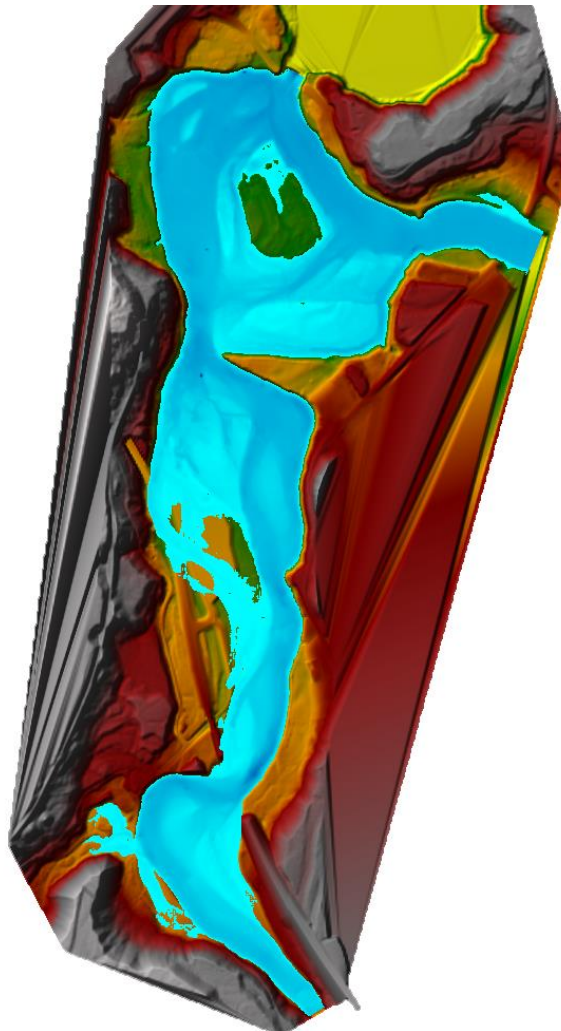


## NOTAT

KUNDE / PROSJEKT Statens vegvesen E6 Brattåsen-Lien, Byggeplan bruer	PROSJEKTLEDER Amund Geicke	DATO 22.05.2020
PROSJEKTNUMMER 10204911	OPPRETTET AV Slaven Conevski KONTROLLERT AV Capucine Thomas-Lepine	REV. DATO

**DISTRIBUSJON:** STATENSVEGVESEN  
TIL: Tor Karlsen, Borge Johnsen

### Oppdatert vannlinjeberegning og flomsonekart med 2D hydraulisk modellering for Svenningelva, E6 Brattåsen-Lien



## 1. INNHOLD

1. INNHOLD .....	2
2. Sammendrag .....	3
3. Innledning .....	3
4. Hydrologiske data .....	4
5. Hydraulisk beregning .....	5
5.1. Terreng .....	5
5.2. Ruhet .....	6
5.3. Grensebetingelser .....	6
6. Resultater og diskusjoner .....	7
6.1. Resultater .....	7
6.2. Strømningsmønster og erosjon .....	11
7. Usikkerhet .....	11
7.1. Usikkerhet fra hydrologiske data (flomstørrelse) .....	11
7.2. Usikkerhet fra hydrauliske beregninger .....	11
8. Referanser .....	12
9. Vedlegg: .....	12
Vedlegg 1 – Flomsonekart Q10 (uten klimapåslag), dagens terreng .....	13
Vedlegg 2 – Flomsonekart Q10 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), dagens terreng .....	14
Vedlegg 3 – Flomsonekart Q10 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), etter tiltak .....	15
Vedlegg 4 – Flomsonekart Q200 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), dagens terreng .....	16
Vedlegg 5 – Flomsonekart Q200 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), etter tiltak .....	17

## 2. Sammendrag

Sweco har utført oppdaterte vannlinjeberegninger for Svenningelva med 2D hydrauliske modell på oppdrag for Statens Vegvesen (SVV) for å besvare NVEs innsigelse til detaljregulering for E6 Svenningelva - Lien. Følgende er beregnet og presentert i dette notatet:

For å kartlegge dagens elveløp ved vanlige flommer:

1. 10-årsflom uten klimapåslag med dagens terreng

For å vurdere strømningsendringer som vegfylling vil forårsake i fremtiden ved dimensjonerende flom og ved mindre flom :

2. 10-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor med dagens terreng
3. 10-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor med planlagte vegfylling og fylling ved Vollen.
4. 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor med dagens terreng
5. 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhetsfaktor med planlagte vegfylling og fylling ved Vollen.

Resultatene er levert digitalt til SVV. Flomsonekartet er utarbeidet i koordinatsystem ETRS 1989 NTM 13 med høydesystem NN54.

Modellen dekker en 3-km lang strekningen fra oppstrøms planlagte Svenningelva bru til Trofors bru etter samløpet av Auster Vefsna og Svenningelva. Modellen er basert på oppmålte tverrprofiler fra Sweco, 2018 og flomverdier fra NVE, 2006. Det er ingen tilgjengelig data av flom- vannføring og vannstand for å kalibrere modellen.

Resultatene viser at de to naturlige trangtverrsnittene før og etter samløpet er bestemmende for strømningsmønster i strekningen.

Resultatene viser at ved 10-årsflom uten klimapåslag og dagens terreng er allerede området hvor Vollen fylling er planlagt delvis oversvømt med 0,5 til 1,0 m.

Resultatene viser at planlagte fylling ved Vollen endrer ikke betydelig vannstand med en vannstandsending på 10 cm ved fremtidig 200-årsflom. Dette er fordi fyllingene ligger ikke i konflikt med dypløpet hvor vanndybde er 8 m og vannhastighet 4 m/s. Fyllingene ligger på flomslette hvor strømming bidrar ikke aktivt til avledning av flomvannføring, med lav vanndybde og vannhastighet. Det er derfor konkludert at fylling ved Vollen vil ikke medføre økte erosjonskrefter på den motsatte elvebredden.

Resultatene viser at vannstand ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhet ligger på 62,6 moh. på nordsiden og på 63,6 moh. på sørsiden (akse 1).

## 3. Innledning

Sweco har fått forespørsel om oppdatering av flomsonekart for Svenningelva bru på strekningen E6 Brattåsen-Lien. Tidligere flomsonekart ble første utarbeidet av NVE (2013). Videre utførte Sweco oppdatering i vannlinjeberegninger i 1D HEC RAS modell i 2018 og 2019. Beregningene i den siste rapport av Sweco (2019), visste at vannstanden ved Svenningelva bru er mellom 62,8 og 62,2 moh.

Det er nå behov for 2D modellering for å forstå bedre strømningsmønster og vurdere om fylling vil medføre økt erosjonsrisiko. Flomverdi er også oppdatert med 10 % sikkerhetsfaktor anbefalt i SVV håndboka N200 (2018). Det er i tillegg utført en beregning av 10-årsflom uten påslag for å besvare NVEs innsigelse og identifisere dagens «funksjonell kantsone» som defineres av flomvannstand ved 10-årsflom pluss en buffer på 20 m. I denne sonen vil NVE ha byggeforbud, dvs også den planlagte fyllingen skal ligge utenfor denne sonen.

#### 4. Hydrologiske data

Flomverdier i modellen er vist i Tabell 1 og er hentet fra NVE flomberegning fra 2006, som er vist i Tabell 2. Valgte klimapåslag og sikkerhetsfaktor er basert på N200.

Følgende er modellert:

- 10-årsflom uten klima- eller sikkerhetspåslag i Svenningelva og samtidig middelflom i Austervefsna.
- 10-årsflom med 40% klima- og 10 % sikkerhetspåslag i Svenningelva og samtidig middelflom med 40% klima- og 10 % sikkerhetspåslag i Austervefsna.
- 200-årsflom med 40% klima- og 10 % sikkerhetspåslag i Svenningelva og samtidig middelflom med 40% klima- og 10 % sikkerhetspåslag i Austervefsna.

Tabell 1 Flomverdi brukt i HECRAS 2D modell, fra NVE 2006.

Scenario	Q200 med klima 40% og sikkerhetsfaktor 1,1 i Svenningelva	Q10 uten klima i Svenningelva	Q10 med klima 40% og sikkerhetsfaktor 1,1 i Svenningelva
	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Svenningelva	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_{200} = 1982$	$Q_{10} = 743$	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_{10} = 1144$
Austervefsna	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_m = 1118$	$Q_m = 726$	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_m = 1118$
Sum	Sum = 3100	Sum = 1469	Sum = 2262
Sammenligning med Vefsna	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_{200} = 2587$	$Q_{10} = 1171$	$1,1 \cdot 1,4 \cdot Q_{10} = 1803$

Tabell 2 Kulminasjonsvannføring fra NVE rapport, flomsonekart 11-2006 :

Sted	Middel flom (m <sup>3</sup> /s)	10-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	20-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	50-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	100-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	200-årsflom (m <sup>3</sup> /s)	500-årsflom (m <sup>3</sup> /s)
Vefsna ovf. Svenningdalselva	726	951	1053	1176	1271	1365	1496
Vefsna ndf. Svenningdalselva	894	1171	1296	1448	1564	1680	1841
Svenningdalselva	473	743	866	1031	1159	1287	1467



## 5. Hydraulisk beregning

Det er utført vannlinjeberegning i HEC-RAS 2D 5.0.7. (USACE, 2016) for Svenningelva. HEC-RAS kan løse ligninger for 2D ikke-stasjonær strømning. I den todimensjonale beregningsmodellen kan strømmingen skje i horisontalplanet. Strømning i vertikalplanet er ikke inkludert. Beregningsmodellen bruker 2D Saint Venant-ligningene. Disse ligningene kommer fra vertikal integrasjon av Navier-Stokes-ligningene, og kan derfor ikke beregne vertikal akselerasjon og vertikal hastighet og følgelig ikke sekundærstrømmer. Beregningsmetodikken er godt egnet til elvestreknings geometri.

