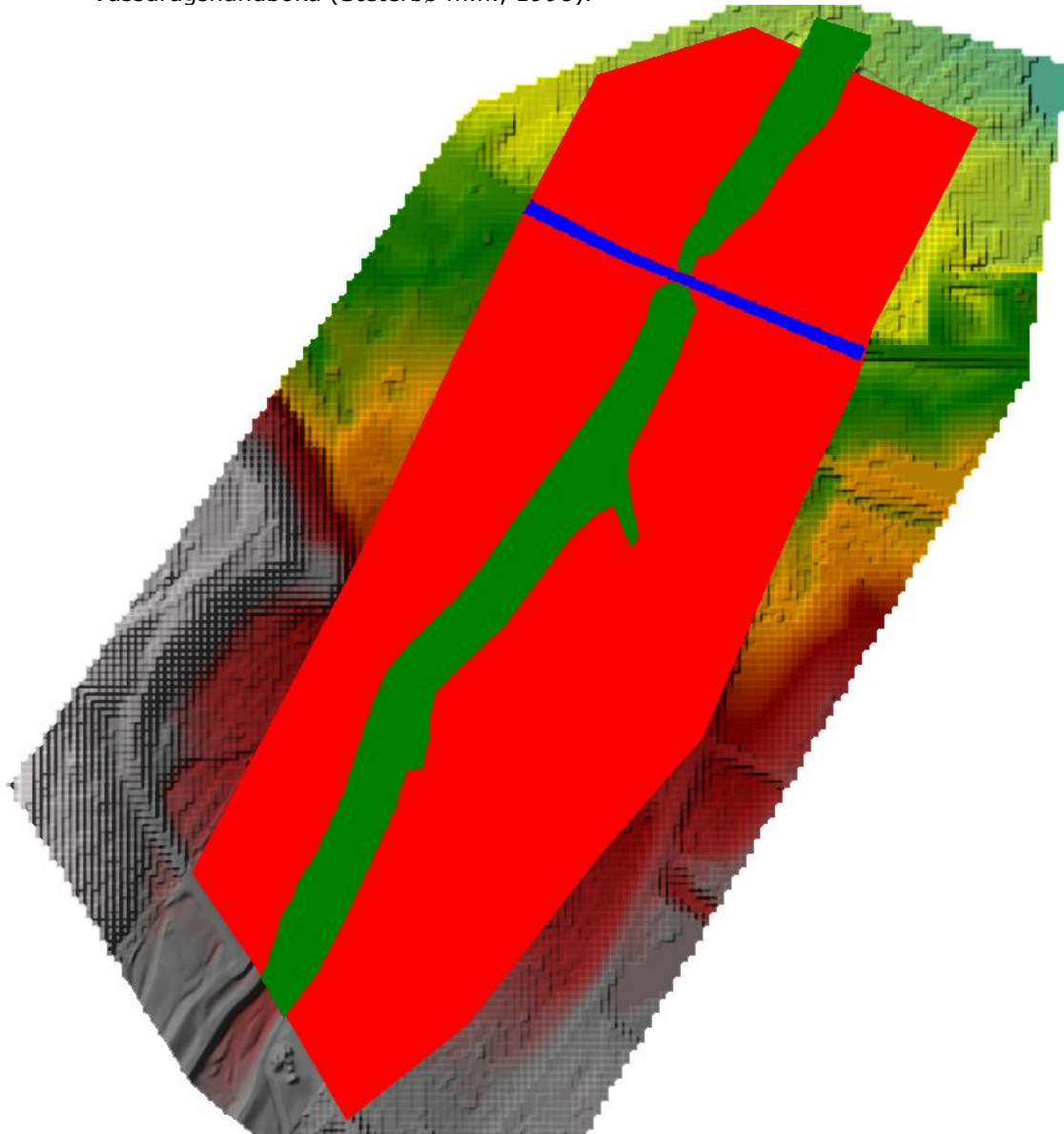


Figur 9. Indre grensebetingelse ved Vei 600 med to bokskulverter B x H = 4,5 x 2 m.

5.3 Start- og grensebetingelser

Følgende er lagt til grunn for begge modellene:

- Oppstrøms betingelse:
 - o Det er lagt til grunn normaldybde, hvor helning for normalstrømning oppgis. Helningene er estimert basert på lengdeprofil ved øverste tverrprofil og ca. 50-100 meter lenger oppstrøms. Normalhelning er satt til 1,7 %.
- Nedstrøms betingelse: Som over, normalhelning lik 2 %.
- Mannings ruhetskoeffisienter, n , er satt basert på overflatetype. Det er forenklet delt inn mellom elv (grønt), vei (blått) og sideområder (rødt), se Figur 10. For elv, vei og sideområdene er n satt til henholdsvis 0,03 ($M = 33$), 0,016 ($M = 63$) og 0,06 (ca. $M = 17$). Verdien er satt basert på anbefalte verdier for Mannings ruhetskoeffisient i Vassdragshåndboka (Sæterbø m.fl., 1998).



Figur 10. Inndeling av Mannings ruhetskoeffisientfelt for modellområdet. Grønt er elv, blått er vei og rødt er sideterreng.

5.4 Vannføringsdata

Det er gjort hydrauliske beregninger for tre situasjoner med konstant vannføring:

- 1) $Q_{200} = 29,7 \text{ m}^3/\text{s}$
- 2) $Q_{200} + 20 \% \text{ klimapåslag} = 35,7 \text{ m}^3/\text{s}$
- 3) $Q_{200} + 40 \% \text{ klimapåslag} = 41,6 \text{ m}^3/\text{s}$

5.5 Kalibreringsdata

Det foreligger ingen data for kalibrering av Longyearelva. Dette må hensyntas under vurdering av usikkerheter i beregningene.

5.6 Sensitivitetsanalyse

Det er gjennomført en sensitivitetsanalyse for å vurdere endring i beregnet vannlinje for parameterne Mannings ruheffisient og vannføring ved å øke/reducere verdiene med 20 %. Mannings ruheffisient og vannføring er to av de mest utslagsgivende parameterne for inngangsdata i en hydraulisk modell. Ved å vurdere hvor mye resultatene endrer seg ved å justere $\pm 20 \%$ vil man få et inntrykk hvor mye beregningene vil beregne som følge av inngangsverdier.

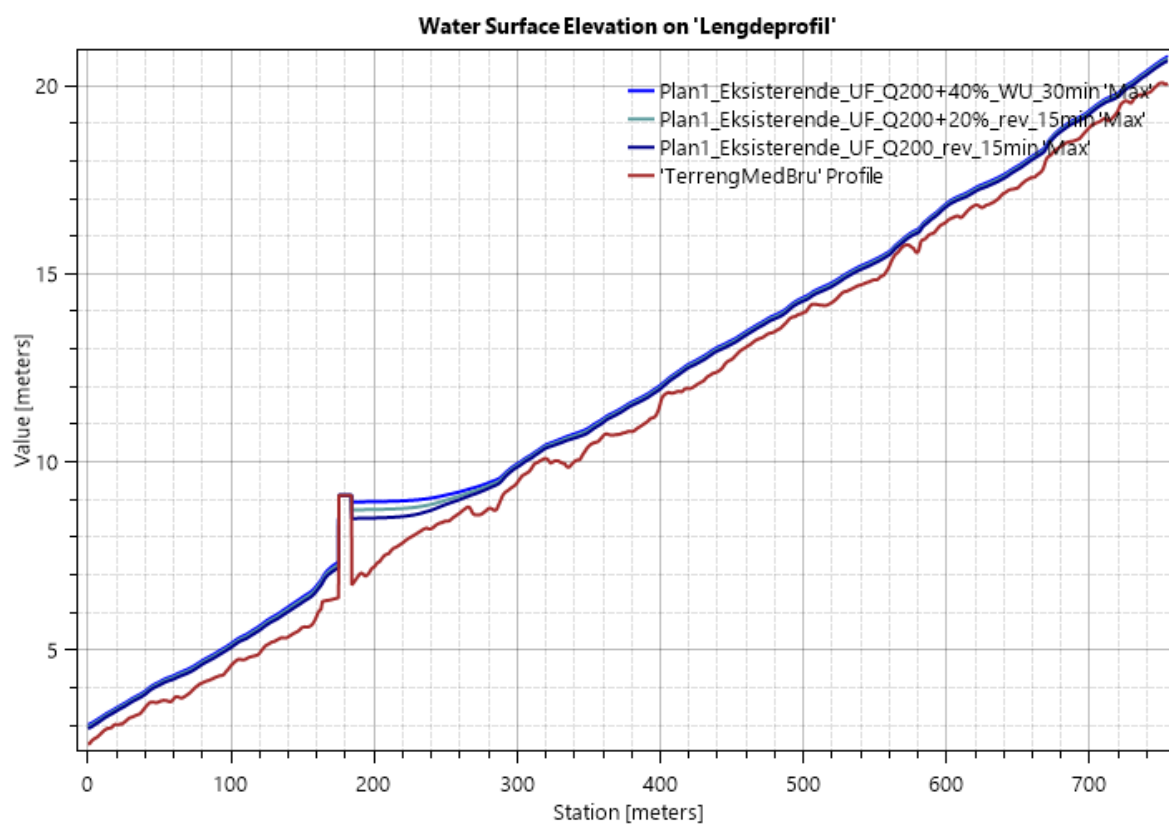
6. RESULTATER

6.1 Vannlinje, vannhastighet og flomsone

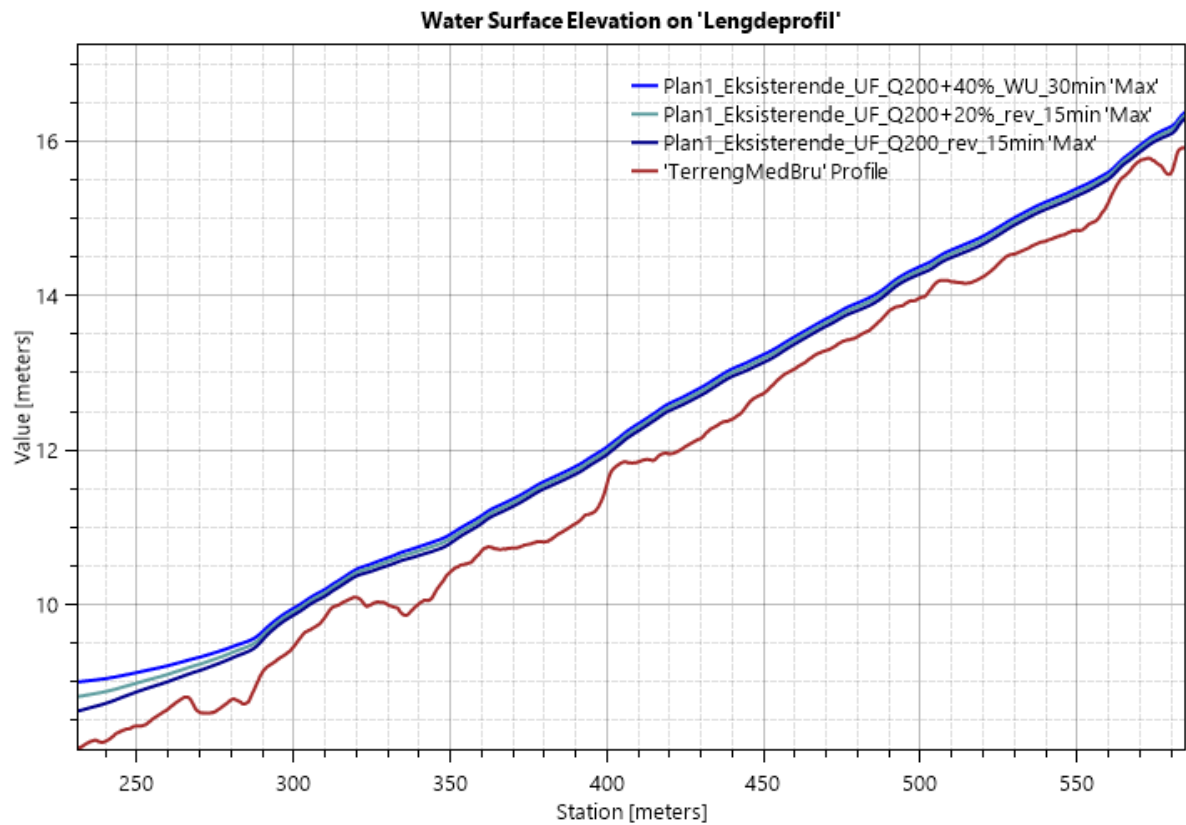
Det er beregnet flomsone og vannlinje for deler av Longyearelva for tre situasjoner:

- 1) 200-årsflom (Q200)
- 2) 200-årsflom med 20 % klimapåslag (Q200 + 20 %)
- 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag (Q200 + 40 %)

For samtlige situasjoner vil flomvannet holde seg innenfor elveløpet, utenom ved Vei 600 hvor vannet vil stå høyere enn vingemurer for bruene/kulvertene. Beregnet vannlinje i Longyearelva for de tre situasjonene er vist for hele analyseområdet i Figur 11. Figur 12 viser vannlinjene beregnet langs planområdet.

