

Personell

NAVN	NVE GODKJENNING	OPPGAVE	SIGNATUR
Samuel Vingerhagen	-	beregninger og rapport	<i>Samuel Vingerhagen</i>
Wolf Marchand	fagomr. IV og V, alle klasser	kvalitetssikring	<i>W-Marchand</i>

Endringsliste

VER.	DATO	ENDRINGEN GJELDER	KONTR. AV	UTARB. AV

Sweco
Professor Brochs gate 2

NO 7030 Trondheim, Norge
Telefonnummer +47 73 833500

www.sweco.no

Sweco Norge AS
Org.nr: 967032271
Hovedkontor: Oslo

Samuel Vingerhagen
Sivilingeniør
Region Trondheim

Mobil +47 (0)99032341
samuel.vingerhagen@sweco.no

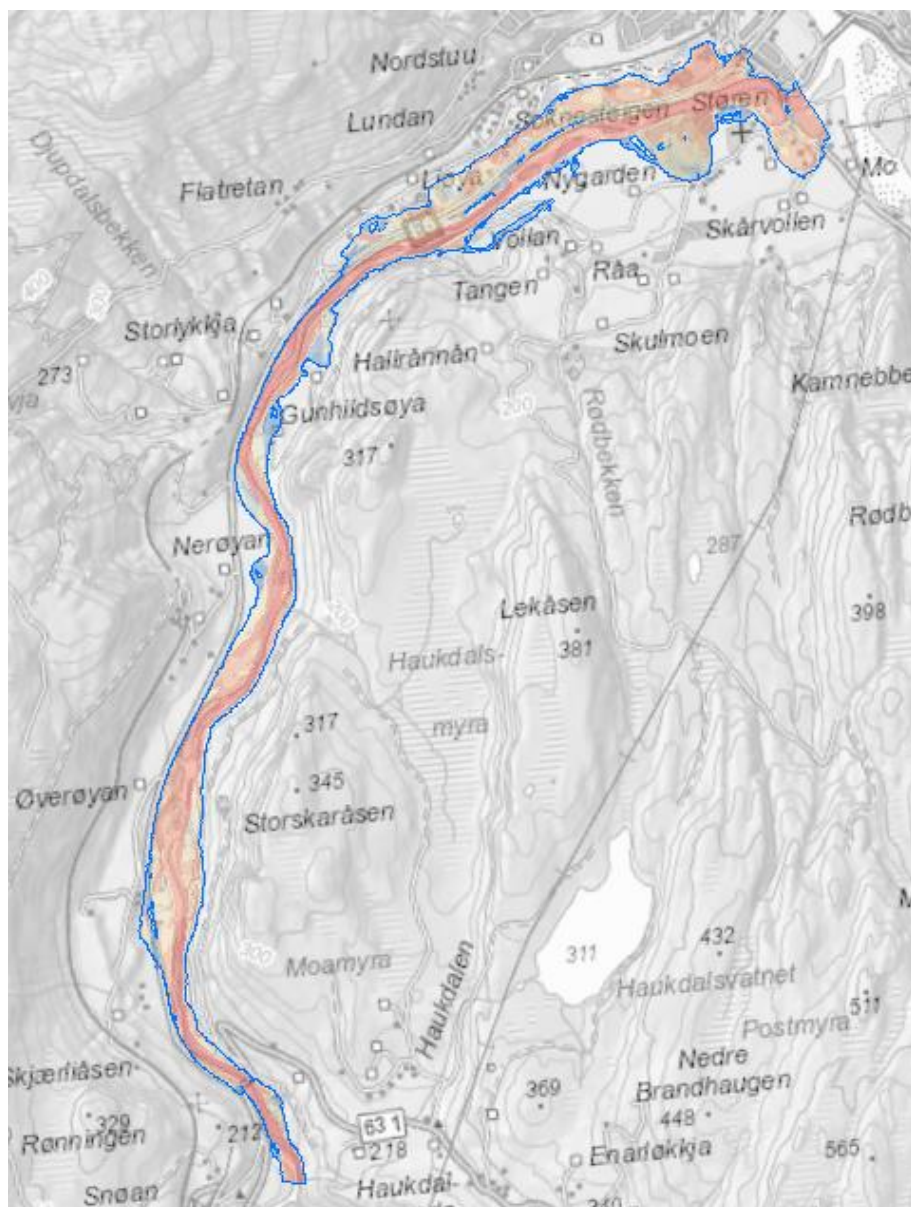
Innholdsfortegnelse

1	Bakgrunn	1
2	Vannlinjeberegning	2
2.1	Beregningsprogram	2
2.2	Grunnlag og forutsetninger	2
2.2.1	Vannføring	2
2.2.2	Elvas geometri	2
2.2.3	Elvas ruhet	3
2.2.4	Grensebetingelser	3
3	Resultater/diskusjoner	4
4	Anbefalinger	4
5	Referanser	5

Vedlegg 1 Flomsonekart

1 Bakgrunn

SWECO har på oppdrag for Statens Vegvesen utført vannlinjeberegning for elva Sokna mellom Snøan og Støren i Midtre Gauldal, Sør-Trøndelag fylke. Vannlinjeberegningen er utført i forbindelse med planlegging av ny E6 sør for Støren, hvor det er ønskelig å vite hvor høyt vannet står langs eksisterende E6 fra Støren til Snøan ved en storflom i elva Sokna, se Figur 1.



Figur 1 Oversikt over beregningsområdet og oversvømt område ved 200-års flom

2 Vannlinjeberegning

2.1 Beregningsprogram

I denne beregningen er RiverFLOW2D pluss (GUP og CPU) brukt (Hydronia, LLC, 2013). Beregningsmodellen er todimensjonal, og strømmingen kan skje i horisontalplanet, men strømming i vertikalplanet er forhindret. Beregningsmodellen bruker «Grunt vann ligningen» (Toro, 2001, s. 109) fra vertikal integrasjon av Navier-Stokes ligningene (Hydronia, LLC, 2014), og kan derfor ikke beregne vertikal akselerasjon og vertikal hastighet og følgelig ikke sekundærstrømmer. Modellen tar ikke hensyn til turbulens eller dissipasjon av turbulens, men friksjon blir tatt hensyn til gjennom Mannings uttrykket i kraft ligningene. Beregningsmodellen baserer seg på et grid bygd opp av trekkanter (Endelig volum metode), og kan håndtere både over og underkritisk strømming over tørt og vått landskap. Se for øvrig brukermanualen til RiverFLOW2D (Hydronia, LLC, 2014) for utfyllende beskrivelse av beregningsteorien.

2.2 Grunnlag og forutsetninger

For å utføre en vannlinjeberegning trenger man følgende:

- Vannføring
- Elvas geometri (terrengets form)
- Elvas ruhet (strømningsmotstand)
- Grensebetingelser

2.2.1 Vannføring

Resultatene for 200-årsflom fra flomberegning for Sokna (Pettersson, 2000) er benyttet, med et tillegg på 50 % som dekker usikkerhet og klimaendringer.