2D-beregning i HEC-RAS ble benyttet med «full momentum», som er komplette Saint Venant-ligninger. Beregningsmodellen baserer seg på et grid, hovedsakelig bygd opp av firkantede elementer. Beregningsalgoritmen er implisitt eller semiimplisitt og basert på endelig volummetode. Beregningen kan håndtere både over-og underkritisk strømning over tørt og vått landskap.

Det finnes ingen innmålinger av vannføring og vannstand. Derfor er modellen ikke kalibrert.

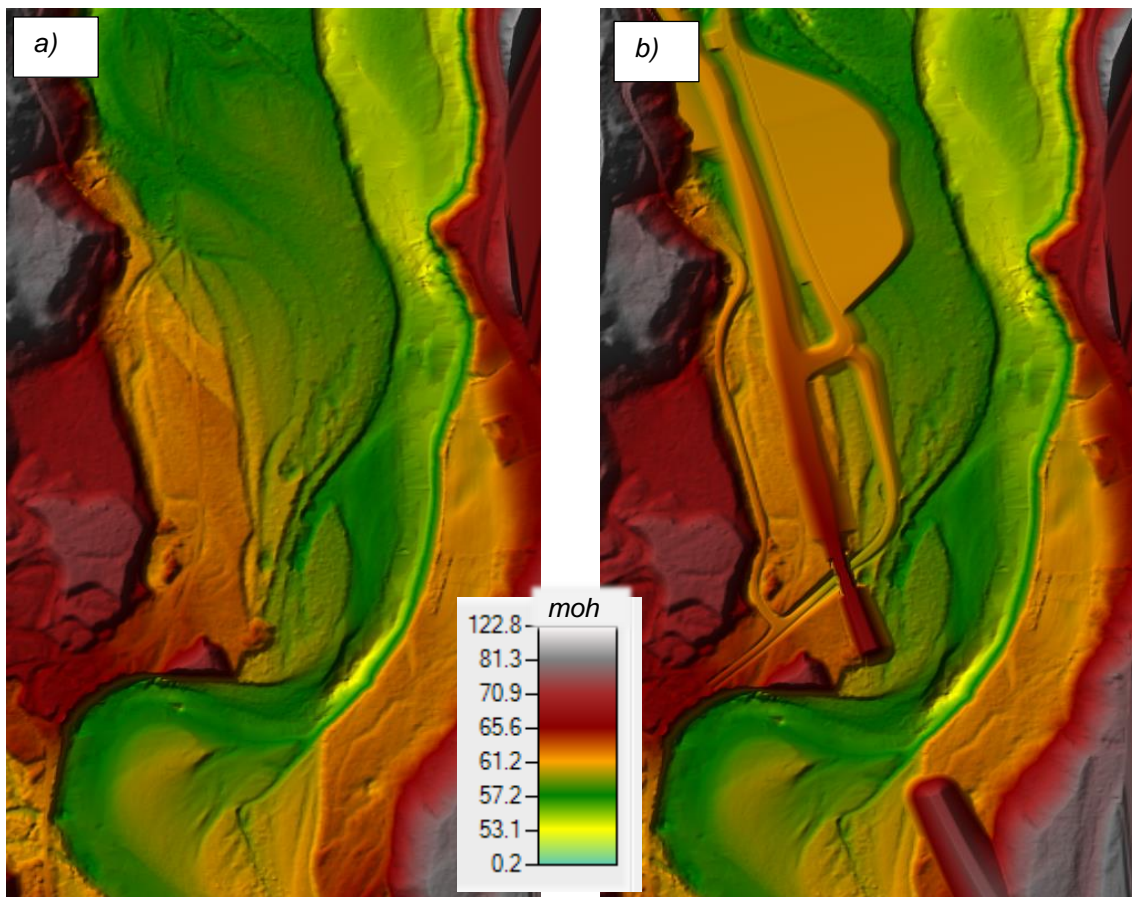
Flomsone 2D område strekker seg fra oppstrøms planlagt kryssing av Svenningelva og til Trofors sentrum.

### 5.1. Terreng

To terrengmodeller settes opp:

- Terreng med **dagens** situasjon (Fig 1a) som bygges opp av laserdata (Terratec, 2010), oppmåling av elvebunn i Svenningelv utført av Sweco og tverprofilene fra 1D modellen utført av NVE (2006). Oppmalt data og tverprofilene i Auster-Vefsna fra NVE (2006) legges opp sammen med laser data og et terreng modell som inneholder elveleiet data data ble laget i ArcGIS.
- Terreng med **vegfylling**(Fig 1b), som er dagens situasjons terreng beskrevet ovenfor med i tillegg geometrien til landkar og bru og vegfylling hentet fra dwg tegninger. Det er ikke tatt hensyn til eventuelle brupilarer ved Svenningelv i terreng modellen.

Høydene fra laserdata er redusert med 0,13 m basert på fastmerker i området, for transformasjon av høydegrunnet fra NN2000 til NN54. Grunnet for geometrien i vannlinjeberegningen anses som god.



Figur 1. Terreng brukt i 2D hydrauliske modell. a) Dagens situasjon ; b) Etter tiltak (fyllinger)

## 5.2. Ruhet

Det er benyttet Manningskoeffisient (n-verdier) for ruheten i modellen. AR50 arealtyper kart brukes i ArcGIS og Manningskoeffisient ble lagt inn, basert på erfaringsverdier fra litteratur (Fergus, et al., 2010). Manningskoeffisienten er satt til 0,04 på elveleiet, 0,1-0.15 i skog/trær og bebygde områder og 0,025 - 0.035 0 i jordbruk/åpne områder. Manningsverdiene er likt det som var brukt i tidligere modell av NVE (2013), også benyttet i Sweco (2016) og Sweco (2018), men litt lavere enn det som var brukt i Sweco (2019).

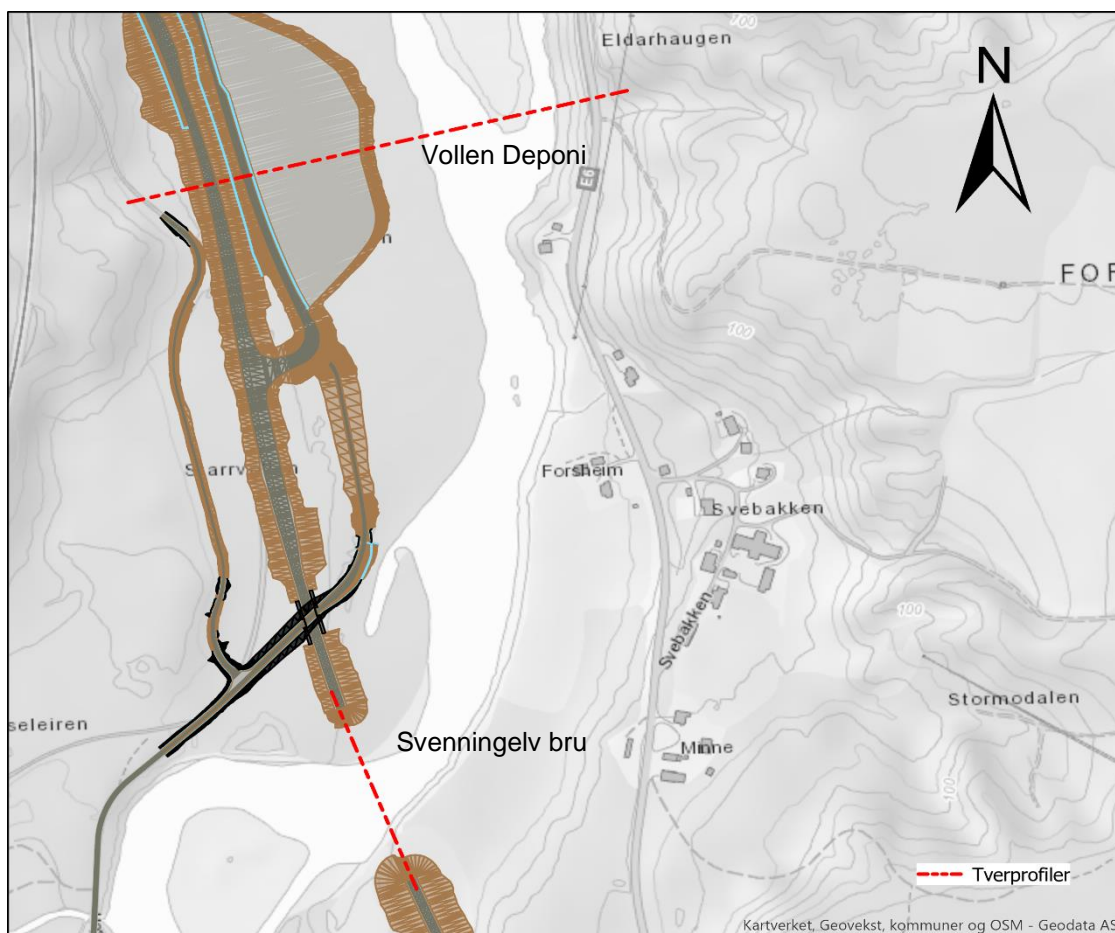
## 5.3. Grensebetingelser

Flomverdi fra Tabell 1 er satt inn som øvre grensebetingelse i modellen for Svenningelva og Austervefsna. Nedre grensebetingelse er satt til 0.01 «normal depth» ved Trofors bru som var hentet fra 1D modell beregning av NVE (2013) og Sweco (2019).