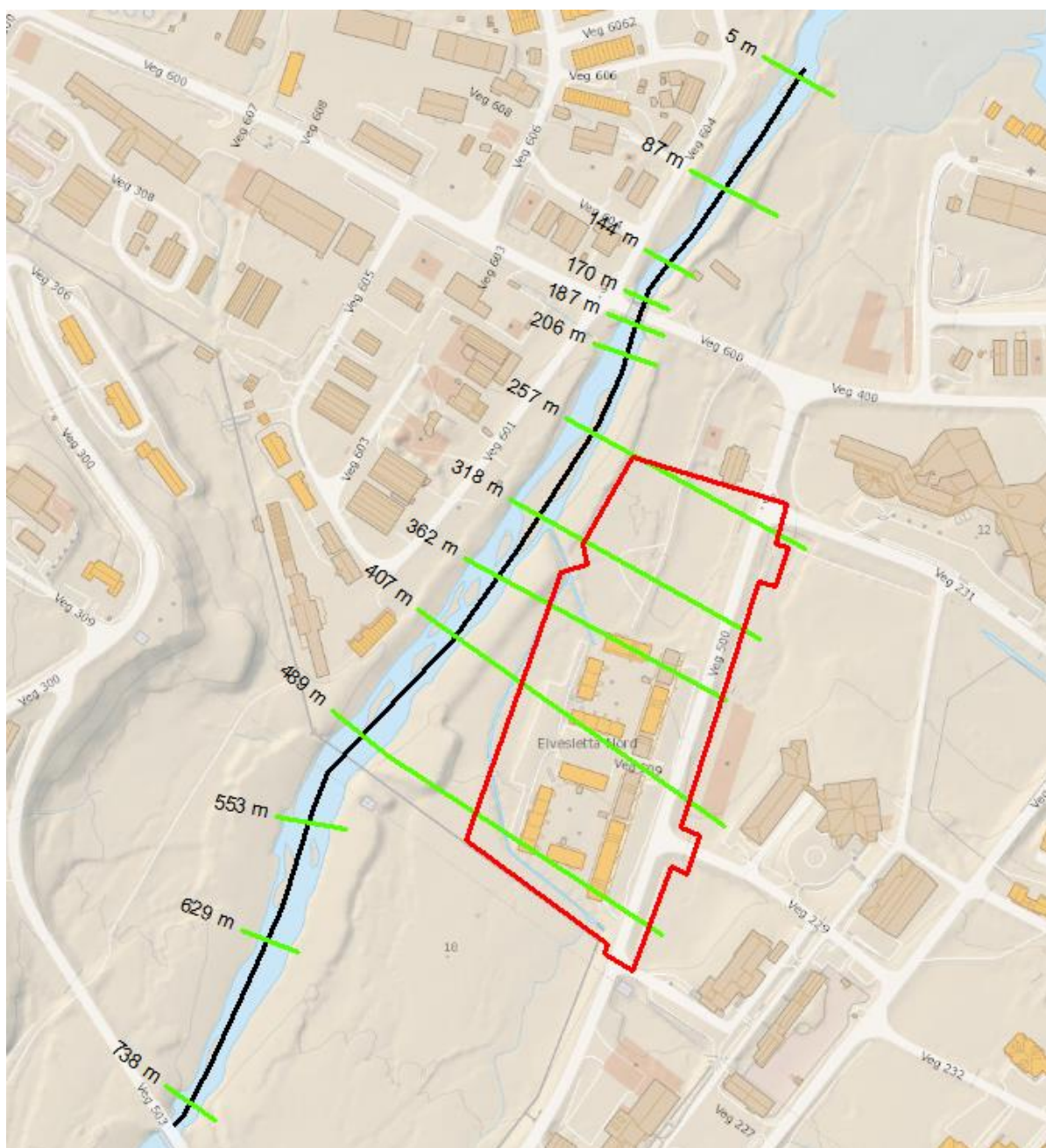


Figur 11. Vannlinje for analyseområdet for situasjonene 1-3.



Figur 12. Vannlinje langs planområdet for situasjonene 1-3.

Lengdeprofil og tverrprofilene langs planområdet og for ellers i Longyearelva er vist med henholdsvis svart og grønn linje i Figur 13. De er benyttet for å vise vannstand for ulike deler av vassdraget. Komplette visning av alle tverrprofilene er vist i vedlegg 1.



Figur 13. Tverr- og lengdeprofil benyttet for å hente ut vannivå.

Beregnet gjennomsnittlige vannstandsni \ddot{v} å i tverrprofiler langs planområdet for de tre situasjonene er vist i Tabell 2. Vannlinjen i Longyearelva langs planområdet varierer fra ca. 9 moh. nederst til 14 moh. øverst. Differansen i vannstandsni \ddot{v} å mellom situasjon 1 (Q200) og situasjon 3 (Q200 + 40 %) er ca. 10 cm. Den største forskjellen er oppstrøms innløp til bru/kulverter ved Veg 600, hvor differansen i vannstand er ca. 44 cm. Årsaken til stor forskjell i området kommer av kapasiteten til kulvertløpene. Ved for liten kapasitet vil flomvannet stuves opp i forkant av kulvertene.

Tabell 2. Beregnede gjennomsnittlige vannlinjer for tverrprofiler langs planområdet for situasjonene 1-3.

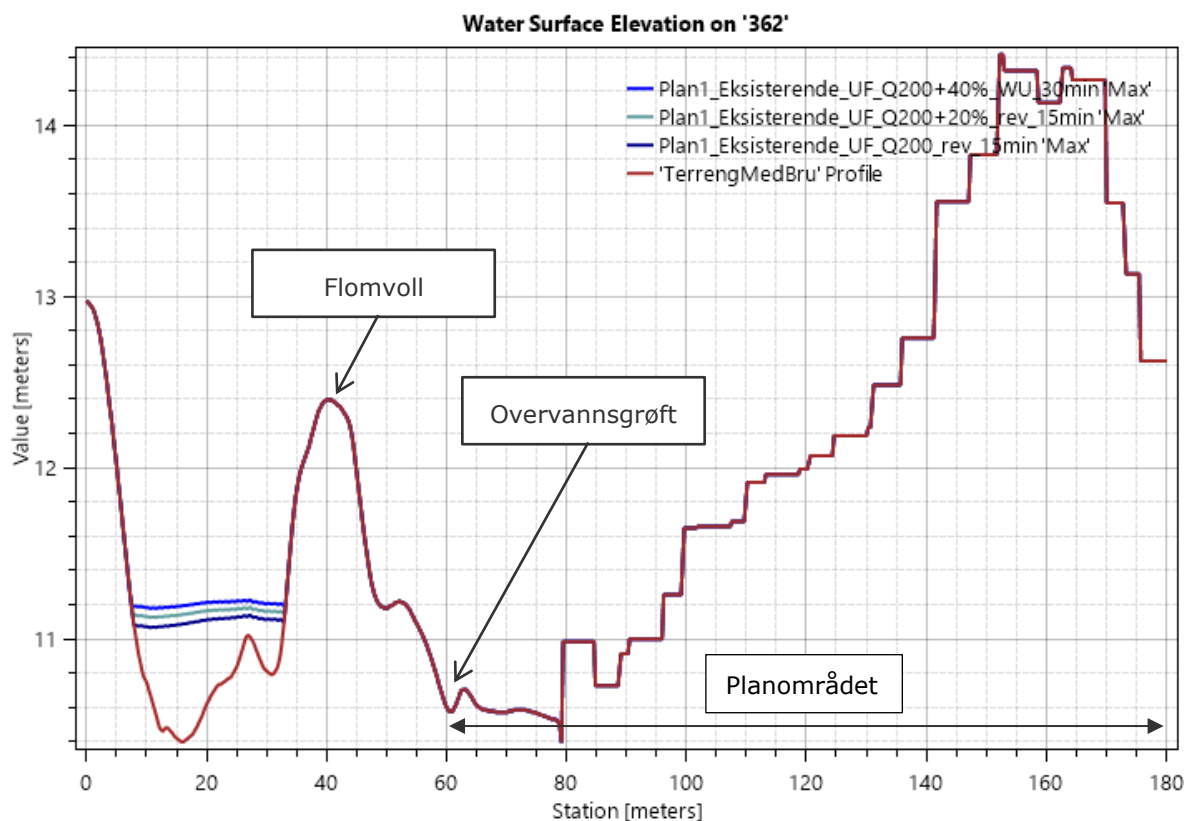
Tverrprofil	Vannlinje, gjennomsnittlig (moh.)			Terrengnivå flomvoll mot planområde* (moh.)
	1) 200- årsflom	2) 200-årsflom + 20 % klimapåslag	3) 200-årsflom + 40 % klimapåslag	
257 (slutt planområde)	8,97	9,07	9,19	10,4
318	10,30	10,34	10,39	11,4
362	11,13	11,18	11,23	12,4
407	12,15	12,20	12,24	13,5
489 (start planområde)	14,02	14,07	14,12	16,2

*Terrenghøyden er avlest fra tverrprofilene i vedlegg 1.

Det er omtrent 1 m klaring mellom vannstand og flomvoll mot planområdet for nedre halvdel, mens klaringen øker opp mot 2 m for øvre halvdel. Flomvannet vil med andre ord holde seg i elveløpet.

Terrenget på innsiden av flomvollen vil for deler av planområdet ligge lavere enn beregnet vannstand i elven, noe som vil medføre en risiko for økt grunnvannstand under flomforløpet. Grunnforholdene for planområdet er forventet å bestå av sand og grus i de øverste meterne, noe som tilsier at grunnvannstanden for planområdet kan reagere raskt på endring i vannstand i Longyarelva.

Figur 14 illustrerer, ved bruk av tverrprofil 362, hvordan planområdet ligger lavere enn beregnet vannstand i Longyarelva (de andre tverrprofilene langs planområdet er vist i vedlegg 1). Ved utnyttelse av planområdet nærmest elva til boligformål vil det, uten videre terrengtiltak, medføre at nye bygg vil ligge i et område med fare for høy grunnvannstand. Fra planområdet vil det være fall ut mot overvannsgrøft som medfører at grunnvann kan renne ut i Longyarelva. Det forventes derfor at det ikke vil bli stor oppstuvning som følge av grunnvannstand. Dette er en særtilstand som ikke vil bli uredet videre i detalj.



Figur 14. Tverrprofil 362 som viser beregnet vannivå i Longyearelva for situasjon 1-3.