Det ble også utført en egen flomberegning flere steder lengre opp i Sokna (Sweco notat av Frøydís Sjøvold datert 19.12.2014 og oppdatert 27.05.2015). Verdiene for 200-årsflom, inkl. 20 % klimatillegg fra denne beregningen er i samme størrelsesorden som 200-årsflom fra (Pettersson, 2000) \times 1,5, men sistnevnte er noe høyere og derfor mer konservativt. Den høyere verdien benyttes i den hydrauliske beregningen her.

2.2.2 Elvas geometri

Elva og terrengets form beskrives i strømningsmodellen. Elva og terrengets geometri er hentet fra laserdata. I oppstrøms ende av modellen ser det ut til at vannføringen var lav når laserdataene ble innsamlet. Den lave vannføringen fører til at elvebunnen er forholdsvis godt kartlagt. I nedstrøms ende av modellen er vannstanden under laserskanning funnet å være opptil 1 m høyere enn i oppstrøms ende av modellen og følgelig er elvebunnen betydelig dårligere kartlagt i nedre del.

Ut fra bilder ser det ut som om elva har en ganske flat bunn, med enkelte dypere steder. Elva er manuelt senket med opptil ca 1 m der man ut fra bilder eller laserdata har grunn til å anta at elva er dypere.

2.2.3 Elvas ruhet

I strømningsmodellen må elva og terrengets ruhet (strømningsmotstand), uttrykt ved Manningskoeffisient, n , legges inn. Følgende verdier er benyttet:

- Alle områder: $n = 1,33$
- Sensibilitet alle områder: $n = 0,067$

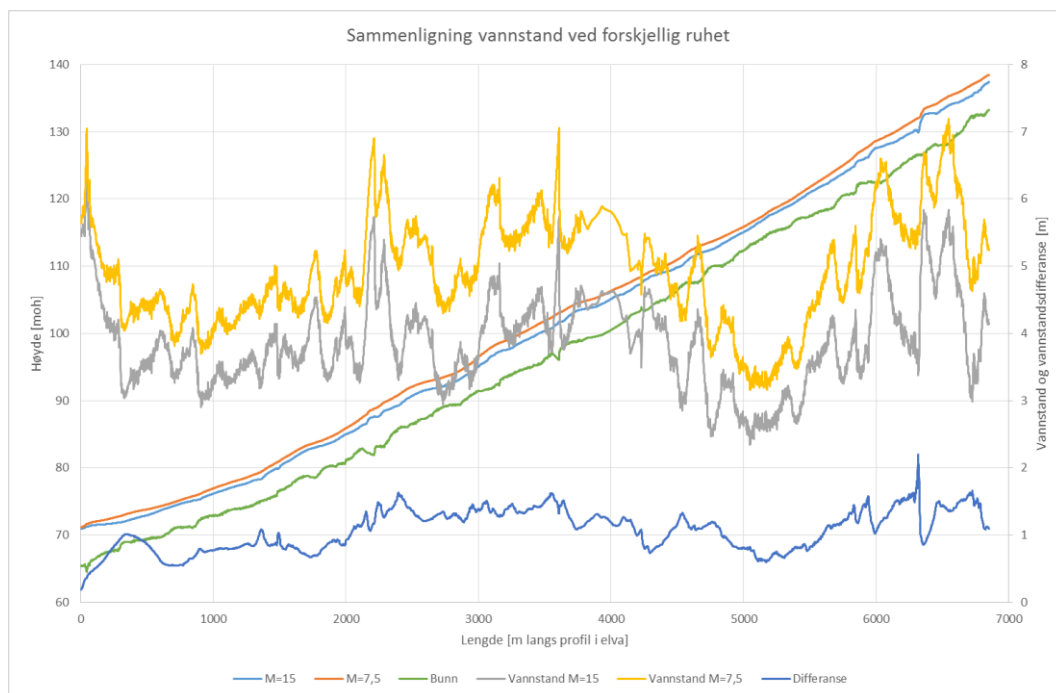
2.2.4 Grensebetingelser

Vannføring er hetet fra tidligere flomberegning se avsnitt 2.2.1. I nedstrøms ende er vannstanden hentet fra NVEs flomsonerapport for Støren (Bævre, 2001) Siden benyttet vannføring er over $100 \text{ m}^3/\text{s}$ større enn oppgitt vannføring ved 500-års flom ved Støren, er vannstanden i profil 72 i NVEs rapport økt med 1 m, samt ytterligere 0,16 m grunnet overgang fra NN54 til NN2000 høydesystem. Verdiene som ble brukt i den hydrauliske modellen er:

- Vannføring: $617 \text{ m}^3/\text{s}$ (200-års flom, (Pettersson, 2000), pluss 50%)
- Vannstand NVE profil 72: 71 moh

3 Resultater/diskusjoner

I Figur 2 er resultatene fra simuleringene vist langs et profil i elva. Som vi ser av figuren er det fra 0,5 til 2 m forskjell i vannstand mellom en ruhet med n-verdi lik 0,067 (Manningstall lik 15) og n-verdi lik 0,133 (M = 7,5). Vi ser videre at vannstanden varierer mellom ca 3 og 7 m. I vedlegg 1 finner man Flomsonekart.



Figur 2 Resultater vannstand Sokna

At vannstanden i elva ikke var lav når laserdataene ble innsamlet, fører til at elvebunnen blir for høy, og følgelig blir beregnede vannstander i elva også for høye. Feilen som følge av feil høyde på elvebunnen blir mindre jo større flommen blir.

Selv om Manningskoeffisient, n , lik 1,33 er for høyt på deler av strekningen, vil vi sterkt anbefale bruke resultatet med n -verdi lik 1,33 da vi ikke vet i hvilke områder en lavere n -verdi vil være rett å bruke. For å bestemme korrekt n -verdi må det utføres en kalibrering av modellen. Det er mye løsmasser i beregningsområdet, og ved erosjon av løsmassene, som gjerne oppstår ved store flommer, vil elveprofilene endre seg og kalibreringen vil bli delvis verdiløs.

4 Anbefalinger

Det anbefales at resultatene fra simuleringen med n -verdi lik 1,33 brukes i kombinasjon med en sikkerhetsmargin på 1 m med bakgrunn i sensitivitetsanalysen. Det anbefales også å erosjonssikre veien, slik at den ikke blir undergravd av elva ved storflom.