## 6. Resultater og diskusjoner

### 6.1. Resultater

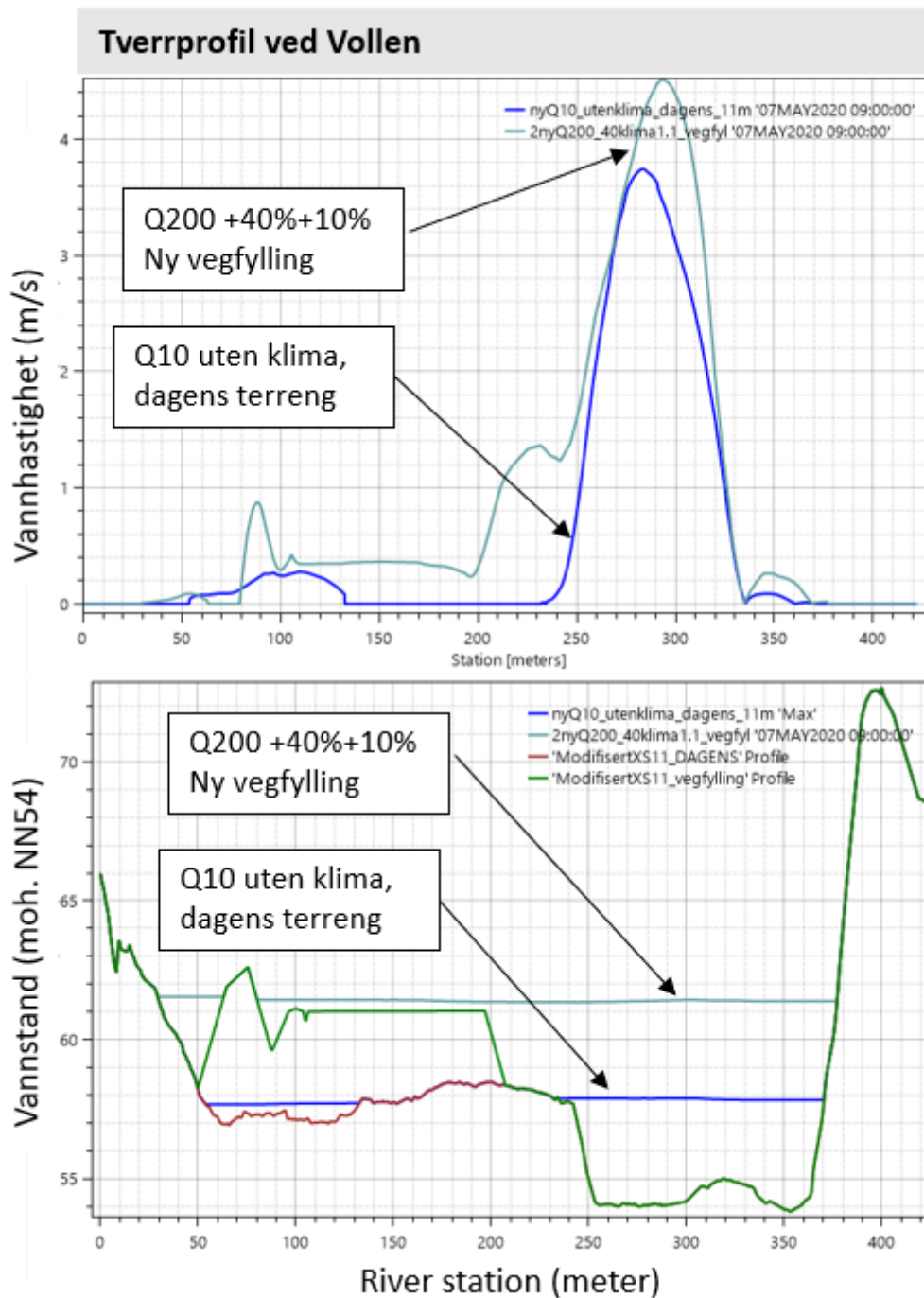
Flomsonekarter (vannstand, vannhastighet) presenteres i Vedlegger 1-5. Tabell 3 viser vannstand og vannhastighet verdier på tverrprofiler ved Svenningelva bru og ved Vollen fylling. Plassering av de to tverrprofilene er vist i Figur 2. Det er i tillegg vist vannstand og vannhastighet i de 2 tverrprofiler i Figur 3 og Figur 4.



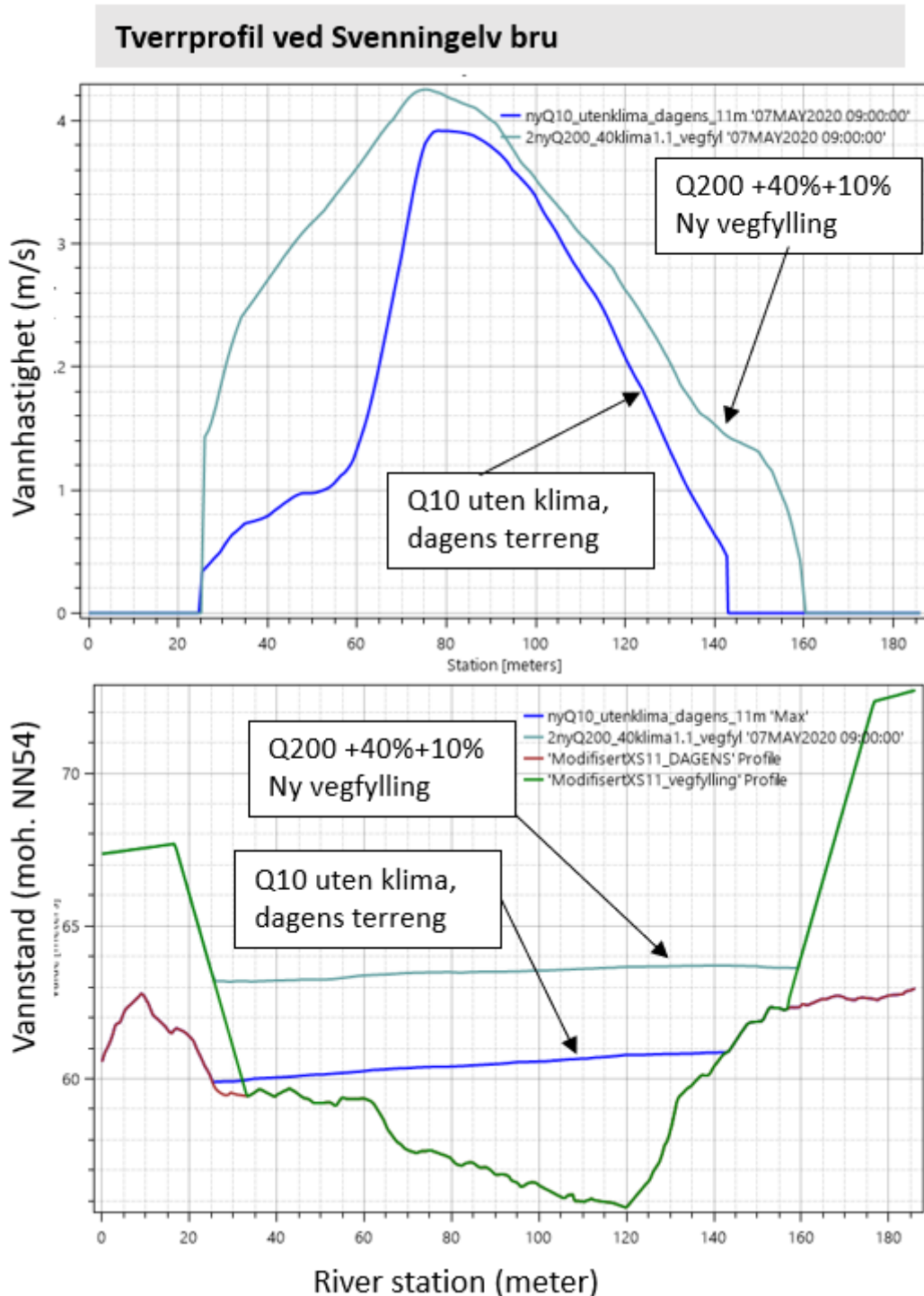
Figur 2. Tverrprofiler for resultat ved planlagte bru og deponi

Tabell 3. Vannstand (NN54), vannhastighet og vanndybde ved Svenningelv bru og Vollen fylling, se Figur 2

	Terrenget	Vannstand (moh.)		Vanndybde (m)		Vannhastighet (m/s)	
		Svenningelv bru	Deponi område	Svenningelv bru (midt)	Deponi område (utenfor dypløpet)	Svenningelv bru (midt)	Deponi område (utenfor dypløpet)
Q 10 uten klimapåslag	<b>dagens</b>	60.5	57.9	4	0,5	3.4	0,3
Q10 med 40% klima og 10% sikkerhetsfaktor	<b>dagens</b>	61.6	59.5	5.8	1.6	3.5	0.5
	<b>tiltak</b>	61.8	59.5	5.9	0	3.6	0
Q200 med 40% klima og 10% sikkerhetsfaktor	<b>dagens</b>	63.3	61.5	7.7	4.5	4.2	0.9
	<b>tiltak</b>	63.5	61.7	7.8	0.4	4.3	0.4



Figur 3 Vannstand og vannhastighet ved Vollen tverrprofil for Q10 uten klima med dagens terreng, og for Q200+40%+10% med ny veg geometri



Figur 4 Vannstand og vannhastighet ved Svenningelv bru tverrprofil for Q10 uten klima med dagens terreng, og for Q200+40%+10% med ny veg geometri



## 6.2. Strømningsmønster og erosjon

Resultatene viser at de to naturlige trangtverrsnittene før og etter samløpet er bestemmende for strømningsmønster i strekningen.