Flomsone med beregnede flomdybder for de tre situasjonene er vist i Figur 15, Figur 16 og Figur 17. Det er lite som skiller de tre situasjonene. Den største forskjellen er området ved innløpet til kulvertene under Vei 600, som blir vanndekt på vestsiden av elva for situasjon 3 (Q200 + 40 %). For de to andre situasjonene vil dette arealet ikke dekkes av vann.

Innvendig topp for kulvertene er 8,74 moh. For situasjon 1 (Q200) ble vannstanden beregnet å ligge ca. 24 cm lavere enn innvendig topp kulverter (vannivå på 8,5 moh.). For situasjon 2 (Q200 + 20 %) vil vannstanden stå på nivå med topp kulverter (8,73 moh.). I situasjon 3 (Q200 40 %) vil vannstanden stå ca. 20 cm høyere (8,9 moh.). Flomvannet vil dermed stuves opp i forkant av kulvertene.

Statens vegvesen håndbok N400 *Bruprosjektering* stiller krav til at det er minst 0,5 m klaring mot overbygningen ved beregnet vannstand for 200-års flom, for bruer (innebefatter også kulverter bredere enn 2,5 m) (kap. 4.2.4, SVV, 2015). Dette kravet vil ikke oppfylles for noen av situasjonene. Ved flom vil det dermed være fare for tetting av innløp som følge av drivgods, isgang, etc.

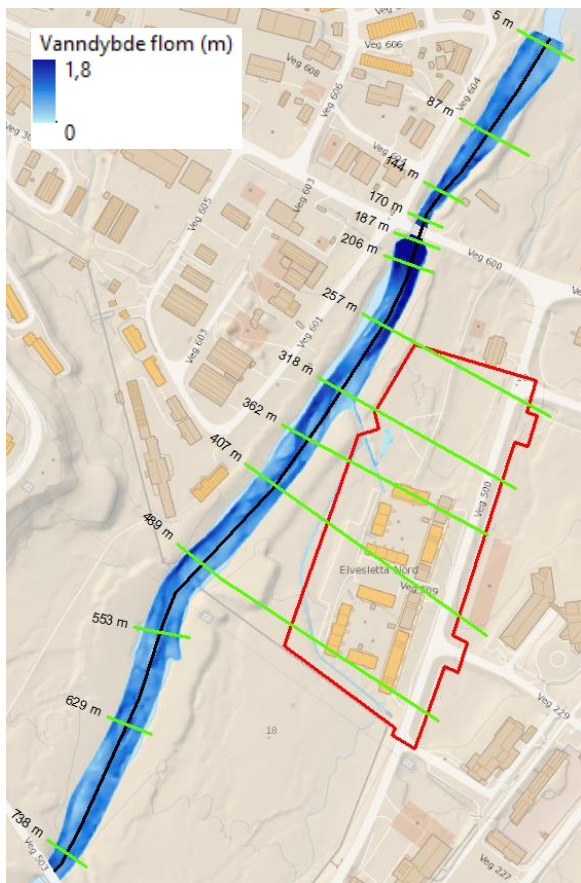
Vei 600 ligger ca. på 9,1 moh., noe som betyr at det i utgangspunktet er liten klaring fra topp kulverter til veidekket (ca. 40 cm). Spesielt ved situasjon 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag, hvor det vil være et fribord på 20 cm, vil det være fare for at vann kan sprute opp på veien ved turbulente forhold ved innløpet.

Flomvannet vil fylle opp grøftene som leder overvannet fra Elvesletta, samt høyereliggende areal, ut til Longyearelva. Siden det ligger en stikkrenne (antatt Ø500) i grøften, se Figur 7, vil det være

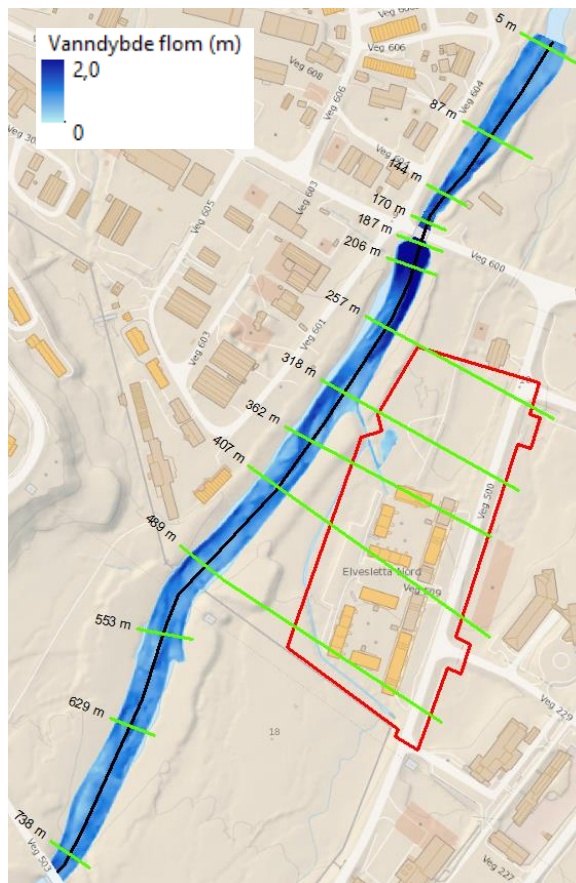
en begrenset evne til å fylle opp grøftene raskt, og det anslås at det vil ta et par timer å få full oppstuvning (tilsvarende nivå i elva). Beregnede nivåer i grøften nedstrøms stikkrennen er for situasjonene 1-3 henholdsvis 10,18 moh., 10,25 moh. og 10,32 moh.

Det er beregnet vannhastigheter i Longyearelva for de tre situasjonene, som er vist i Figur 18, Figur 19 og Figur 20. Hastighetene er høyest i de partiene hvor elva er dypest og hvor hovedstrømmen renner.

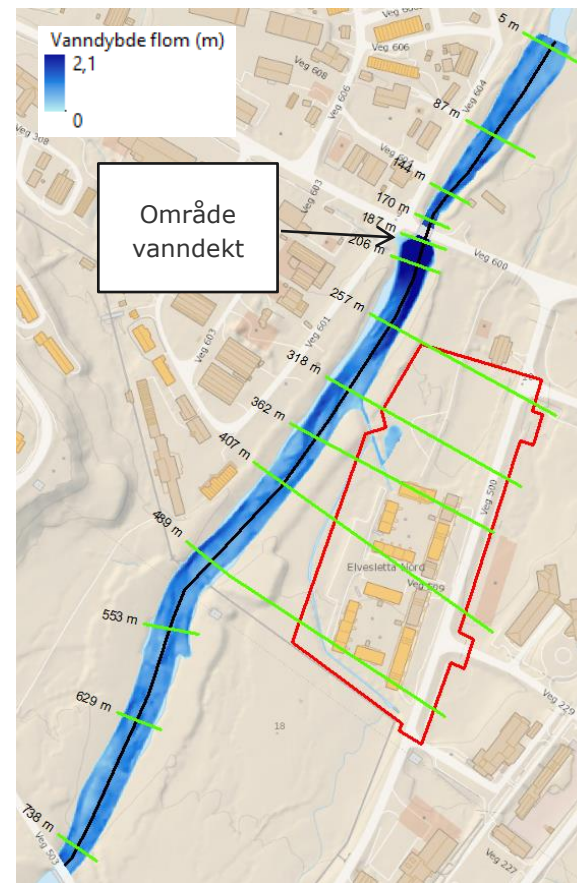
For lengdeprofilet som ble benyttet til å hente ut vannlinje i Longyearelva er det også hentet ut vannhastigheter, vist i Figur 21. Lengdeprofilet er tatt ut fra ca. midt i elven. Det er vannhastighetene langs linja som vises, noe som ikke trenger å utgjøre de maksimale vannhastighetene. Hastighetene ligger mellom 2-4 m/s for Longyearelva for samtlige situasjoner. Ved avlesning fra lengdeprofilet kan det se ut til at vannhastighetene øker med ca. 0,2 m/s og 0,4 m/s fra henholdsvis situasjon 1 (Q200) til situasjon 2 (Q200+ 20 %), og fra situasjon 2 (Q200+20%) til situasjon 3 (Q200 + 40 %).



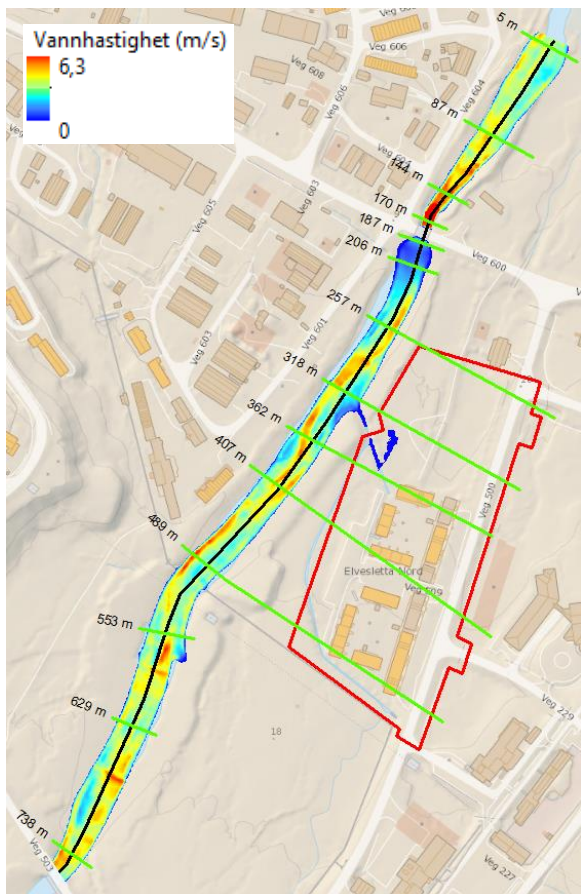
Figur 15. Flomdybdekart for situasjon 1) 200-årsflom. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.



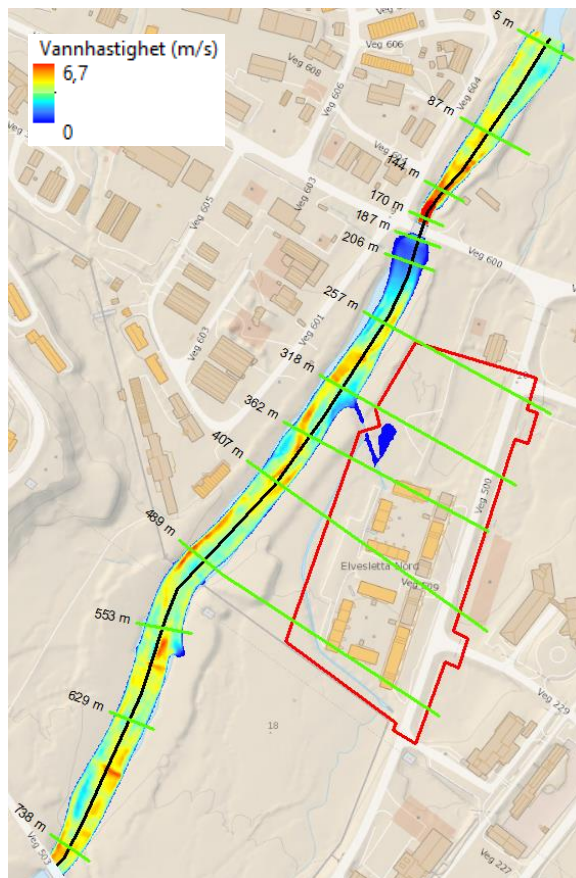
Figur 16. Flomdybdekart for situasjon 2) 200-årsflom med 20 % klimapåslag. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.