5 Referanser

- Bævre, I. (2001). *Flomsoneskart Delprosjekt Støren*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Hydronia, LLC. (2013). *RiverFLO-2D Plus GPU Model Version 4.0*. Hydronia, LLC.
Hentet fra www.hydronia.com
- Hydronia, LLC. (2014). *RiverFLO-2D Plus User's Guide*. Pembroke Pines: Hydronia, LLC.
- NVE. (2009). *Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger*. Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Pettersson, L.-E. (2000). *Flomberegning for Gaulavassdraget (122.Z) dokument 15/2000*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Toro, E. F. (2001). *Shock-Capturing Methods for Free-Surface Shallow Flows*. New York: Wiley.

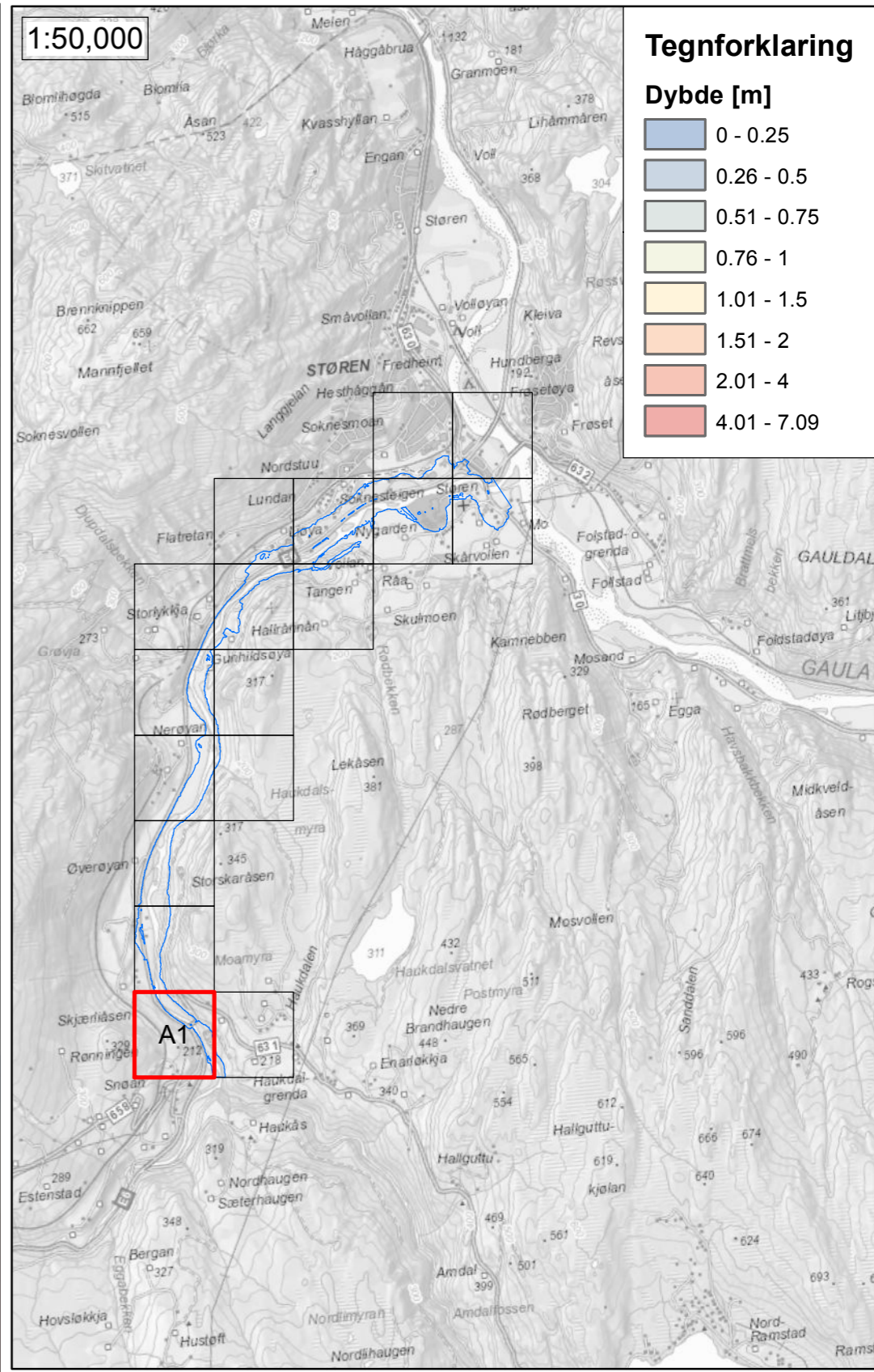
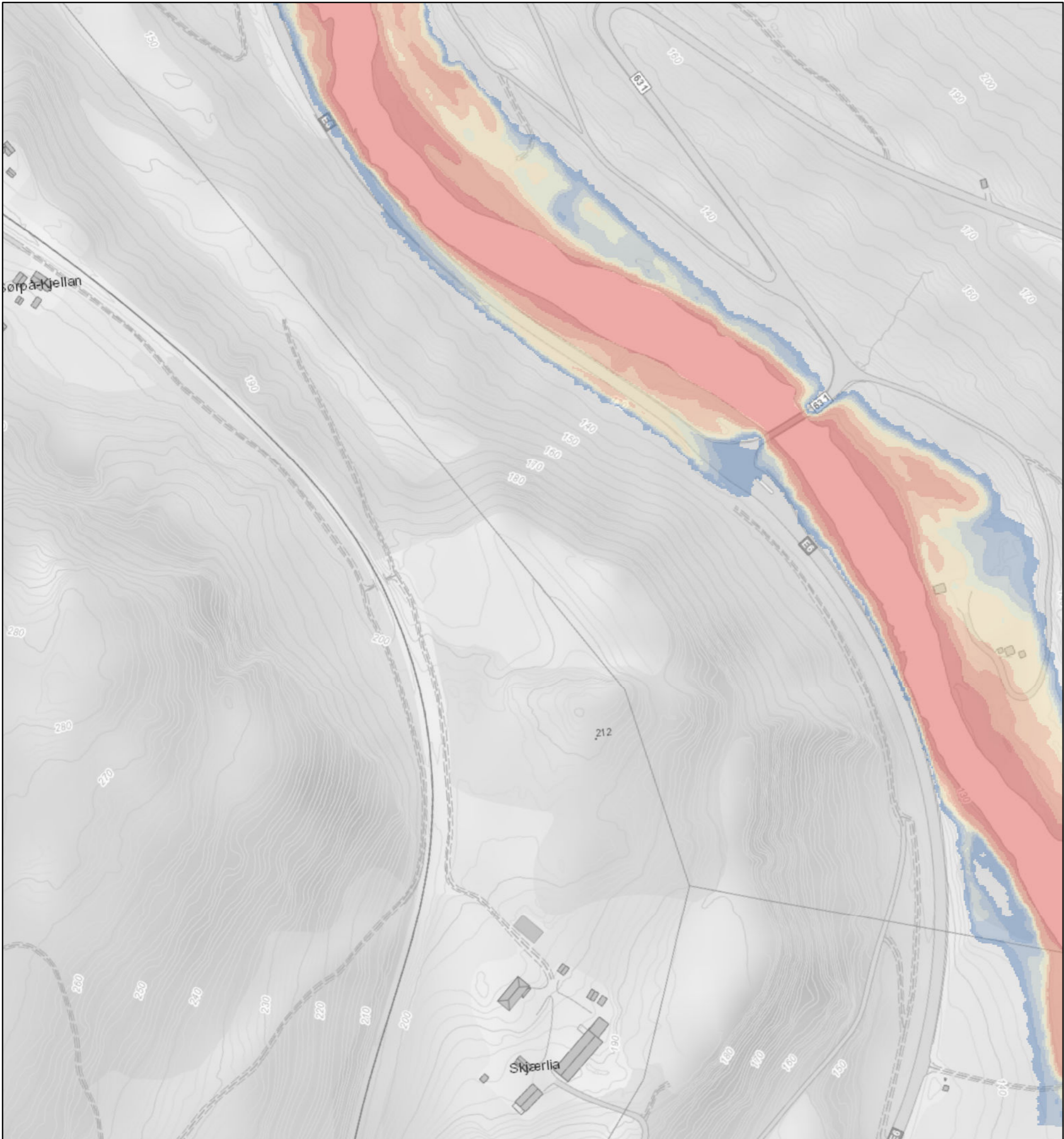
Vedlegg 1 Flomsonekart