Resultatene viser at ved 10-årsflom uten klimapåslag og dagens terreng er allerede området hvor Vollen fylling er planlagt delvis oversvømt med 0,5 til 1,0 m.

Resultatene viser at planlagte fylling ved Vollen endrer ikke betydelig vannstand med en vannstandsændring på 10 cm ved fremtidig 200-årsflom. Dette er fordi fyllingene ligger ikke i konflikt med dypløpet hvor vann dybde er 8 m og vannhastighet 4 m/s. Fyllingene ligger på flomslette hvor strømming bidrar ikke aktivt til avledning av flomvannføring, med lav vann dybde og vannhastighet. Det er derfor konkludert at fylling ved Vollen vil ikke medføre økte erosjonskrefter på den motsatte elvebredden.

Resultatene viser at vannstand ved 200-årsflom med 40 % klimapåslag og 10 % sikkerhet ligger på 62,6 moh. på nordsiden og på 63,6 moh. på sørsiden (akse 1).

## 7. Usikkerhet

### 7.1. Usikkerhet fra hydrologiske data (flomstørrelse)

Flomverdi er hentet fra NVE rapport fra 2006. Det spørres om flomverdi må beregnes på nytt da de er 14 år gammel. Det er usikkerhet i fordeling av vannføring mellom Svenningelva og Auster Vefsna.

### 7.2. Usikkerhet fra hydrauliske beregninger

Det vil alltid være forskjellige usikkerhet knytt til flomsonekartlegging. Laser data viser ikke data av elvebunn. Derfor kommer det første usikkerhet fra begrenset batymetri data. Dette er mest tydelig på det nedstrøms området (Auster-Vefsna og Trofors bru). Mer detaljert oppmålinger kan bidra til mer realistisk vannlinjeberegning. Oppmåling av tverrprofiler i Svenningelva (Sweco, 2018) bidrar til bedre batymetri data. Det er viktig å huske at selv med god batymetri data er det forventet at terrenget forandre seg under flom på grunn av erosjon/deposisjon av sedimenter.

Den andre usikkerheten ved vannlinjeberegning er verdien for ruhet (Manningskoeffisient  $n$ ). Modellen er ikke kalibrert mot observerte flommer, men det er valgt relativt høye Manningsverdier for 2D modell som er vurdert realistisk, og på konservativ siden.

## 8. Referanser

- Fergus, T., Aune, K. H. & Sæterbø, E., 2010. *Vassdragshåndboka (Håndbok i vassdragsteknikk)*. s.l.:Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).
- Jenssen, L. & Tesaker, E., 2009. *Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein*, s.l.: Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).
- Lawrence, D., 2016. *Klimaendring og framtidige flommer i Norge (rapport 81:2016)*, s.l.: NVE.
- NVE, 2004. *Flomberegning for Vefsna (151.Z) og Skjerva (151.3Z) - (rapport 4:2004)*, s.l.: NVE.
- NVE, 2013. *Flomberegninger og hydrauliske beregninger for nye bruer ved Trofors i Nordland, (NVE-rapport 4:2013)*, s.l.: NVE.
- NVE, 2016. *Flomsonekart Delprosjekt Trofors-Grane (rapport 11:2016)*., s.l.: NVE.
- Sweco, 2016. *E6 Brattåsen – Lien, Byggeplan bruer: Erosjonssikring Rapport nr. 833320-01*, s.l.: s.n.
- Sweco, 2018. *N07 – Oppdaterte flomberegninger og erosjonsberegninger (klimapåslag 40%) for Svenningelv bru og Valryggen bru. (Prosjektnr. 10204911)*, s.l.: s.n.
- Sweco, 2019. *Befaringsnotat, Isproblematikk i Svenningelv*, s.l.: s.n.
- Sweco, 2019. *Oppdatert vannlinjeberegning og utvidet flomsonekart for Svenningelv, E6 Brattåsen-Lien*, s.l.: s.n.
- Terratec, A., 2010. *Trofors 2010, Laserskanning Nordland. (Prosjektnr. LACHNO02)*, s.l.: s.n.
- USACE, U. A. C. o. E., 2016. *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual (Version 5.0. )*, s.l.: s.n.