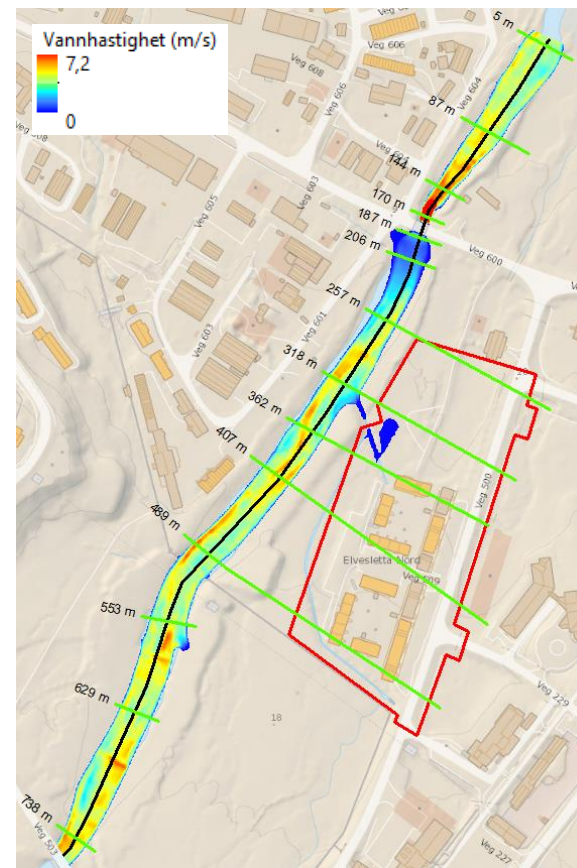
Figur 17. Flomdybdekart for situasjon 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.



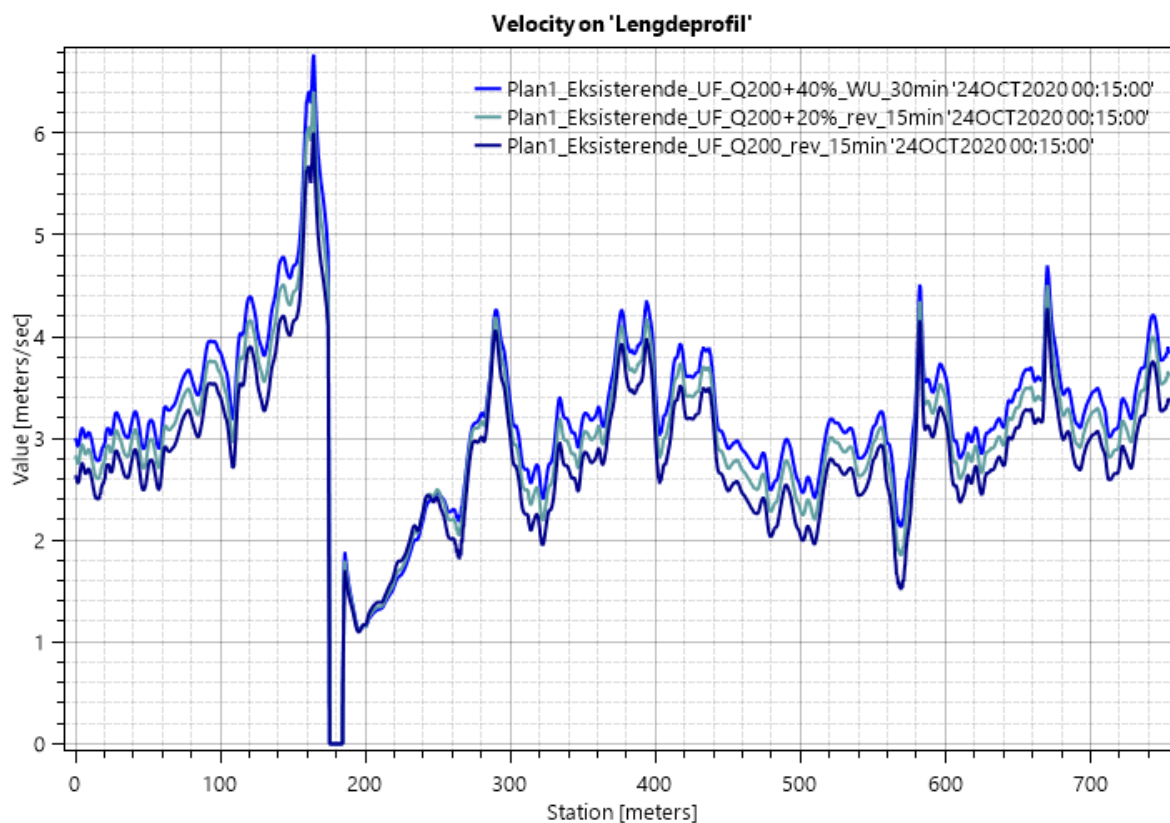
Figur 18. Vannhastigheter for situasjon 1) 200-årsflom. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.



Figur 19. Vannhastigheter for situasjon 2) 200-årsflom med 20 % klimapåslag. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.

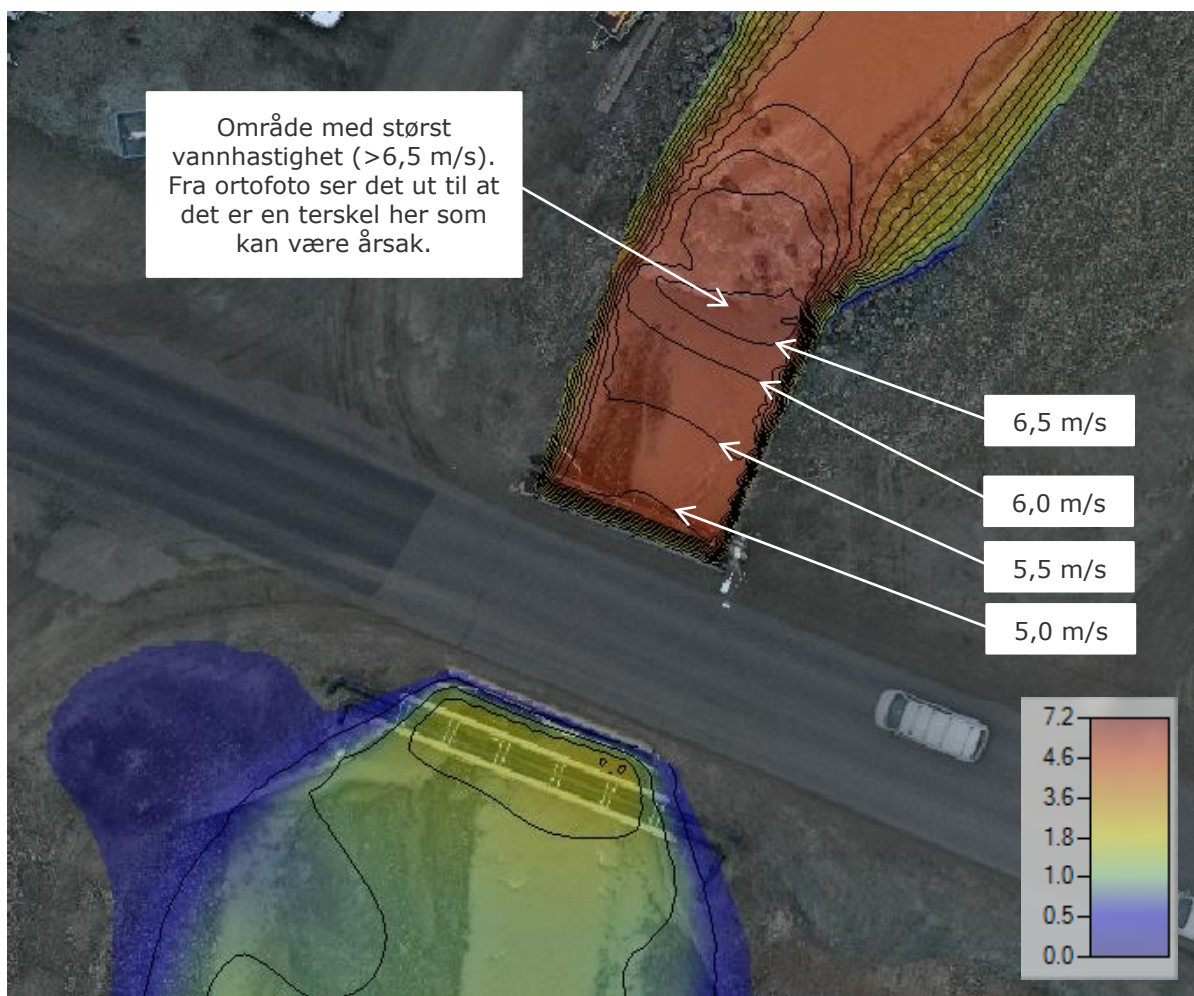


Figur 20. Vannhastigheter for situasjon 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag. Planområdet markert med rød strek. Svart og grønne streker er henholdsvis lengdeprofil og tverrprofiler det er hentet vannivå ut fra, og vist i vedlegg 1.



Figur 21. Vannhastigheter for lengdeprofil beregnet for situasjonene 1-3.

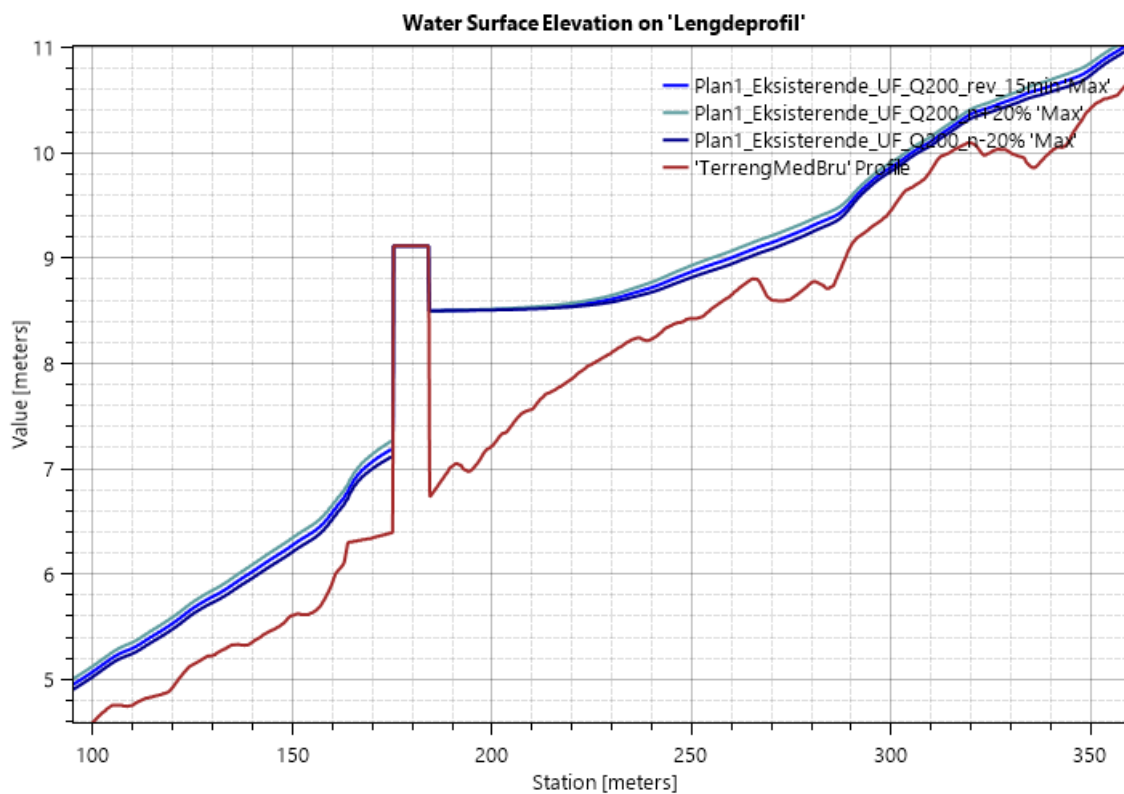
De største vannhastighetene er beregnet nedstrøms utløp av kulverter/bru ved Vei 600, hvor det kanaliserte løpet med vertikale sideløpet går over til et mer naturlig elveløp. For de tre situasjonene 1-3 er det beregnet maksimale hastigheter i dette området på henholdsvis 6,3 m/s, 6,7 m/s og 7,2 m/s. Vannhastighetene ved Vei 600 er vist i Figur 22 for situasjon 3. De maksimale hastighetene gjelder for mindre områder av utløpet og gjennomsnittlige hastighetene ligger ca. 0,5 m/s lavere.