- Flomsonekart mellom Snøan og Støren.

6 (6)

RAPPORT
29/05/2015

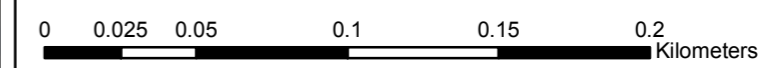
[12143214-R01]
ENDRING E014 FLOMVURDERING EKSISTERENDE E6



Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

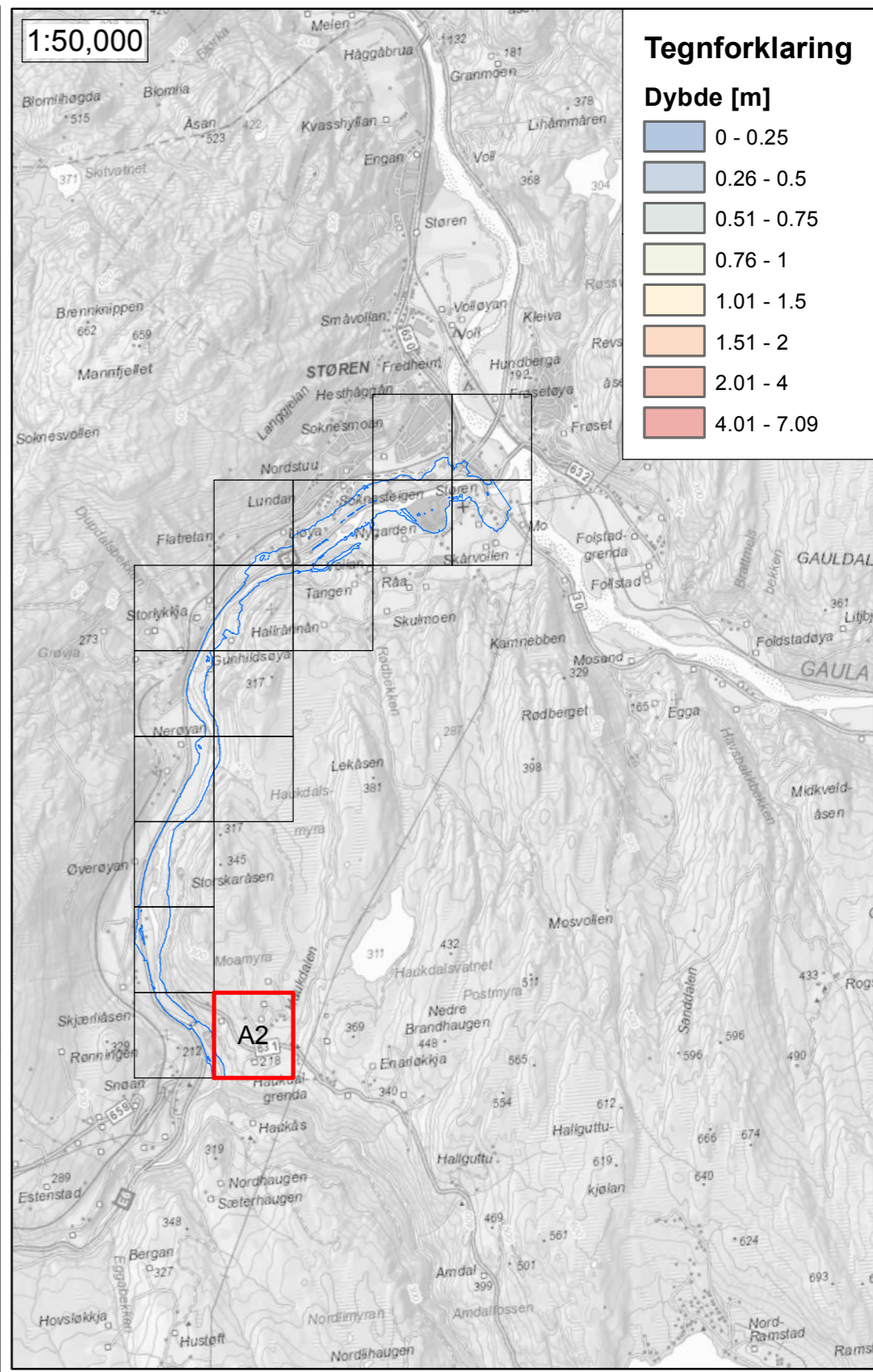
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 1 of 17
 Modul: A1

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

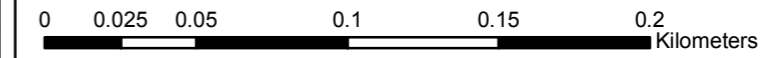
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