## 9. Vedlegg:

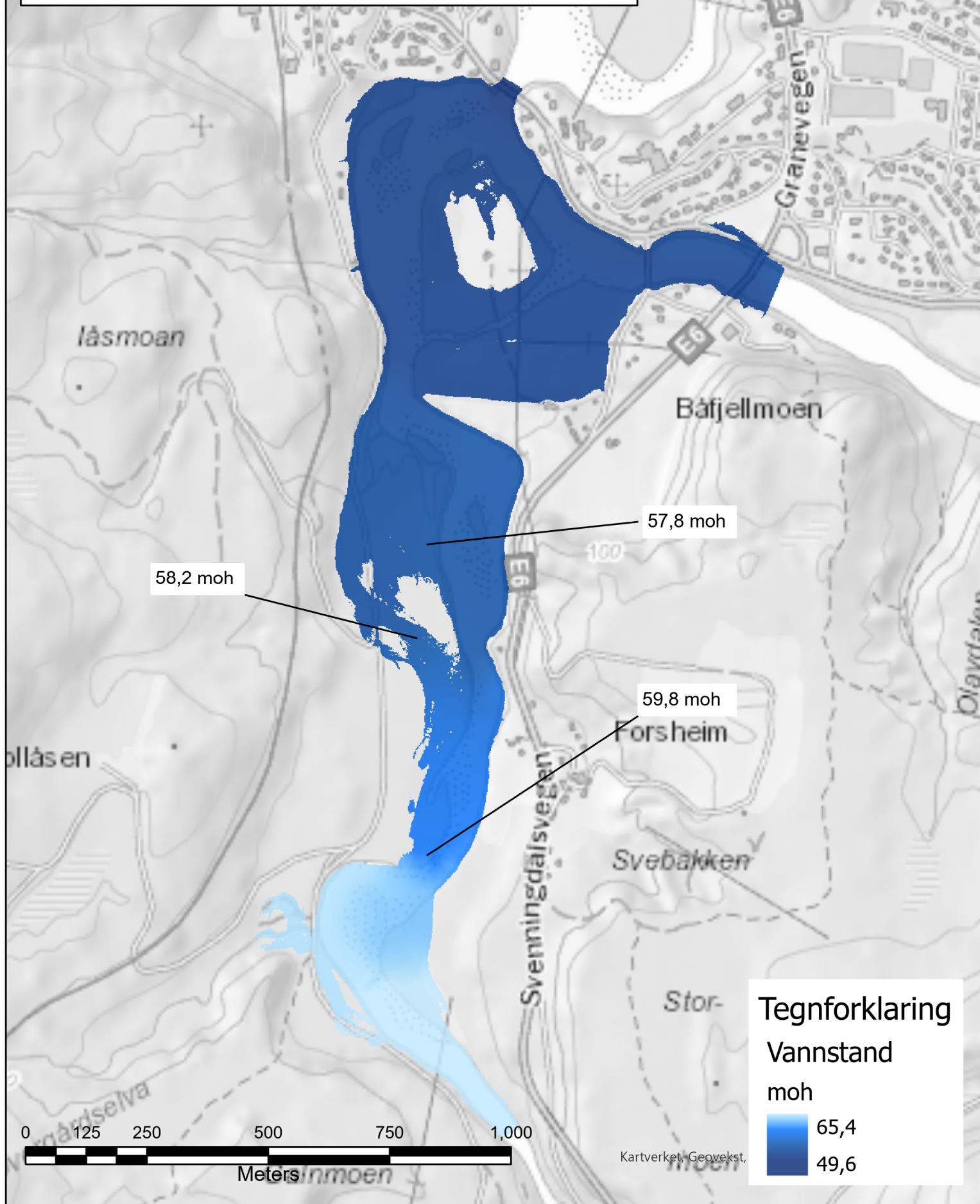


## Vedlegg 1 – Flomsonekart Q10 (uten klimapåslag), dagens terreng

# Flomsone Svenningselv - Q10

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



**Tegnforklaring**  
Vannstand  
moh

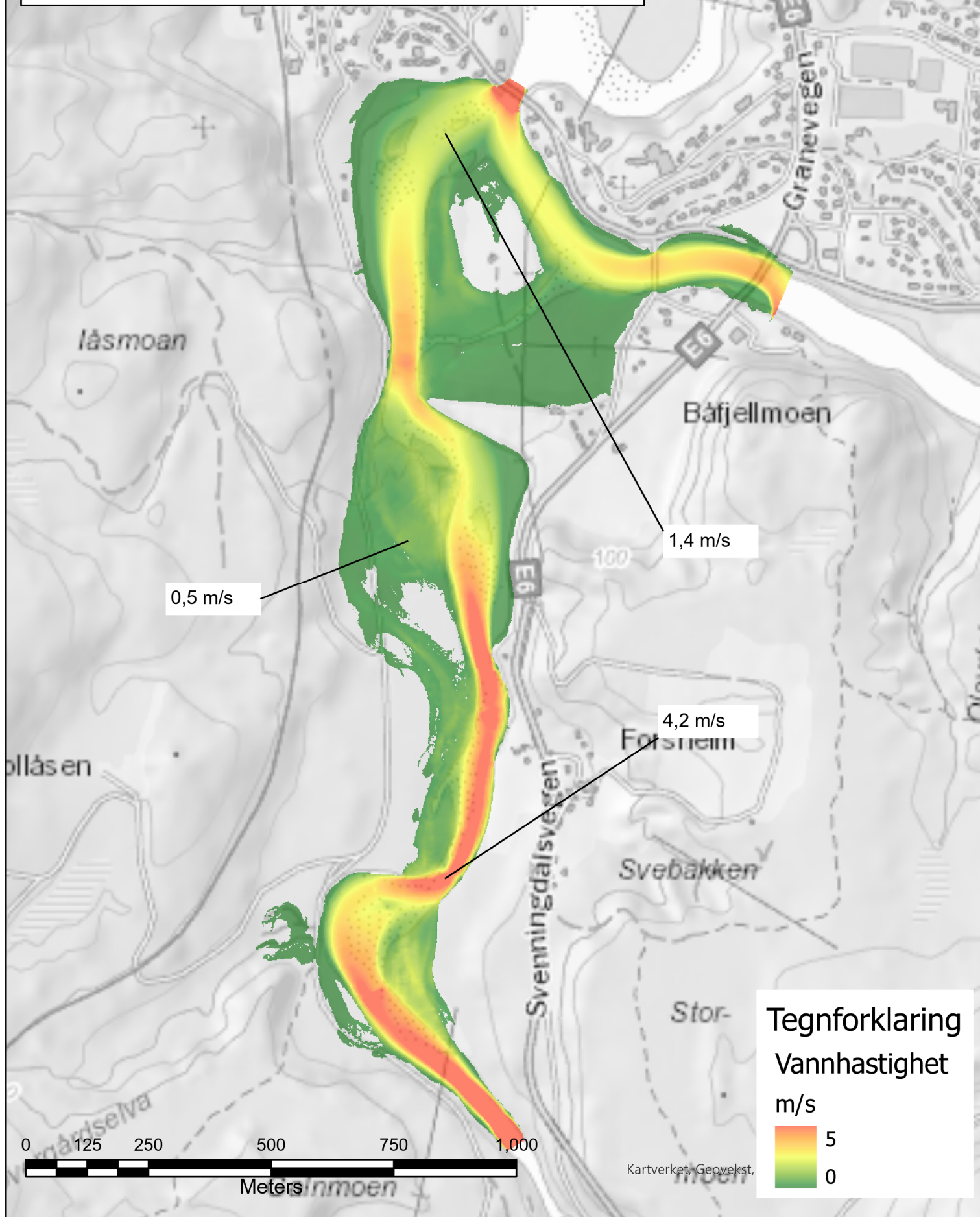
	65,4
	49,6

Kartverket, Geovekst.

# Flomsone Svenningselv - Q10

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



**Tegnforklaring**  
Vannhastighet  
m/s

	5
	0

Kartverket, Geovekst.

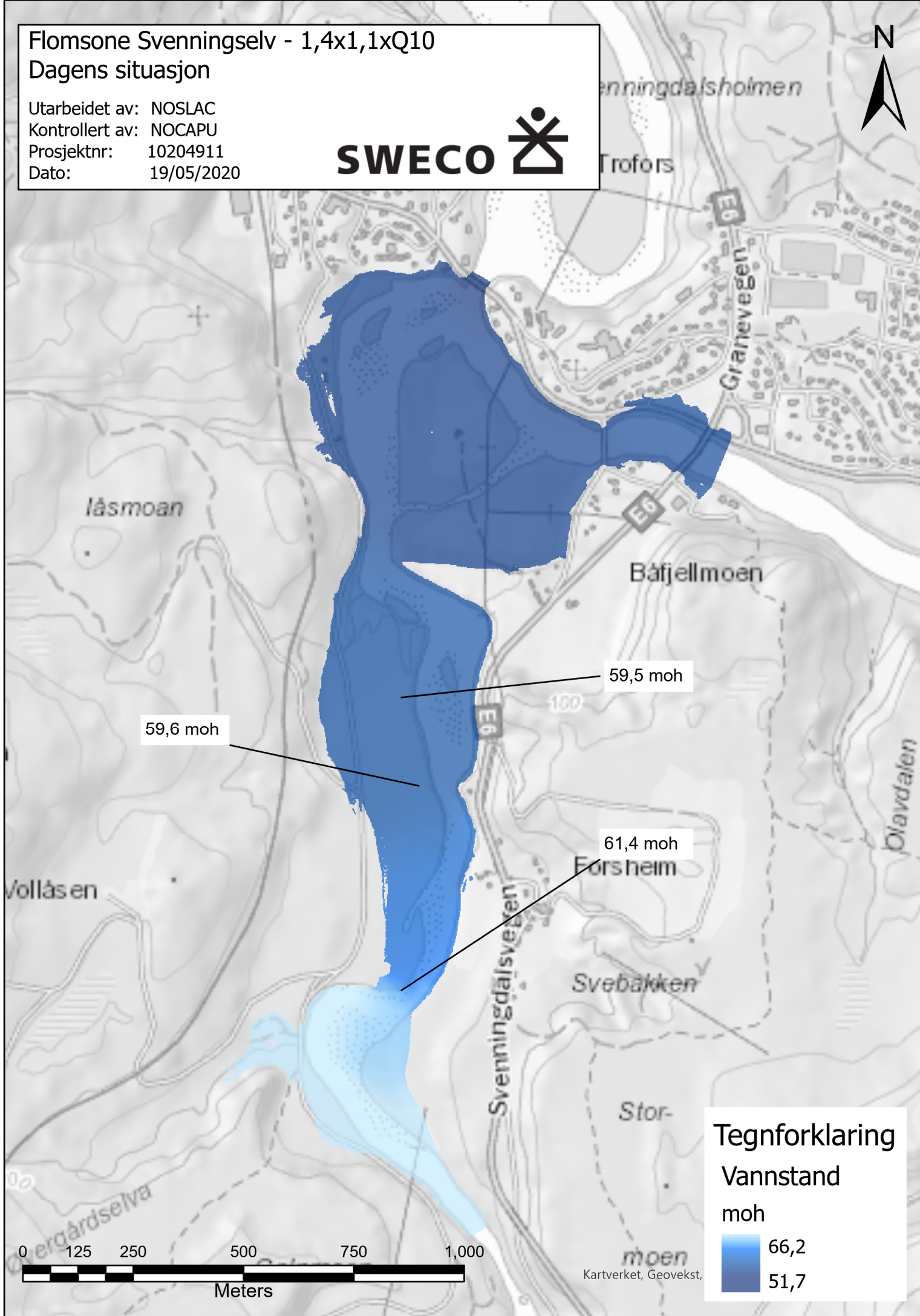
**Vedlegg 2 – Flomsonekart Q10 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor),  
dagens terreng**



# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ10

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



59,6 moh

59,5 moh

61,4 moh

### Tegnforklaring

#### Vannstand

moh

66,2

51,7

0 125 250 500 750 1,000

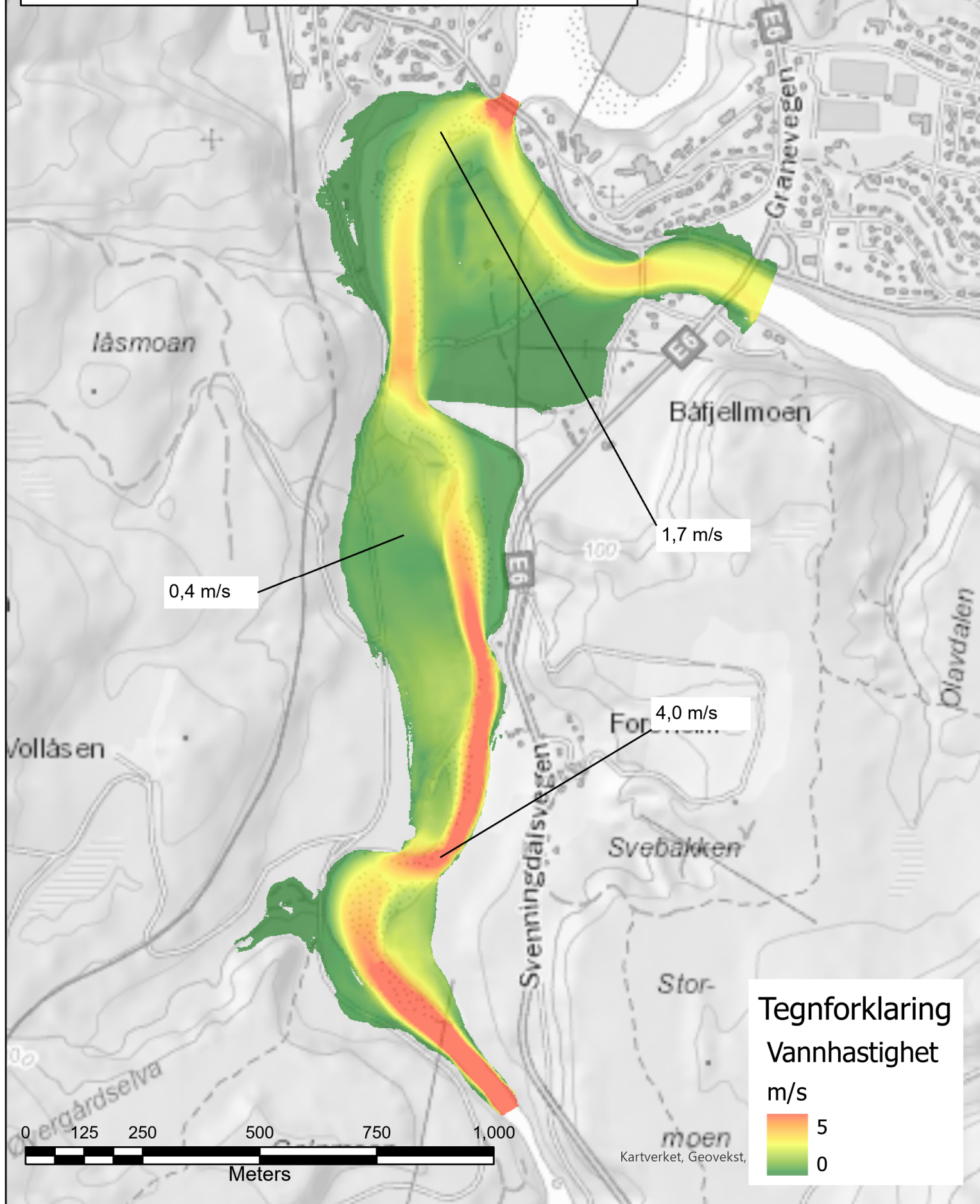
Meters

Kartverket, Geovekst

# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ10

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



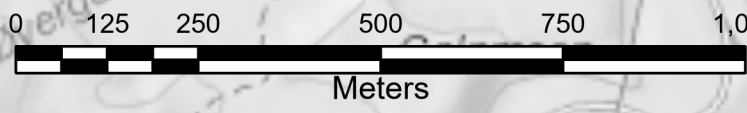
0,4 m/s

1,7 m/s

4,0 m/s

**Tegnforklaring**  
**Vannhastighet**  
**m/s**

	5
	0



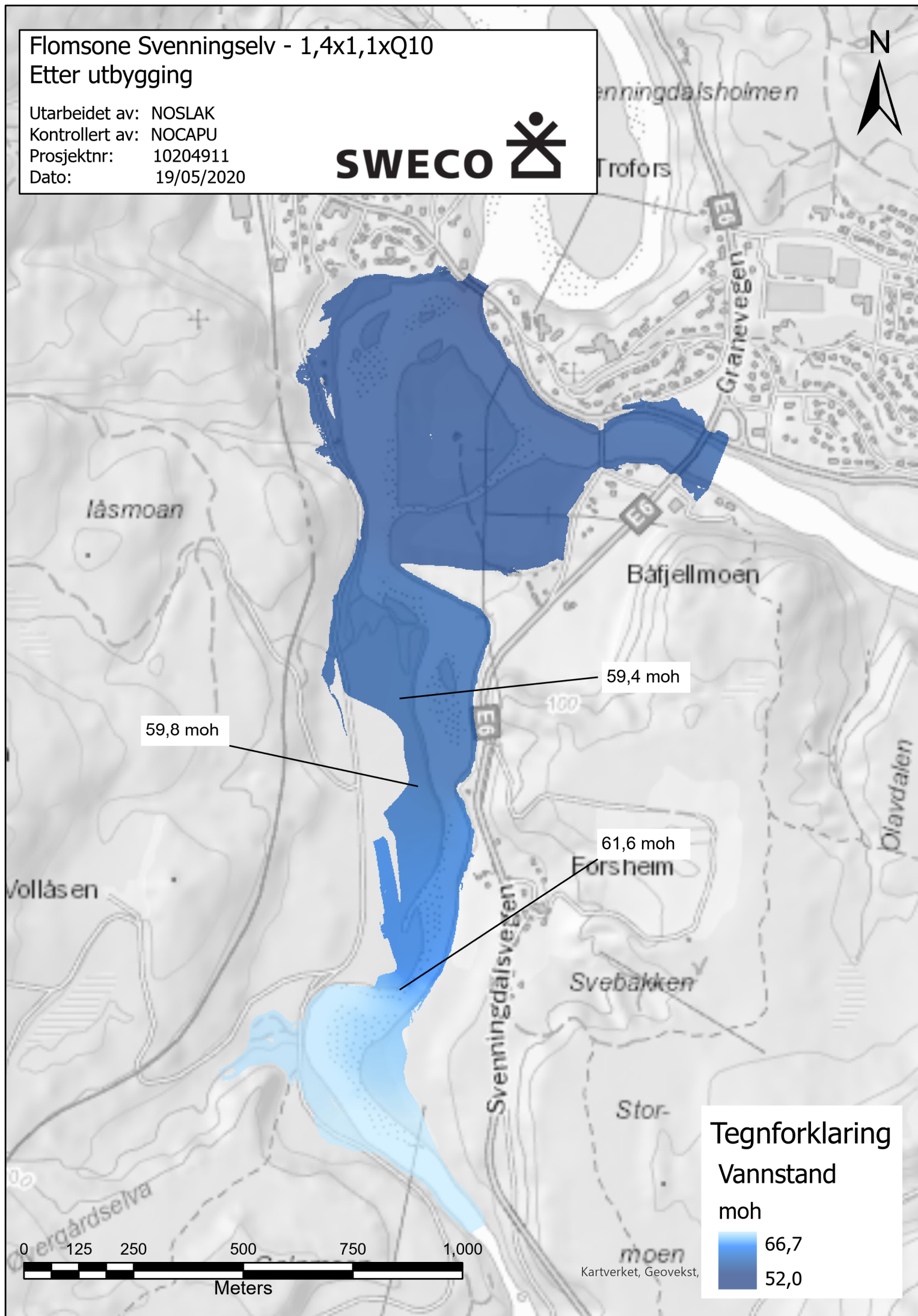
Kartverket, Geovekst,

**Vedlegg 3 – Flomsonekart Q10 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor),  
etter tiltak**



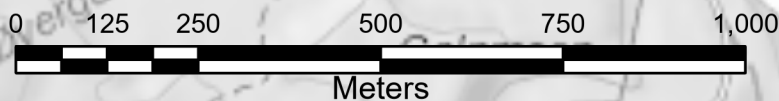
# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ10 Etter utbygging