Figur 22. Vannhastigheter beregnet for situasjon 3) Q200 + 40 % klimapåslag. Vannhastighetskoter for hver 0,5 m/s er vist med svart strek.

6.2 Sensitivitetsanalyse

Ved å justere Mannings ruheffektskoeffisient opp/ned med 20 % er det beregnet endring i vannstand langs modellert elvestrekning. Beregnede vannlinjer for hele Longyearelva er vist i Figur 23 og endringer er oppsummert i Tabell 3. Endringen er størst ved utløpet til kulvertene/bru ved Vei 600 ($\pm 7-8$ cm) og minst ved innløpet (< 1 cm). Gjennomsnittlig endring i beregnet vannlinje er $\pm 4-5$ cm for hele Longyearelva ved endring av Mannings ruheffektskoeffisient.



Figur 23. Utklipp av lengdeprofil av Longyearelva som viser beregnet vannlinje for 200-årsflom og endring i Mannings ruhetskoeffisient på ±20 %.

Tabell 3. Beregnet endring i vannlinje som følge av endring i Mannings ruhetskoeffisient og vannføring.

Endring	Endring i vannlinje (m)		
	Minimal	Gjennomsnittlig	Maksimal
n + 20 %	-0,08	-0,05	0,00
n - 20 %	0,00	0,04	0,07
Q + 20 %	-0,23	-0,06	0,00
Q - 20 %	0,00	0,05	0,20

7. USIKKERHETER

Denne type analyser og beregningsresultater vil alltid være heftet med usikkerhet. Faktorer som nevnt nedenfor vil påvirke sluttresultatet og dermed påvirke beregnede vannlinjer og flomutbredelser.

Usikkerheten til resultatene i NVEs flomberegning er vurdert til svært usikkert med «Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke størrelser i området» iht. klassifisering av usikkerhet i flomberegninger (NVE, 2015) (NVE, 2016).

Terrenggrunnet kan skjønsmessig karakteriseres som meget godt. Det er anvendt laserskanning med drone i elveløpet til Longyearelva med høy oppløsning (25 cm) tidligere i år, noe som vil i stor grad representere terrenget i elva slik det nå er. At terrenggrunnet er supplert med innmålinger av bru/kulverter ved Vei 600 gjør at usikkerheten senkes. Terrenget utenom laserskanningen er dårlig egnet for flomberegninger. Siden flomvannet har stort sett holdt seg innenfor laserskannet terreng vil effekten av DTM5 være neglisjerbar for resultatene.

Sensitivitetsanalysene for parameterne vannføring og Mannings ruheffisient gir en indikasjon på at beregnet vannstand i Longyearelva kan variere med ± 10 cm basert på brukervalg og beregnede flomverdier.

Basert på en skjønsmessig totalvurdering av usikkerhet i beregninger anbefales det at det legges til grunn en sikkerhetsmargin på minst 30 cm for beregnede vannstander.

8. KONKLUSJON OG ANBEFALINGER

I forbindelse med regulering av Delplan D56 Elvesletta Nord i Longyearbyen, Svalbard, har Rambøll, på vegne av forslagsstiller Store Norske Boliger AS, gjort en utredning av flomfaren for planområdet. Planområdet ligger nært Longyearelva og delvis innenfor faresonen for flom H320_2. Det er forventet at faresonen for flom vil være endret, da det er blitt gjort store tiltak mot erosjon og flom de siste årene. Denne utredningen skal dokumentere flomfaren og flomsikkert byggenivå for planområdet iht. krav i TEK10, tilsvarende en 200-årsflom.

NVE utarbeidet en flomberegning av Longyearelva i 2016 (NVE, 2016) litt lenger oppstrøms planområdet. For å ta hensyn til vannmengdene ved utløp til sjø, er det gjort en justering av beregnede flomverdier basert på nedslagsfeltareal. 200-årsflom er beregnet til 29,7 m³/s.

Siden det ikke er klare anbefalinger for klimapåslag for Longyearelva, eller Svalbard generelt, er det valgt å legge til grunn et klimapåslag på 20 og 40 %. Dette tilsvarer klimapåslag benyttet i NVEs rapport. Med klimapåslag på 20 og 40 % vil flomverdi for 200-års gjentakintervall være 35,7 og 41,6 m³/s.

For å vurdere flomfaren er det etablert en todimensjonal hydraulisk modell i HEC-RAS 5.0.7. Terrengmodell brukt i HEC-RAS er basert på laserdata fra en droneskanning av Longyearelva gjort av NVE tidligere i år, GPS-innmålinger av bru ved Vei 600 utført av Store Norske Gruvedrift AS og digital terrengmodell Svalbard DTM5 fra Norsk Polarinstitutt. Analyseområdet ble satt fra bru ved Vei 503 til ca. 170 meter nedstrøms bru ved Vei 600.

Det er valgt å gjøre beregninger for tre situasjoner: 1) 200-årsflom, 2) 200-årsflom med 20 % klimapåslag og 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag. For samtlige situasjoner vil vannet i stor grad holde seg innenfor elvens løp. Ved elvekryssingen under Vei 600 vil vannstanden gå over vingemurene pga. at kulvertene har ikke tilfredsstillende kapasitet.

Vannstands nivå i Longyearelva, langs planområdet, er beregnet til å ligge mellom 9 til 14 moh. Flomvollene på østsiden av elva (mot planområdet) ligger mellom 1-2 meter høyere enn beregnet vannstand. Fra planområdet går det en overvannsgrøft ut i Longyearelva, som vil bli fylt opp med flomvann. For de tre situasjonene er det beregnet at vannivået i grøften vil ligge på 10,2-10,3 moh.

Det anbefales at bygg anlegges høyere enn beregnet vannnivå langs planområdet, ilagt en sikkerhetsmargin på 30 cm. Siden det er ingen klar anbefaling for klimaendringer for flom i Longyearelva eller på Svalbard anbefales det å legge til grunn 40 % klimapåslag, se Tabell 4.

Tabell 4. Anbefalte minimale nivå for nye bygg for at de skal være sikret mot flom.

Tverrprofil	Anbefalt byggesikkert nivå for nye bygg (moh.)
257 (slutt planområde)	9,5
318	10,7
363	11,5
407	12,5
489 (start planområde)	14,4

Vei 600 ligger ca. på 9,1 moh., noe som betyr at det i utgangspunktet er liten klaring fra topp kulverter til veidekket (ca. 40 cm). Spesielt ved situasjon 3) 200-årsflom med 40 % klimapåslag vil det være fare for at vann kan sprute opp på veien ved turbulente forhold ved innløpet. Samtidig er kravet til lysåpning på 0,5 m ikke tilfredsstillende iht. Håndbok N400 Bruprosjektering (SVV, 2015), noe som medfører en risiko for tilstopping/tetting av kulvertløpene ved flom.

Ved delvis gjentetting av kulvertløpene er det forventet at kapasiteten her vil være for liten til å ta unna flomvannet, noe som vil medføre oversvømmelse av Vei 600 og flomvann på avveie. Vannivå vil trolig ligge litt over 9,1 moh. ved oversvømmelse, noe som vil påvirke vannstand ved tverrprofil 257, men det er usikkert hvor stor påvirkningen det vil ha lenger oppstrøms. Hvis bygg etableres på nivå med anbefalte verdier for flomsikre byggehøyder vil de trolig ikke bli påvirket av en situasjon hvor det flommer over Vei 600.

Longyearelva er en massetransporterende elv med mye erosjon og sedimentering. NVE og Lokalstyret har nå gjort tiltak med å renske elveløpet, samt etablert fangdammer lenger oppstrøms, som vil redusere tilførte masser i elveløpet. Til tross for tiltak kan det forventes at det vil forekomme massetransport/erosjon i elven. Det anses at avsetning/oppfylling av masser ved bru/kulverter under Vei 600 vil være kritisk for kapasiteten av Longyearelva og at den ikke skal gå ut over sine bredder. Jevnlig tilsyn og vedlikehold før forventede flomperioder vil være viktig for å sørge for at bruene/kulvertene ved Vei 600 har full kapasitet.

9. KILDER OG REFERANSER

Nordic Zoning, 2020. Varsel om oppstart av delplan D56 for område B1 og B/N3 Elvesletta, Longyearbyen. Brev datert 25. februar 2020.

Norsk klimaservicesenter, 2019. Klimaprofil Longyearbyen. Et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning.

NVE, 2006. Rapport nr. 14-2006. I. Bævre Bævre og E. K. Øydvin. Flomsonekart – Delprosjekt Ulefoss.

NVE, 2011. Rapport nr. 4-2011. Retningslinjer for flomberegninger (versjon 3: NVEs flomsonekartliggning - retningslinjer for flomberegninger, godkjent 19.03.2013).

NVE, 2014. Retningslinjer nr. 2-2011. Flaum- og skredfare i arealplanar.

NVE, 2015. Veileder nr. 7-2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt.

NVE, 2016. Oppdragsrapport A nr. 7-2016. Flomberegning for Longyearelva.