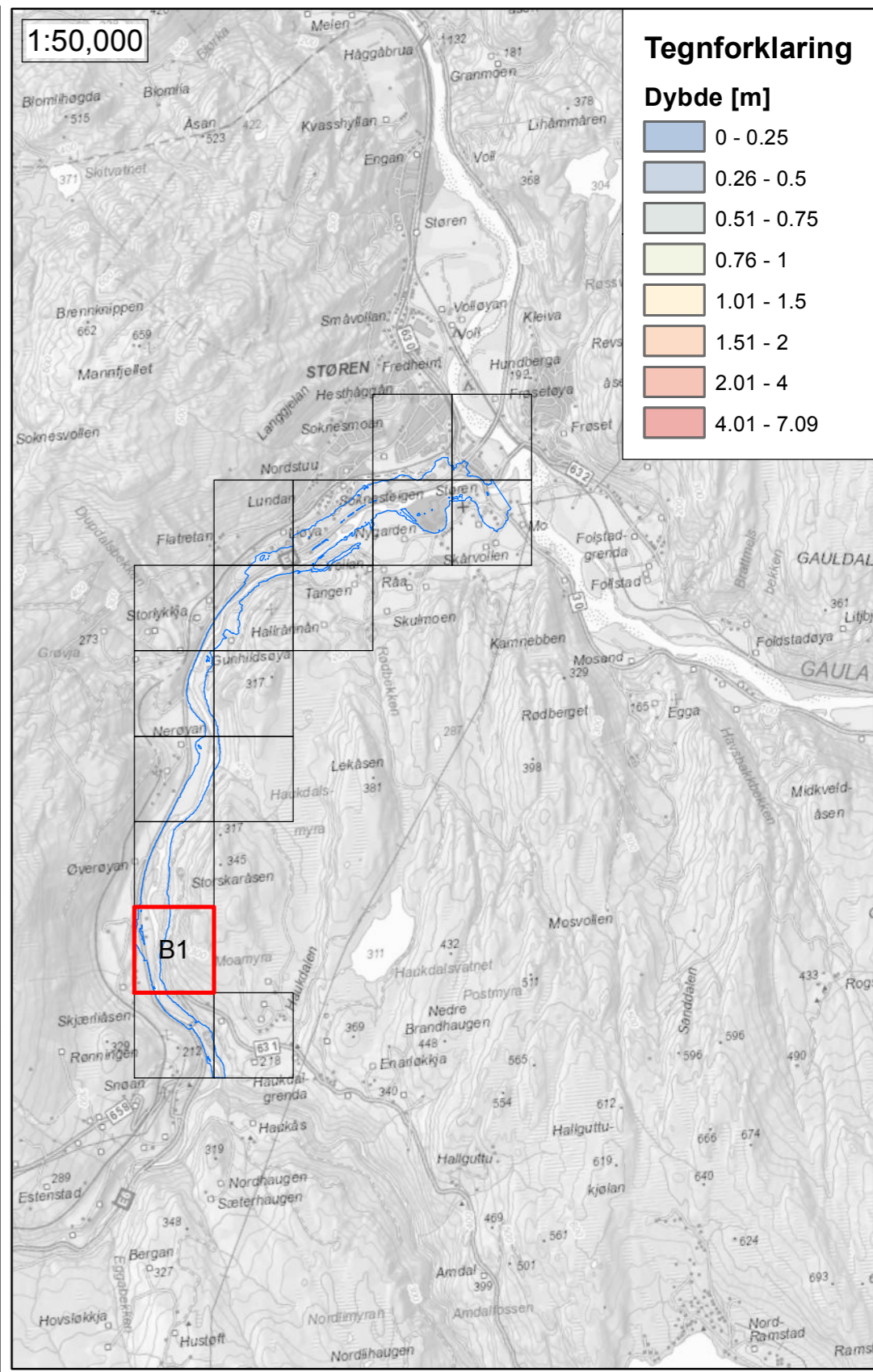
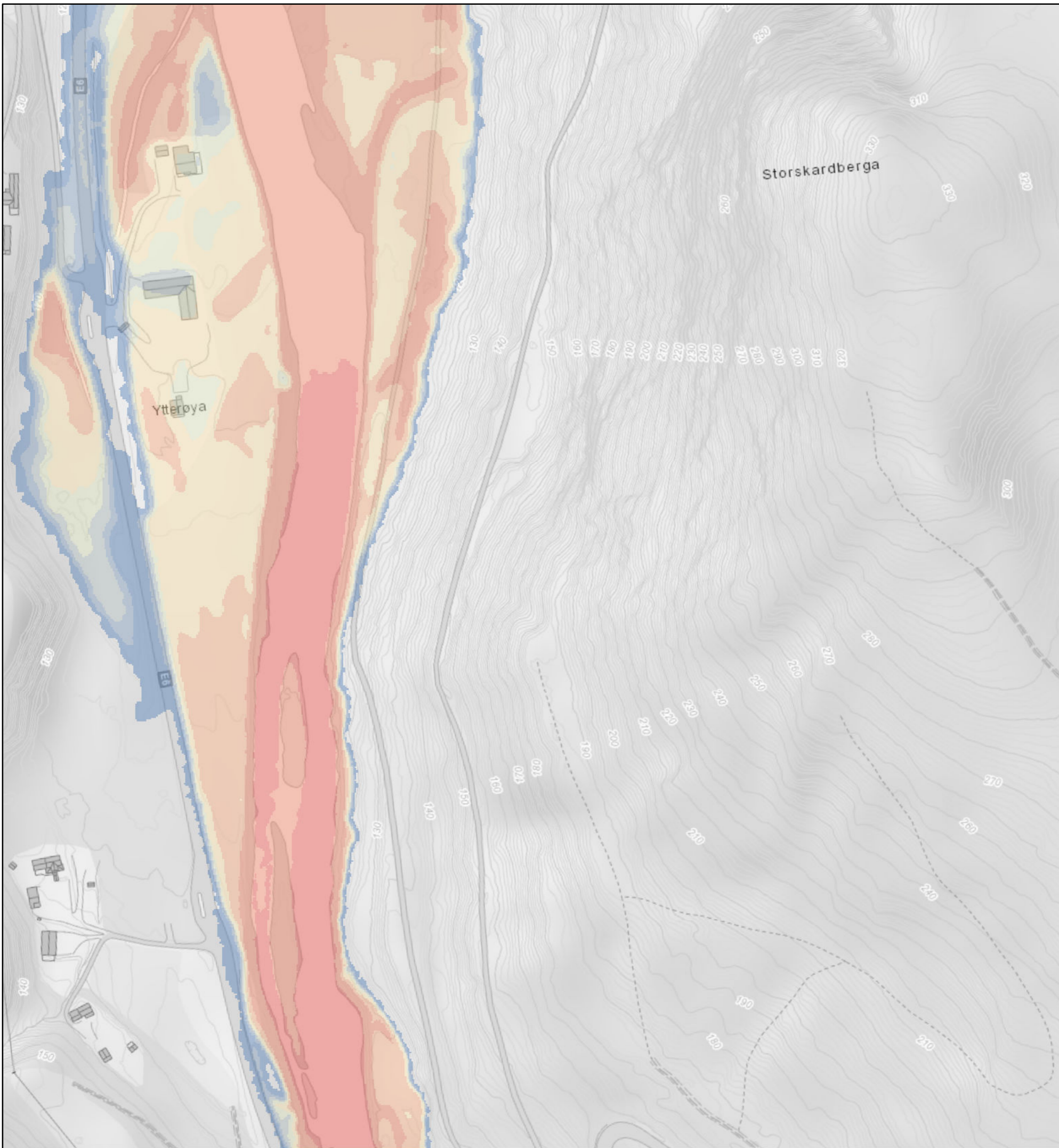
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 2 of 17
 Modul: A2
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