Utarbeidet av: NOSLAK  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



**Tegnforklaring**  
**Vannstand**  
moh

	66,7
	52,0

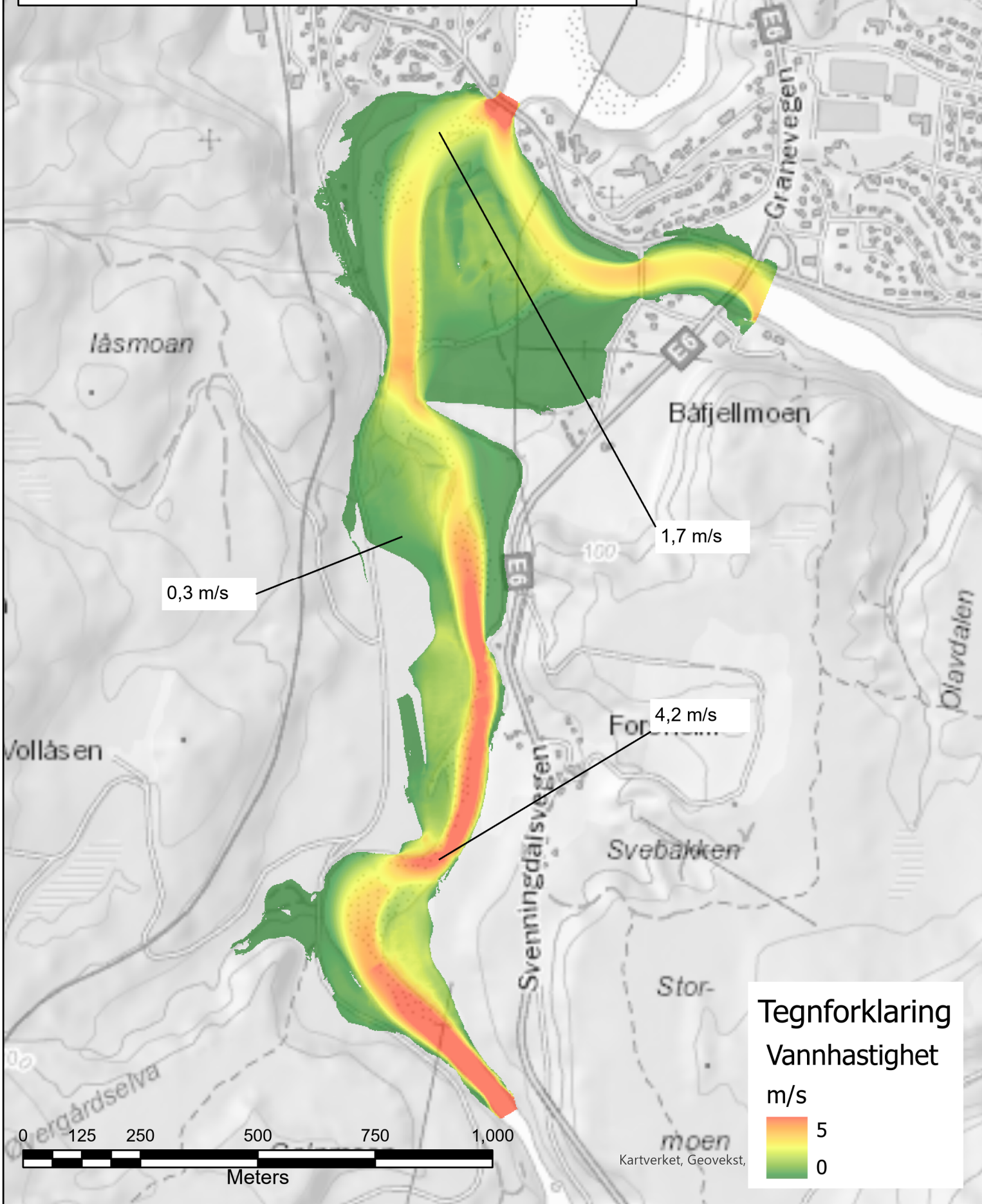


Kartverket, Geovekst,



# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ10 Etter utbygging

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020

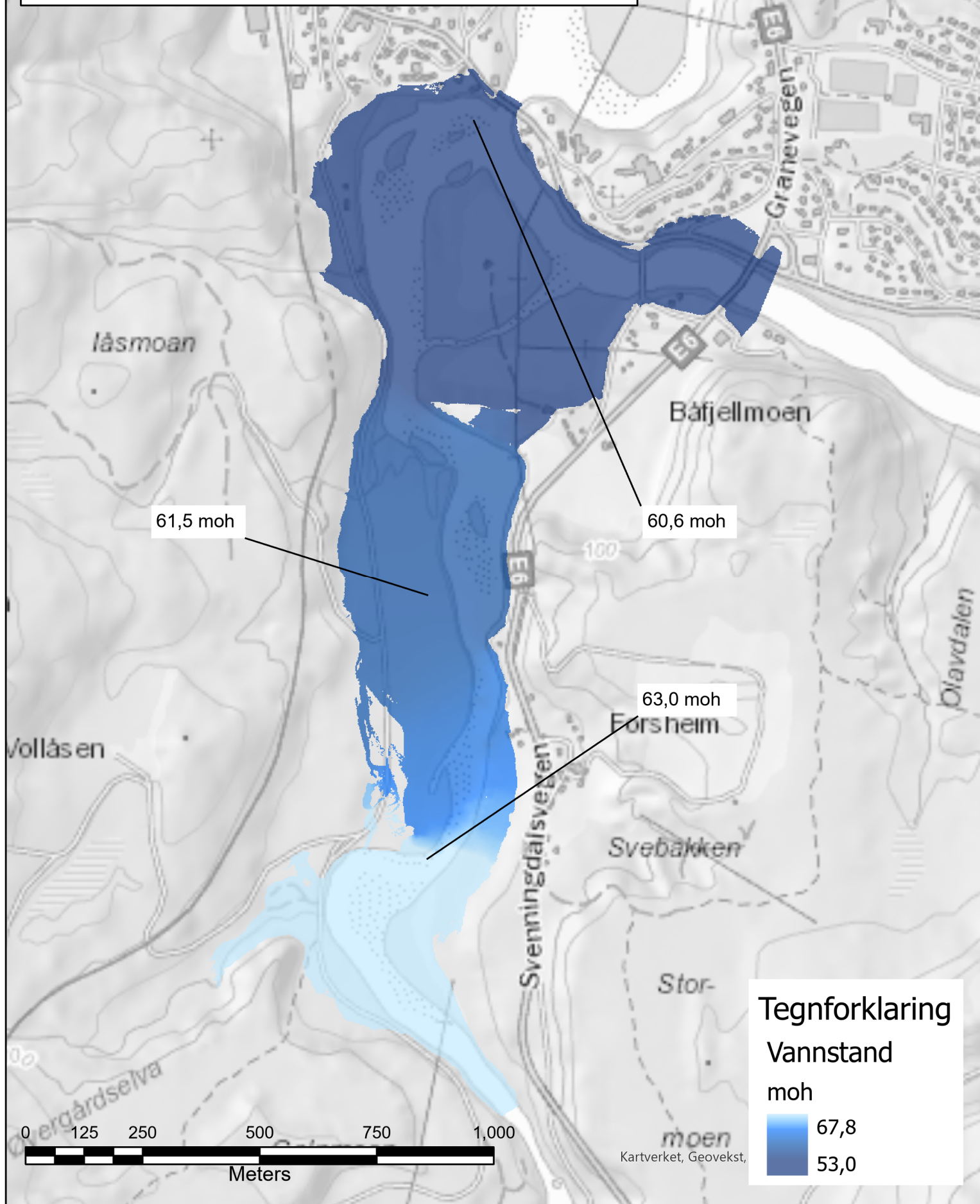


**Vedlegg 4 – Flomsonekart Q200 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), dagens terreng**

# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ200

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



61,5 moh

60,6 moh

63,0 moh

### Tegnforklaring

Vannstand

moh



0 125 250 500 750 1,000

Meters

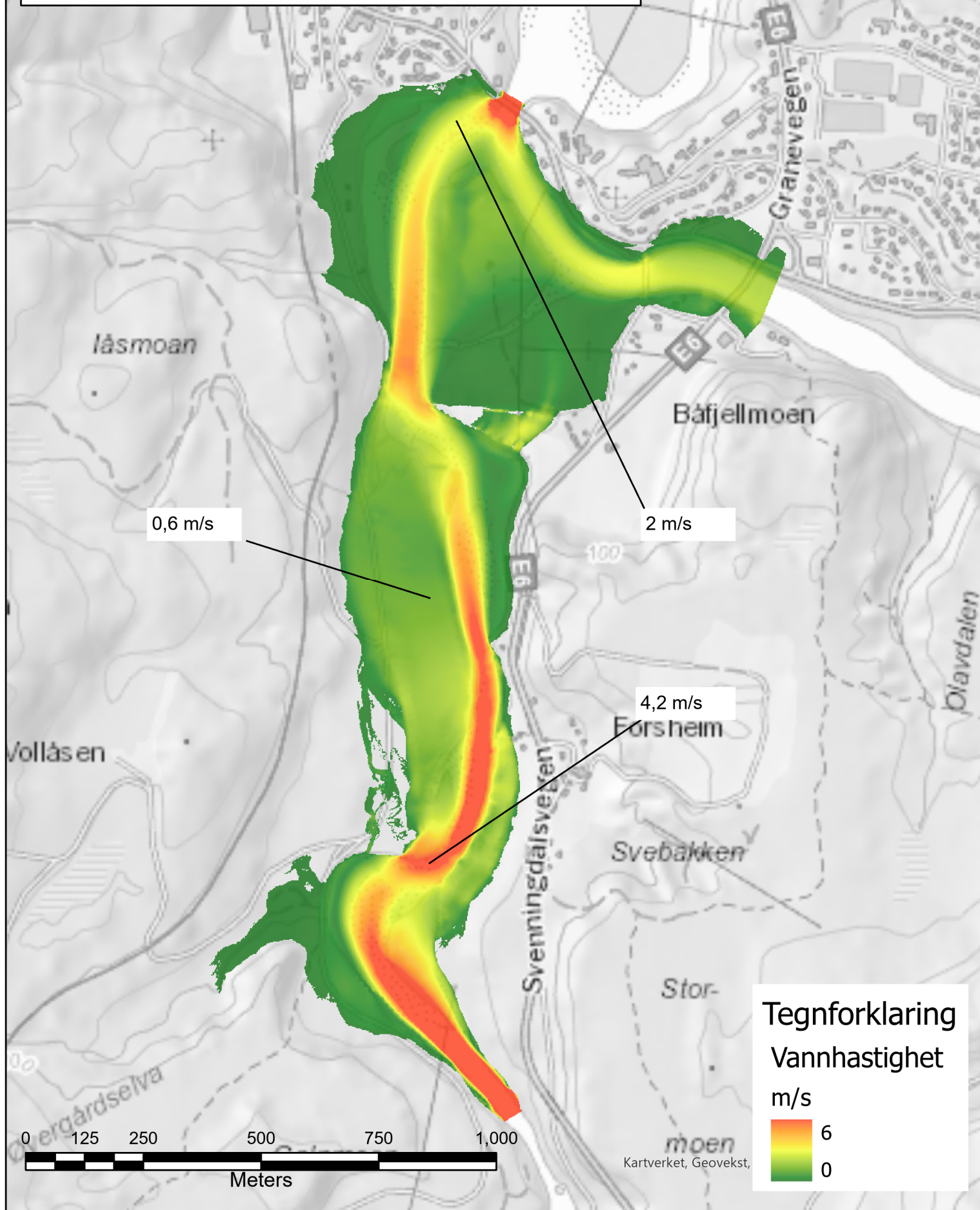
Kartverket, Geovekst,



# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ200

## Dagens situasjon

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