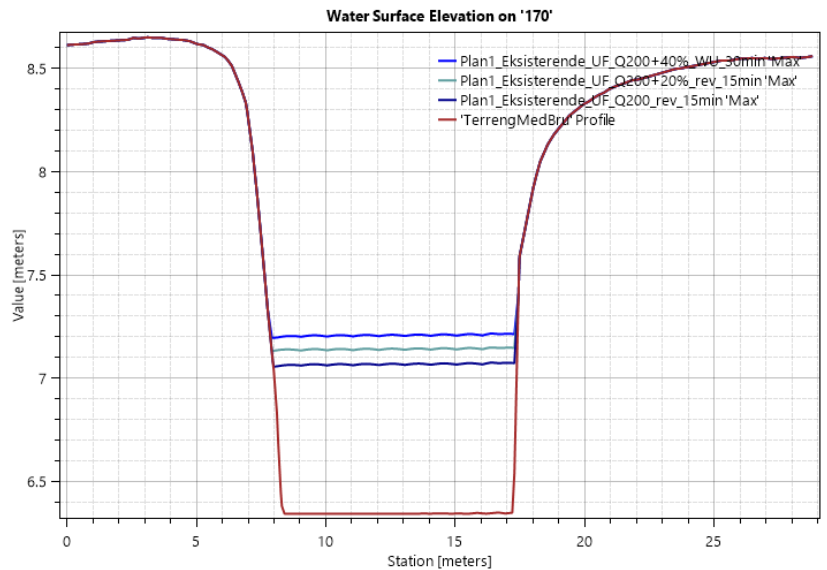
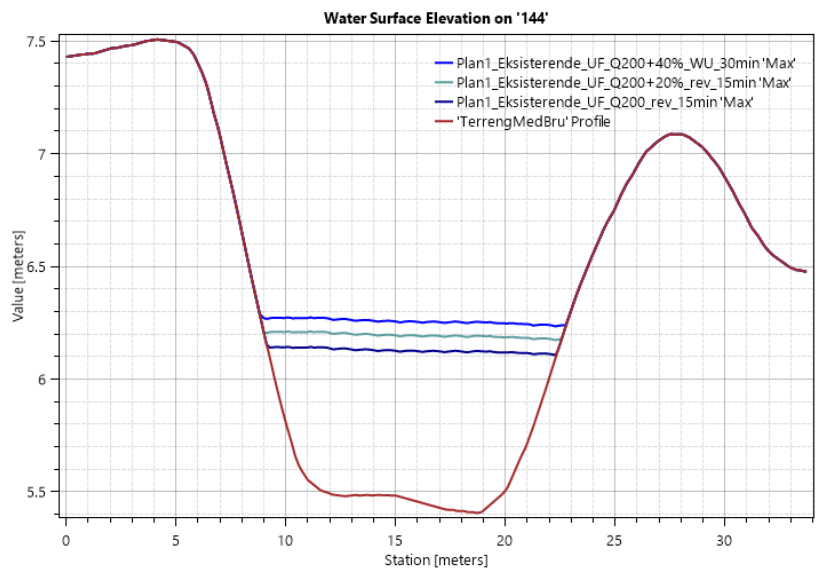
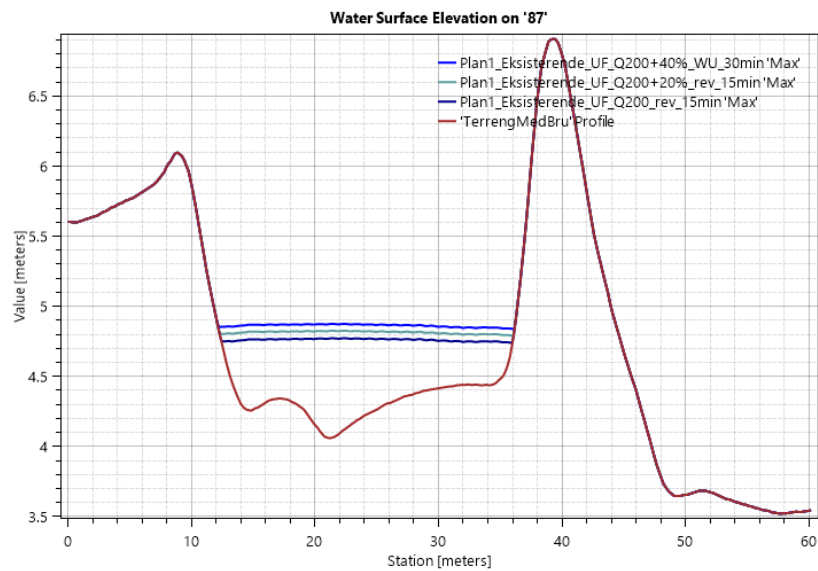
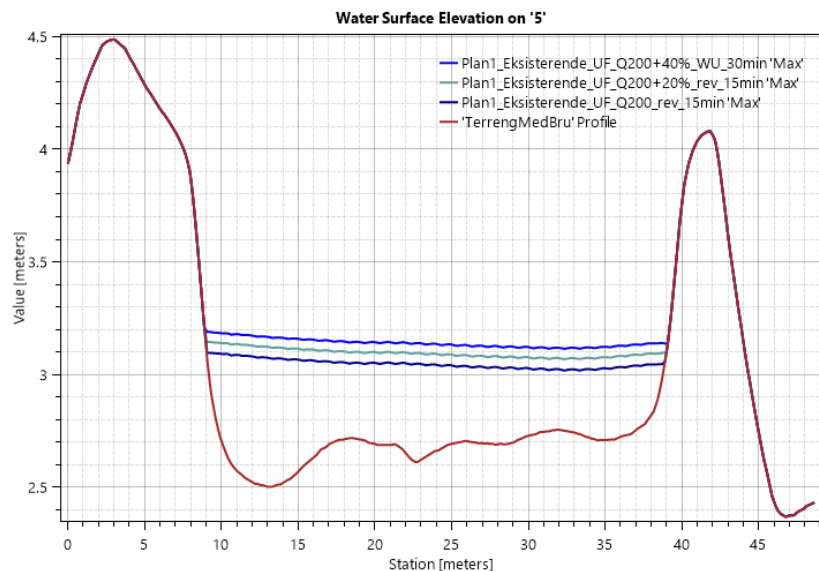
SVV, 2015. Håndbok N400 Bruprosjektering.

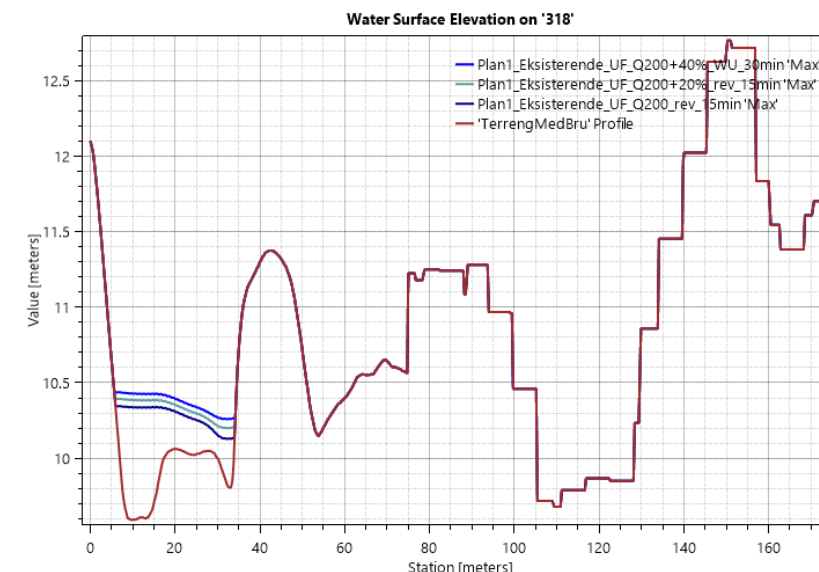
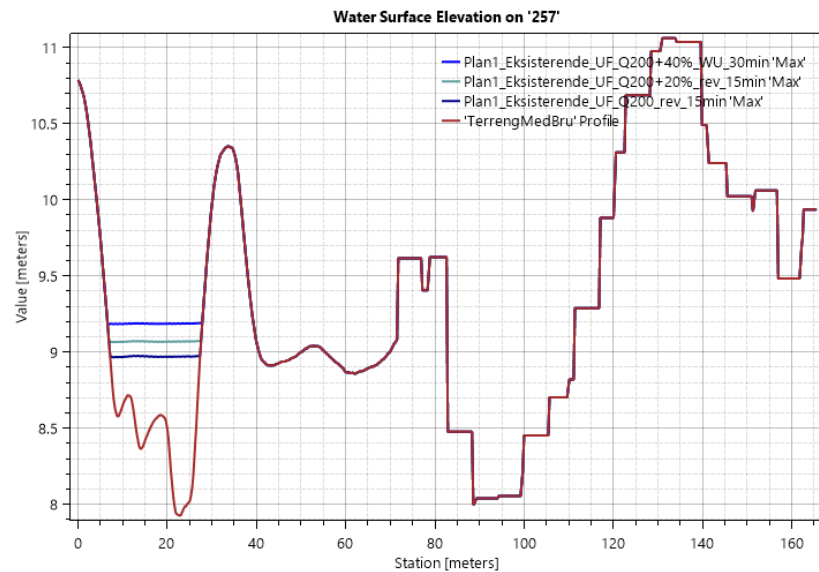
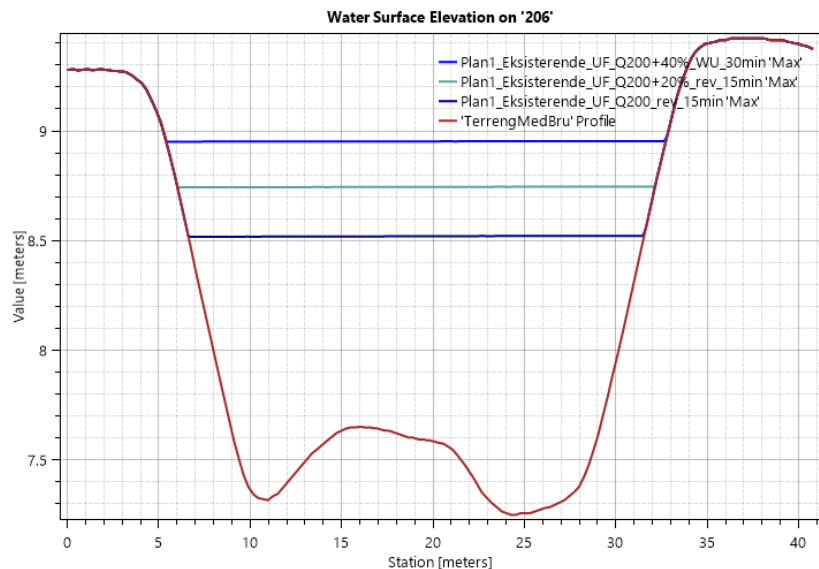
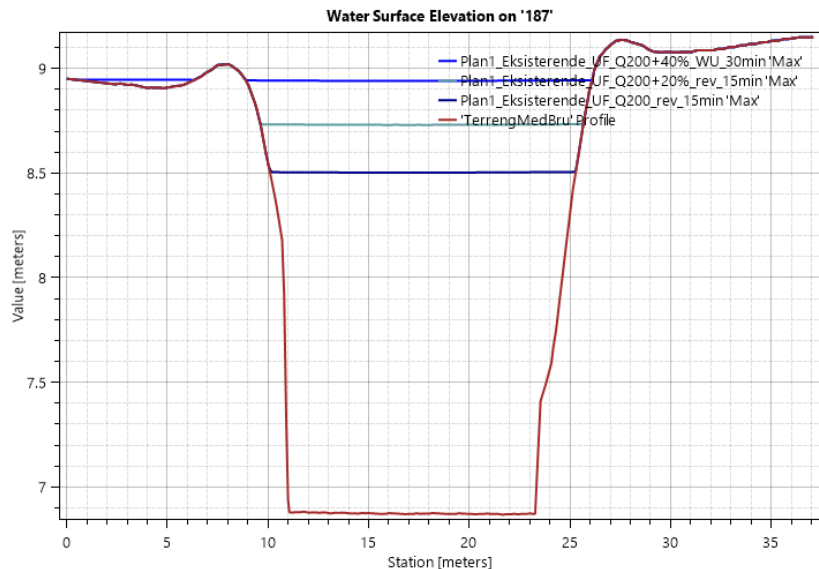
Einar Sæterbø, Liza Syvertsen og Einar Tesaker, 1998. Vassdragshåndboka. Håndbok i forebygningsteknikk og vassdragsmiljø. Tapir Forlag, Trondheim 1998.

VEDLEGG 1

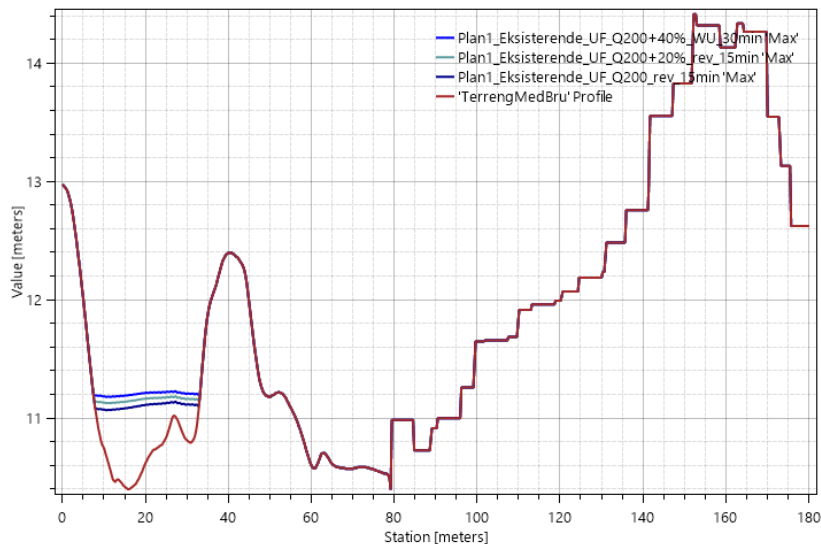
VANNLINJEBEREGNING OG TVERRPROFILER

Bregnede vannstand i et utvalg av tverrprofiler langs Longyearelva. For Q200, Q200 + 20 % klimapåslag og Q200 + 40 % klimapåslag.