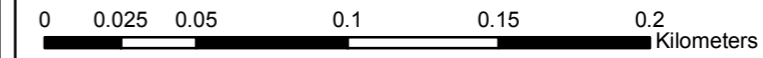
Dybde [m]

- 0 - 0.25
- 0.26 - 0.5
- 0.51 - 0.75
- 0.76 - 1
- 1.01 - 1.5
- 1.51 - 2
- 2.01 - 4
- 4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd

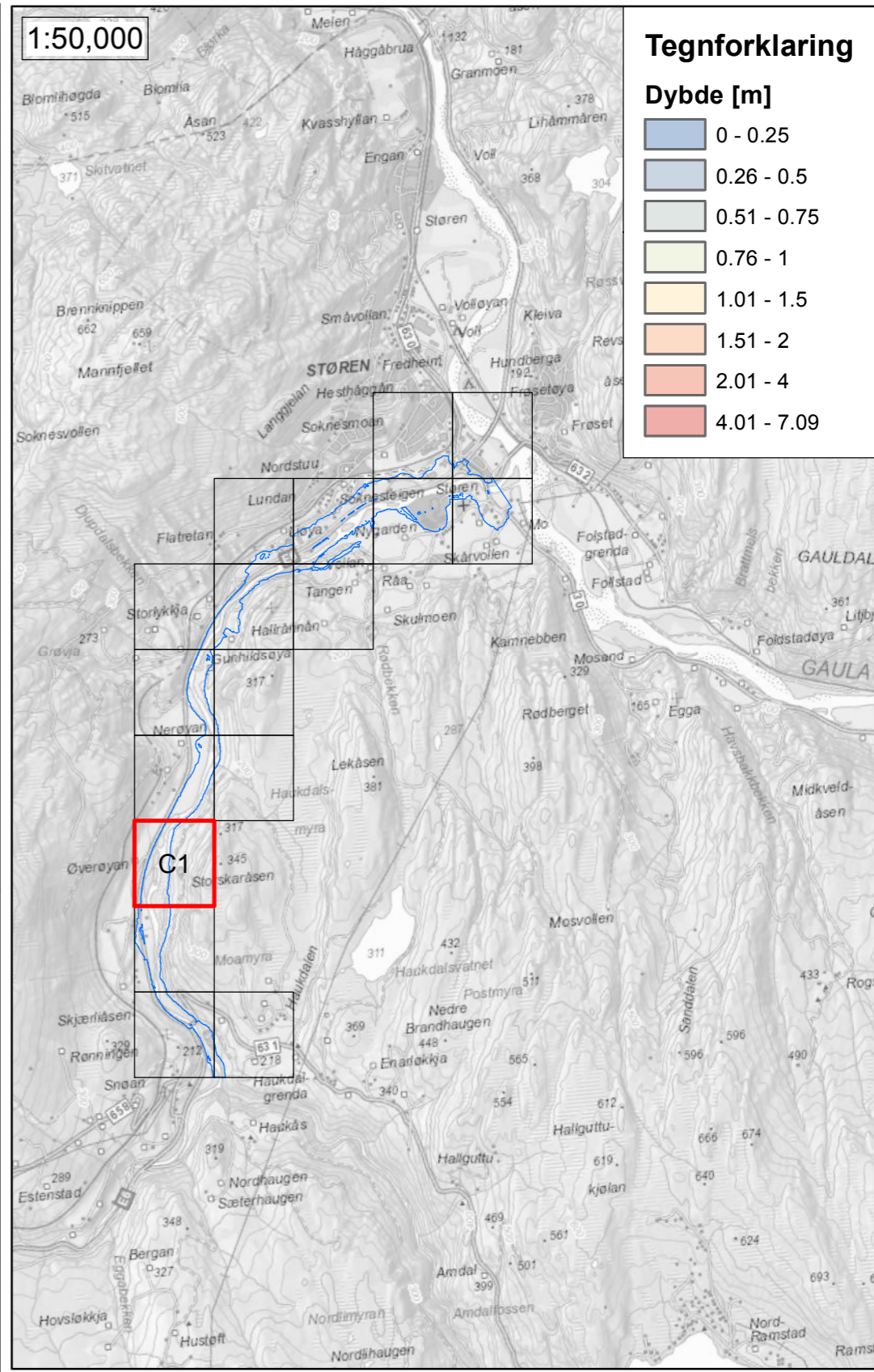
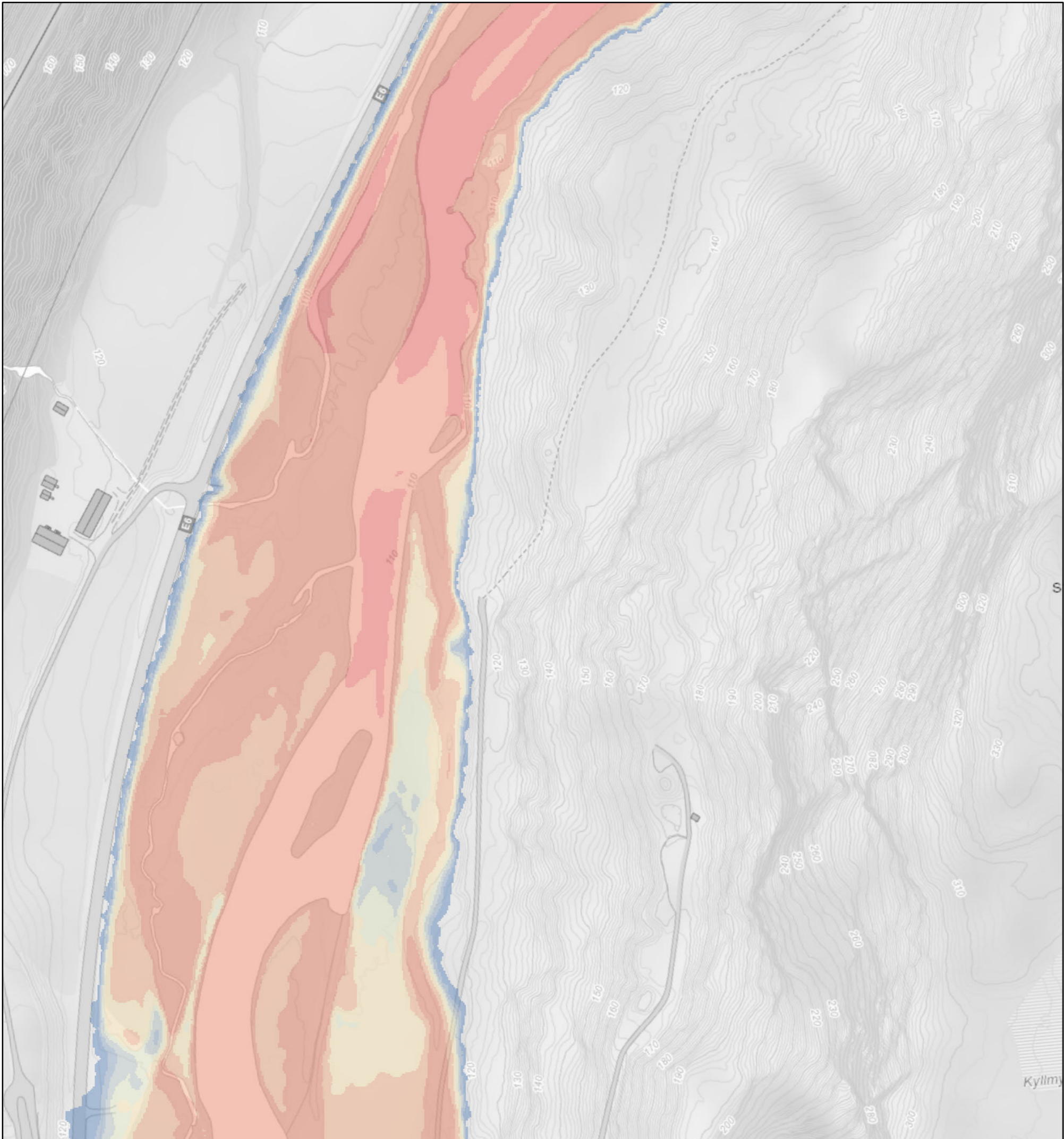