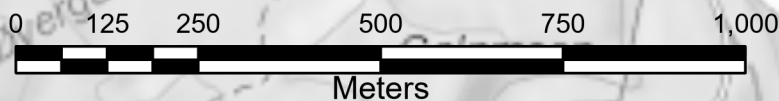
0,6 m/s

2 m/s

4,2 m/s

**Tegnforklaring**  
**Vannhastighet**  
**m/s**

	6
	0



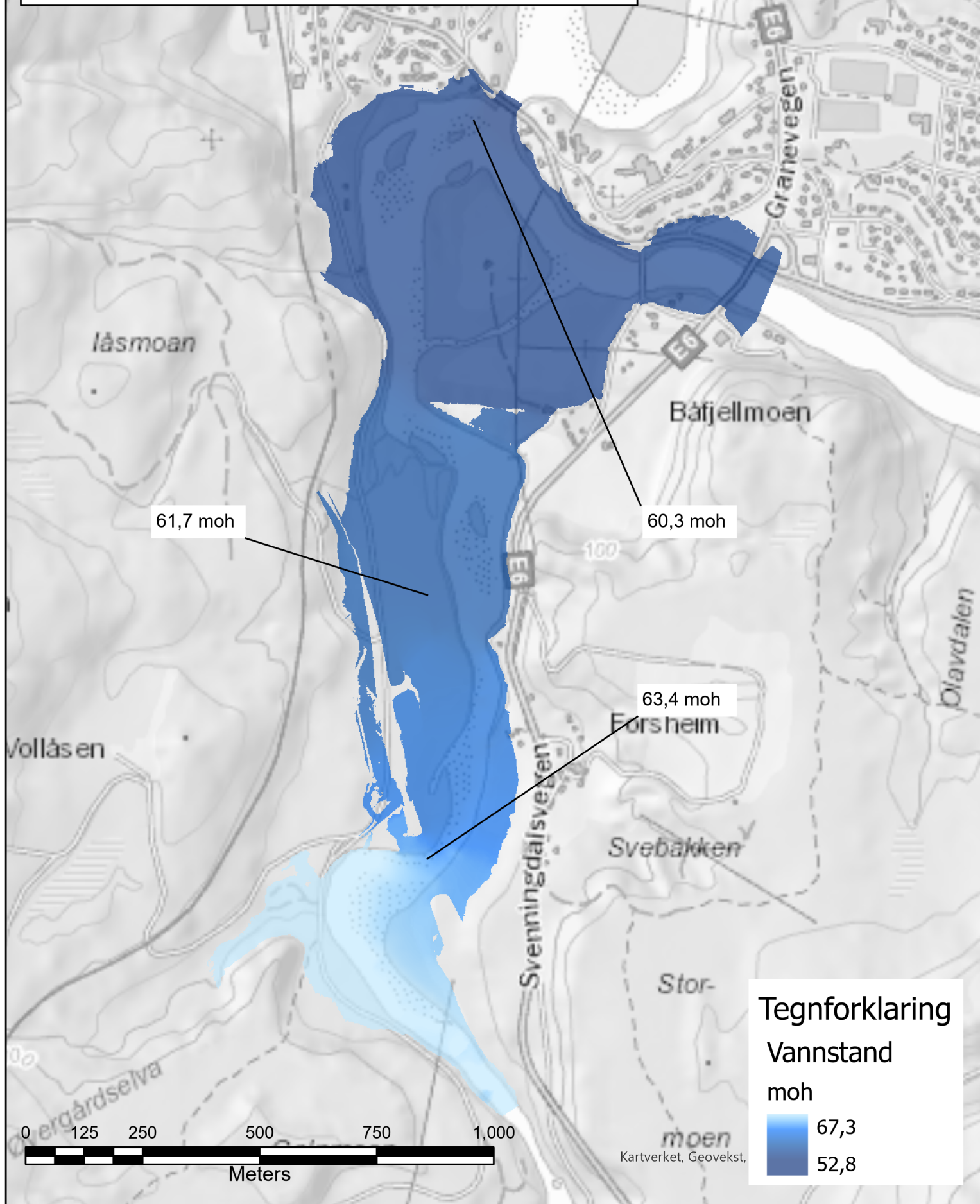
Kartverket, Geovekst,

**Vedlegg 5 – Flomsonekart Q200 (med klimapåslag og sikkerhetsfaktor), etter tiltak**

# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ200

Etter utbygging

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



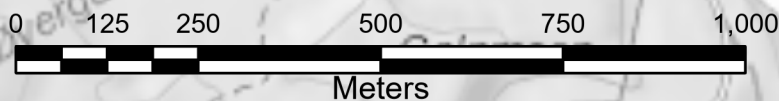
61,7 moh

60,3 moh

63,4 moh

**Tegnforklaring**  
**Vannstand**  
moh

	67,3
	52,8

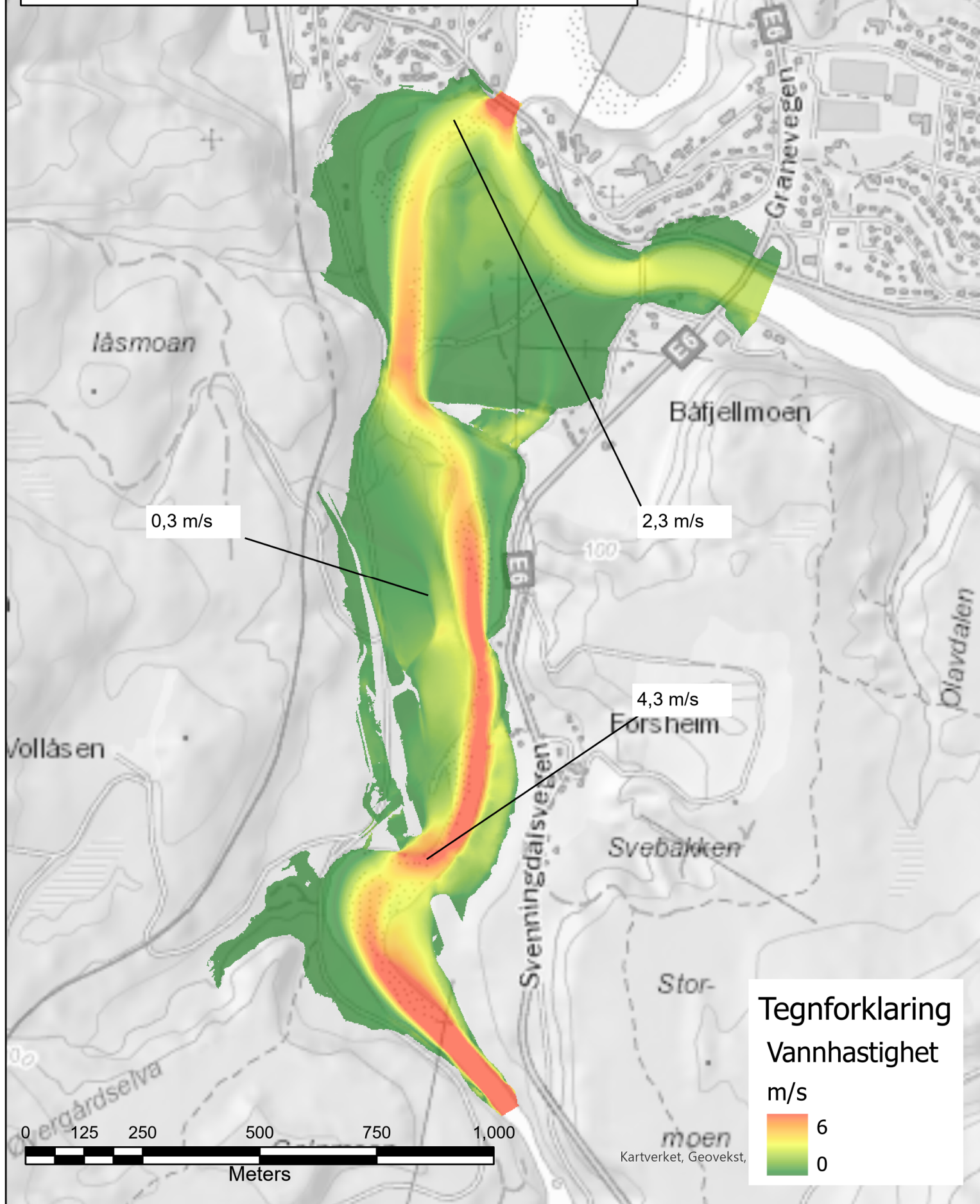


Kartverket, Geovekst,



# Flomsone Svenningselv - 1,4x1,1xQ200 Etter utbygging

Utarbeidet av: NOSLAC  
Kontrollert av: NOCAPU  
Prosjektnr: 10204911  
Dato: 19/05/2020



0,3 m/s

2,3 m/s

4,3 m/s

**Tegnforklaring**  
**Vannhastighet**  
m/s

6  
0



Kartverket, Geovekst,