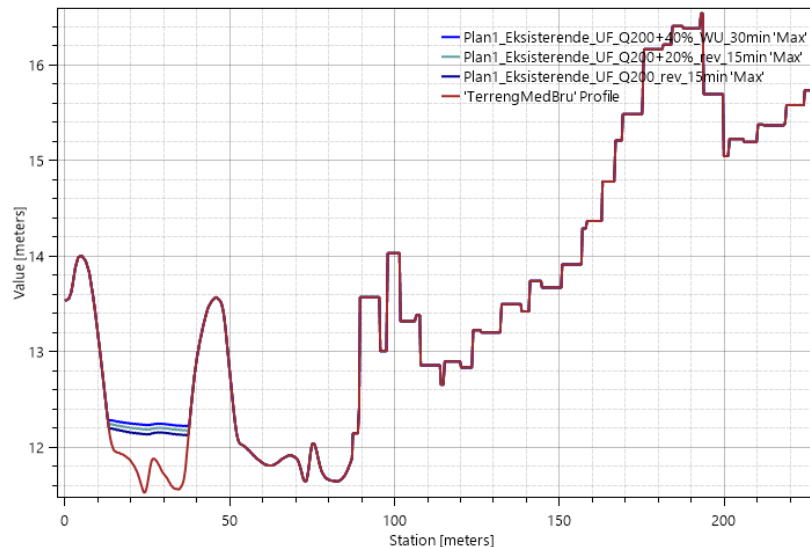




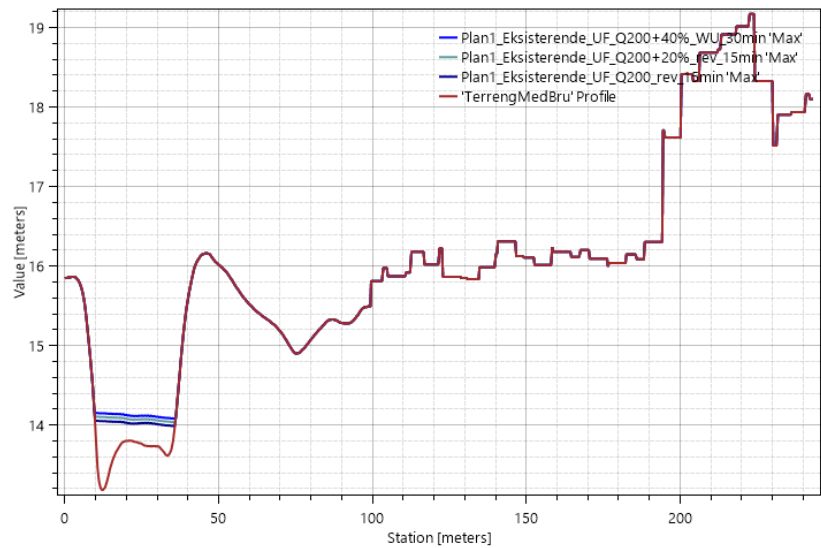
Water Surface Elevation on '362'



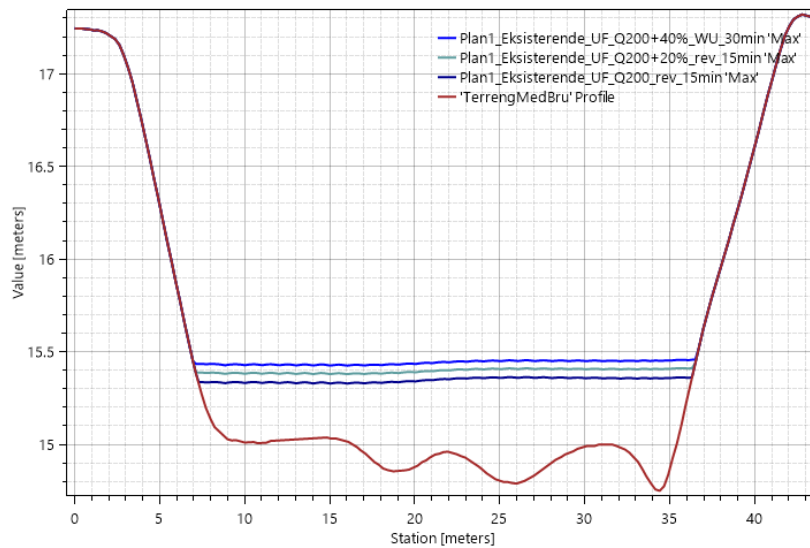
Water Surface Elevation on '407'

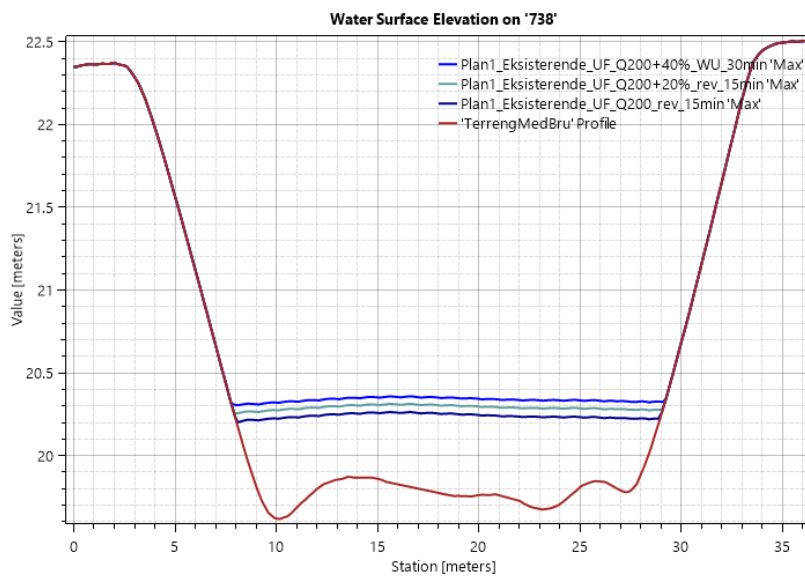
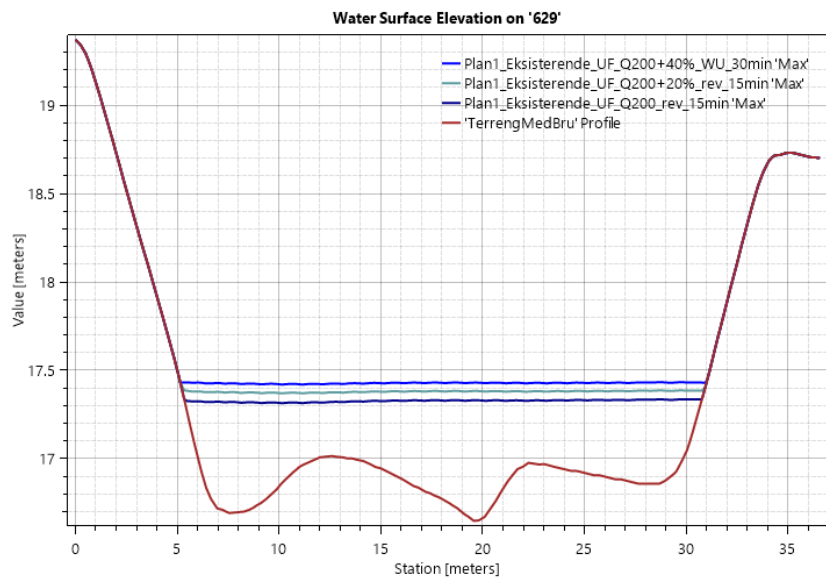


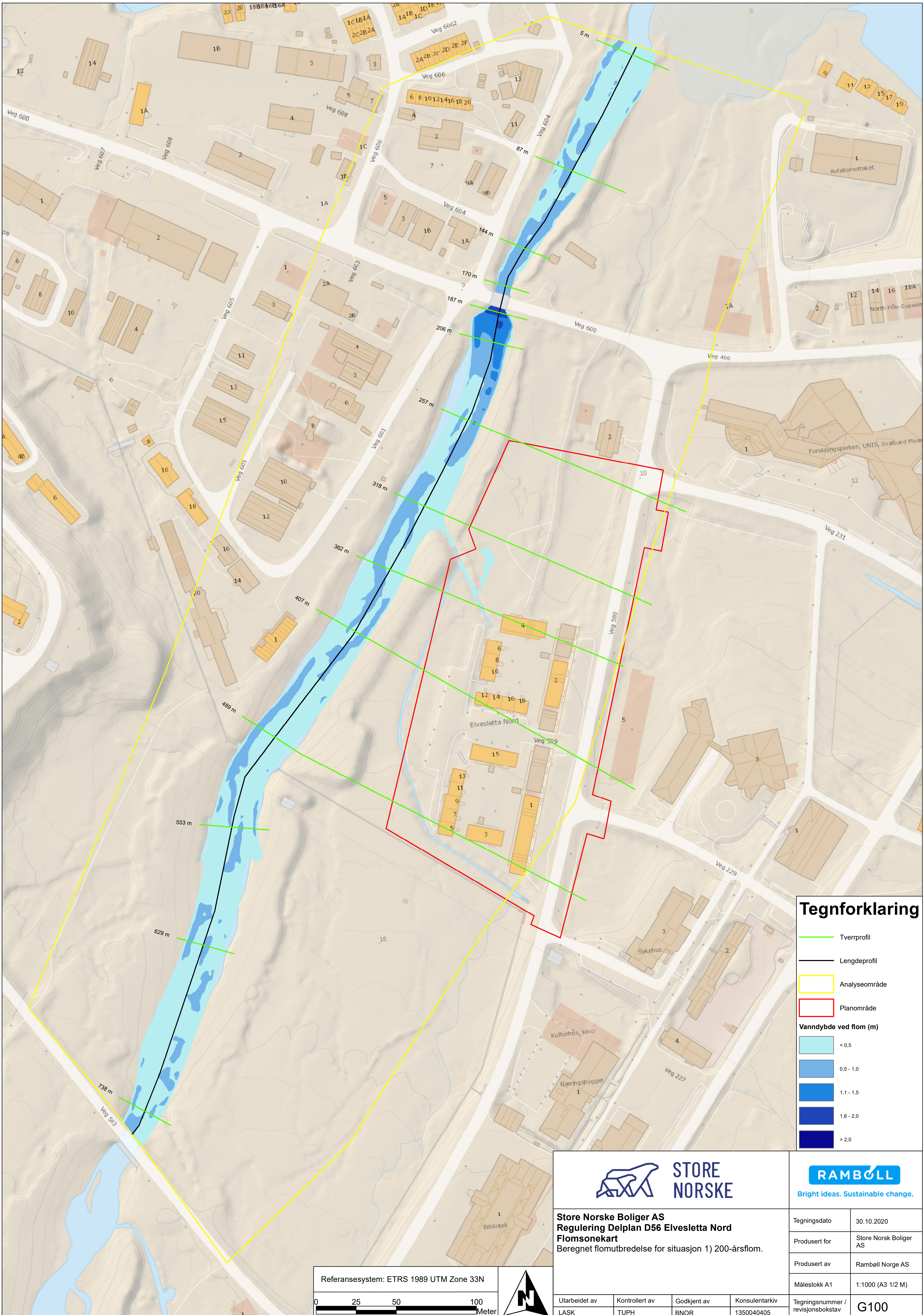
Water Surface Elevation on '489'



Water Surface Elevation on '553'







Tegnforklaring

- Tverrprofil
 - Lengdeprofil
 - Analyseområde
 - Planområde
- Vanndybde ved flom (m)**
- < 0,5
 - 0,5 - 1,0
 - 1,1 - 1,5
 - 1,6 - 2,0
 - > 2,0

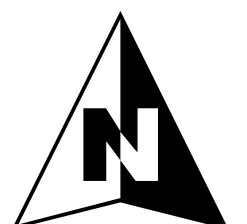
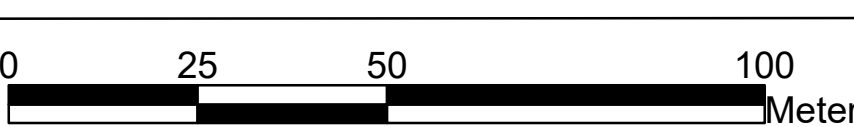


Store Norske Boliger AS
Regulering Delplan D56 Elvesletta Nord
Flomsonekart
 Beregnet flomutbredelse for situasjon 1) 200-årsflom.