Navigasjon:

Side 3 of 17
 Modul: B1

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

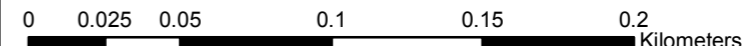
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

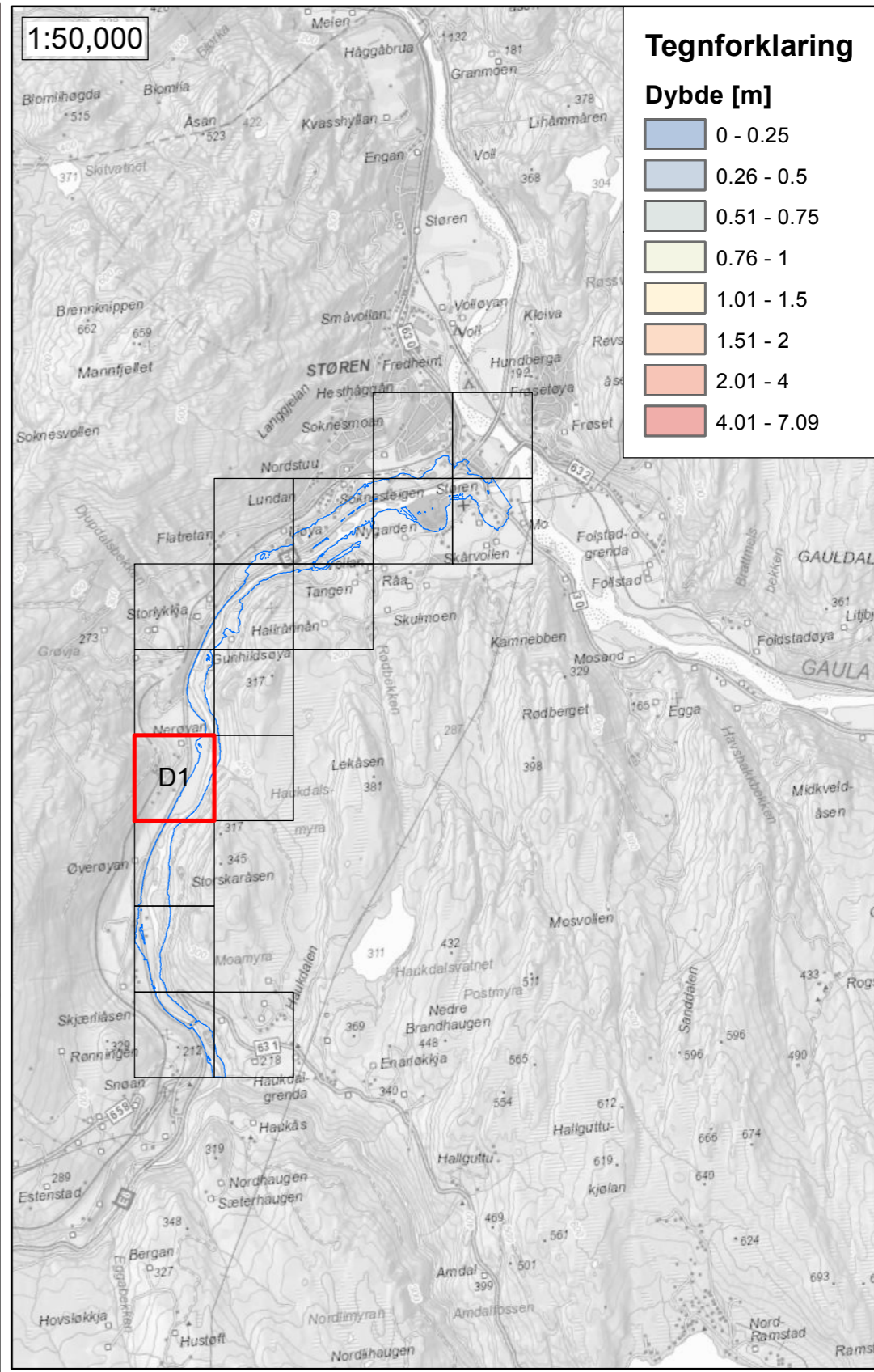
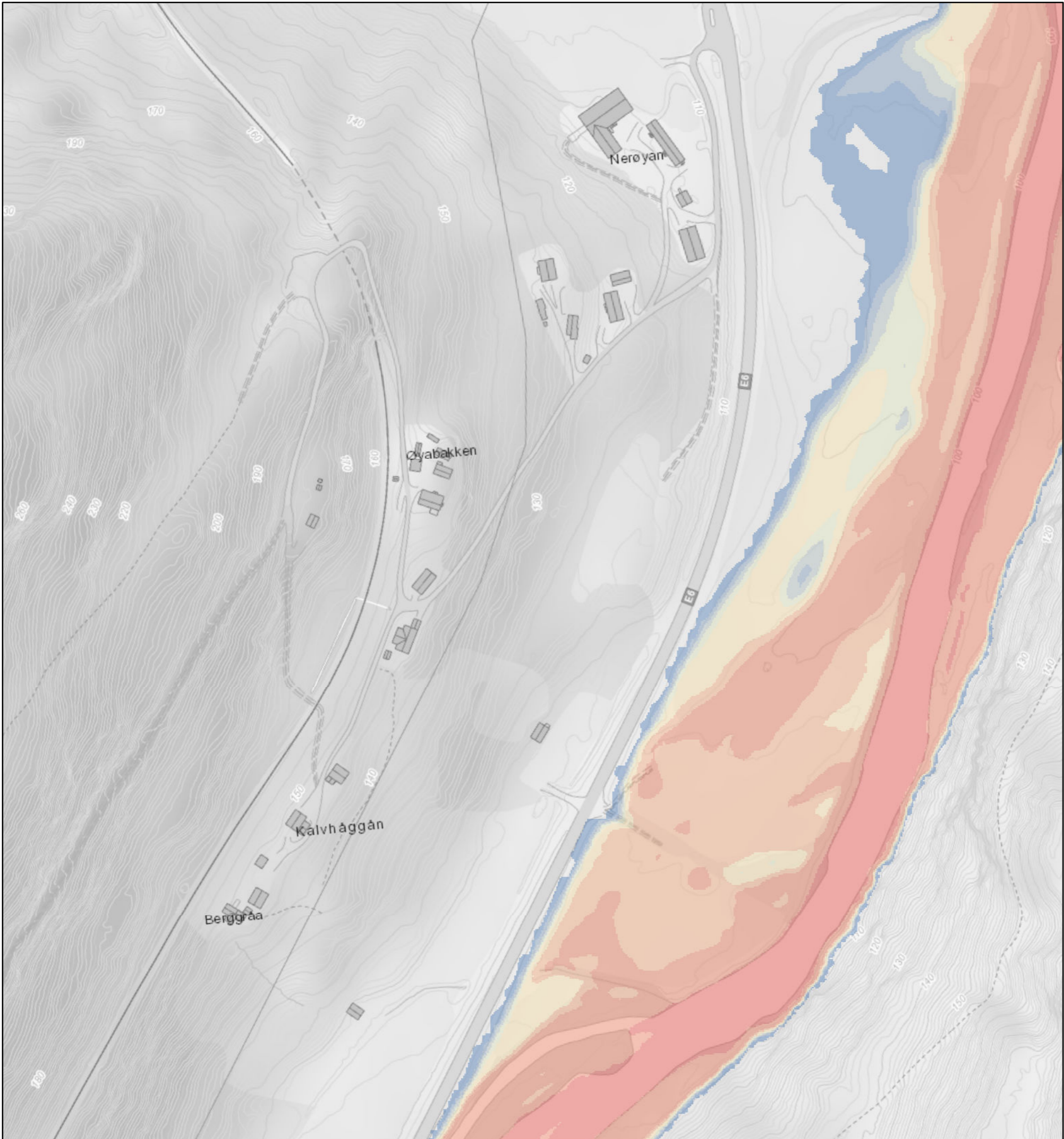
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 4 of 17
 Modul: C1
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten