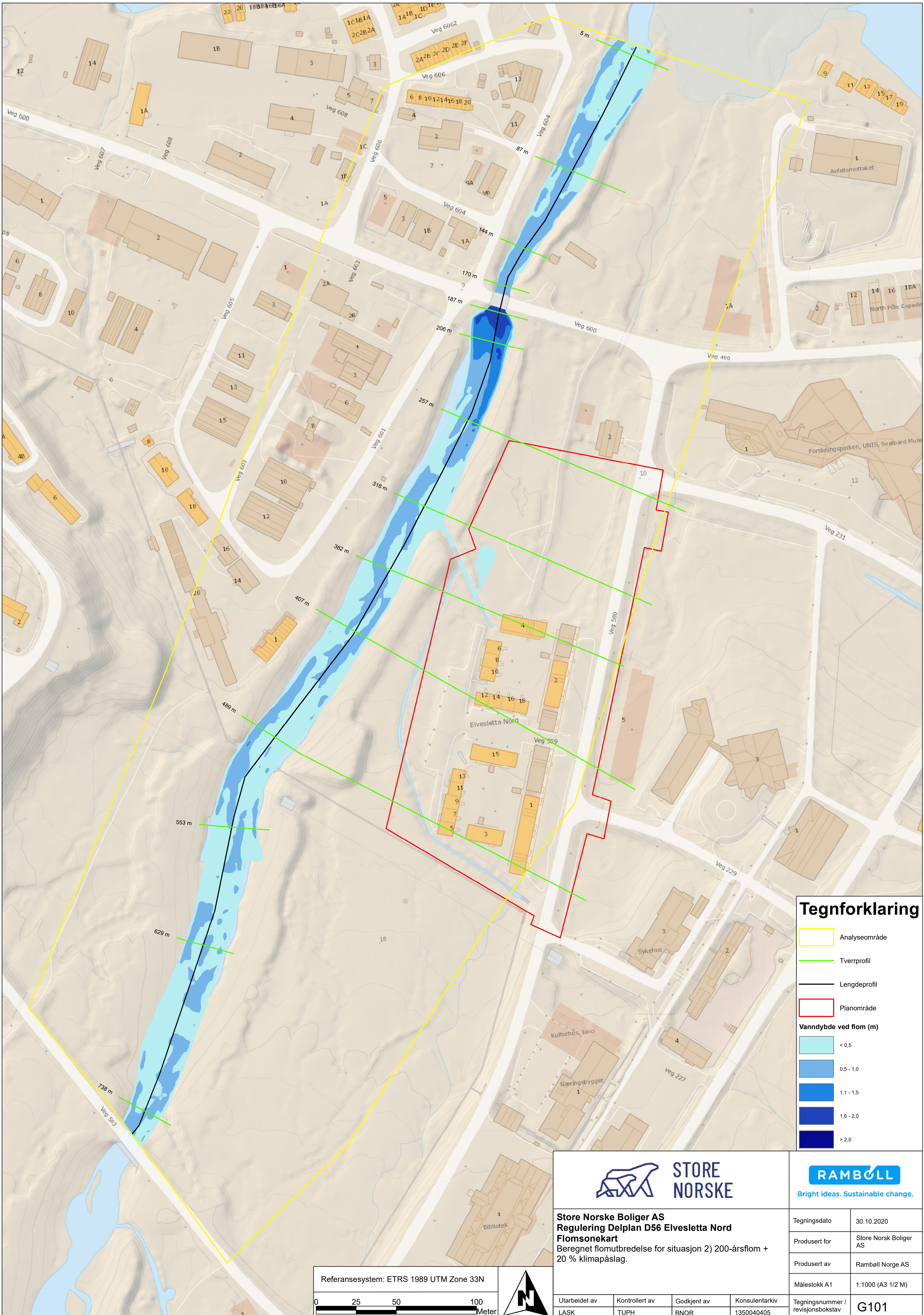


Tegningsdato	30.10.2020
Produsert for	Store Norsk Boliger AS
Produsert av	Rambøll Norge AS
Målestokk A1	1:1000 (A3 1/2 M)
Tegningsnummer / revisjonsbokstav	G100

Referansesystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N



Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
LASK	TUPH	BNOR	1350040405



Tegnforklaring

- Analyseområde
- Tverrprofil
- Lengdeprofil
- Planområde
- Vanndybde ved flom (m)**
- <math>< 0,5</math>
- 0,5 - 1,0
- 1,1 - 1,5
- 1,6 - 2,0
- > 2,0

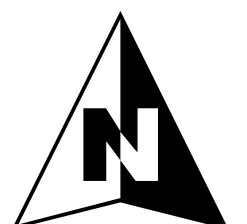
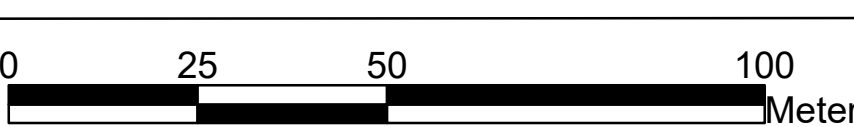


Store Norske Boliger AS
Regulering Delplan D56 Elvesletta Nord
Flomsonekart
 Beregnet flomutbredelse for situasjon 2) 200-årsflom + 20 % klimapåslag.

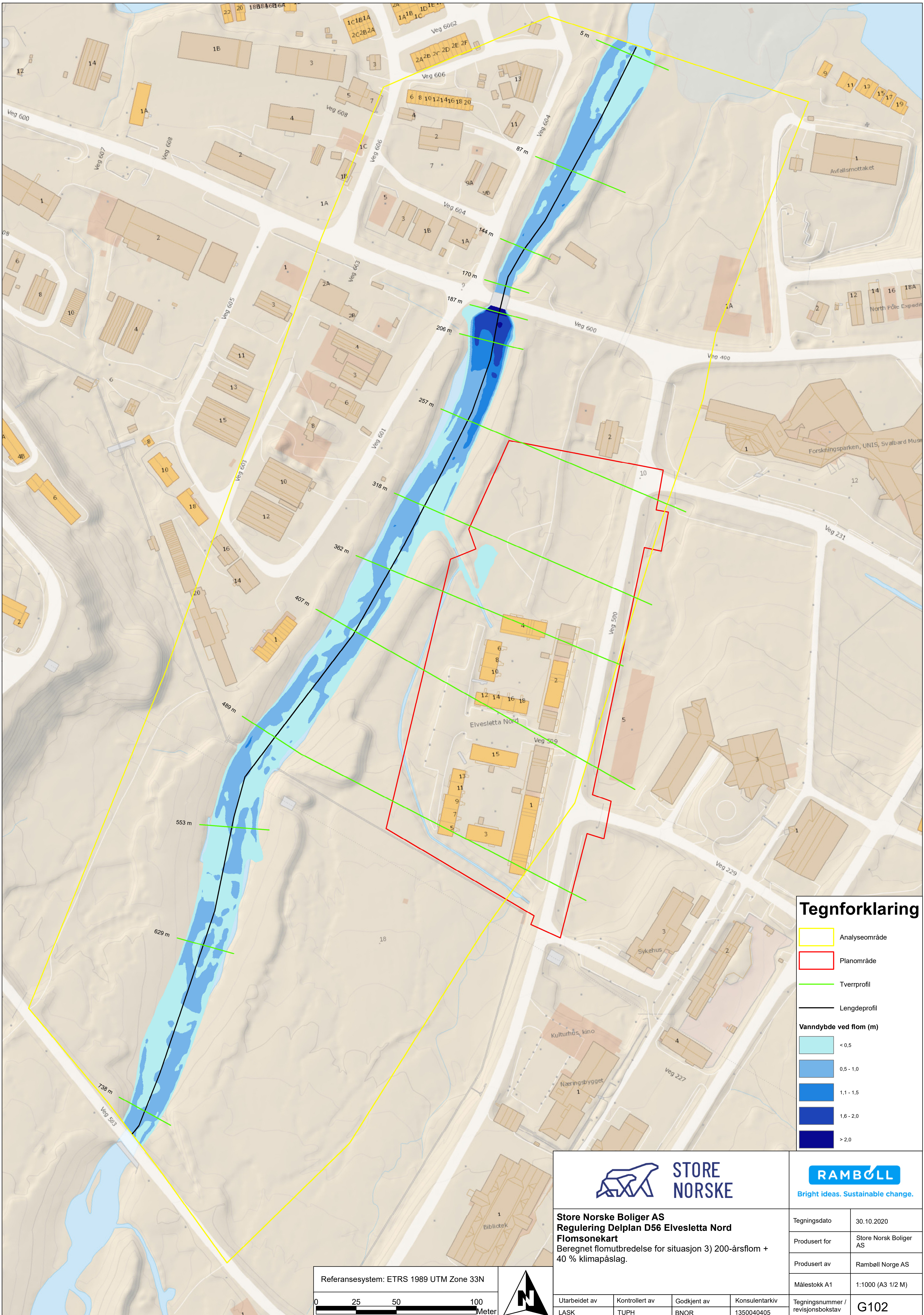


Tegningsdato	30.10.2020
Produsert for	Store Norsk Boliger AS
Produsert av	Rambøll Norge AS
Målestokk A1	1:1000 (A3 1/2 M)
Tegningsnummer / revisjonsbokstav	G101

Referansesystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N



Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
LASK	TUPH	BNOR	1350040405



Tegnforklaring

- Analyseområde
- Planområde
- Tverrprofil
- Lengdeprofil
- Vanndybde ved flom (m)**
- < 0,5
- 0,5 - 1,0
- 1,1 - 1,5
- 1,6 - 2,0
- > 2,0

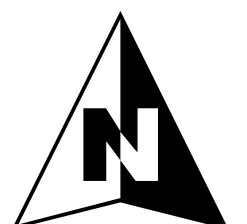
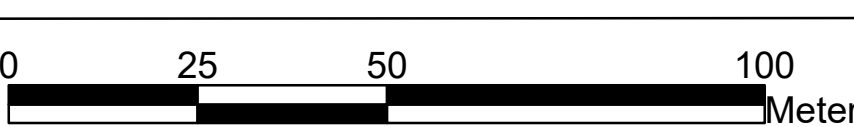


Store Norske Boliger AS
Regulering Delplan D56 Elvesletta Nord
Flomsonekart
 Beregnet flomutbredelse for situasjon 3) 200-årsflom + 40 % klimapåslag.



Tegningsdato	30.10.2020
Produsert for	Store Norsk Boliger AS
Produsert av	Rambøll Norge AS
Målestokk A1	1:1000 (A3 1/2 M)
Tegningsnummer / revisjonsbokstav	G102

Referansesystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N



Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv
LASK	TUPH	BNOR	1350040405