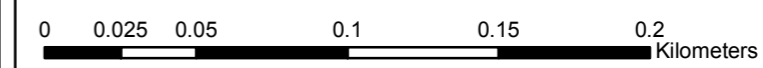




Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

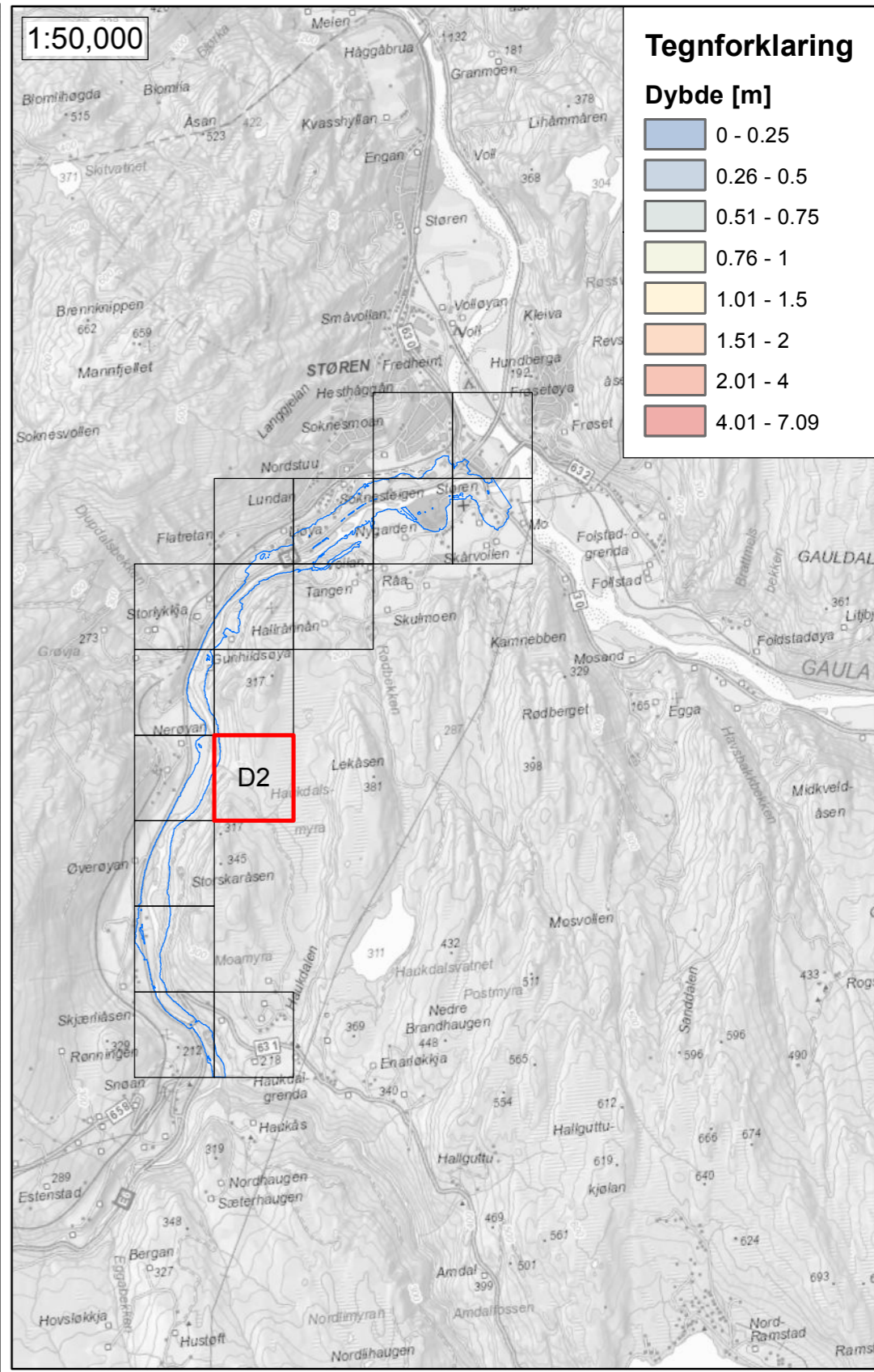
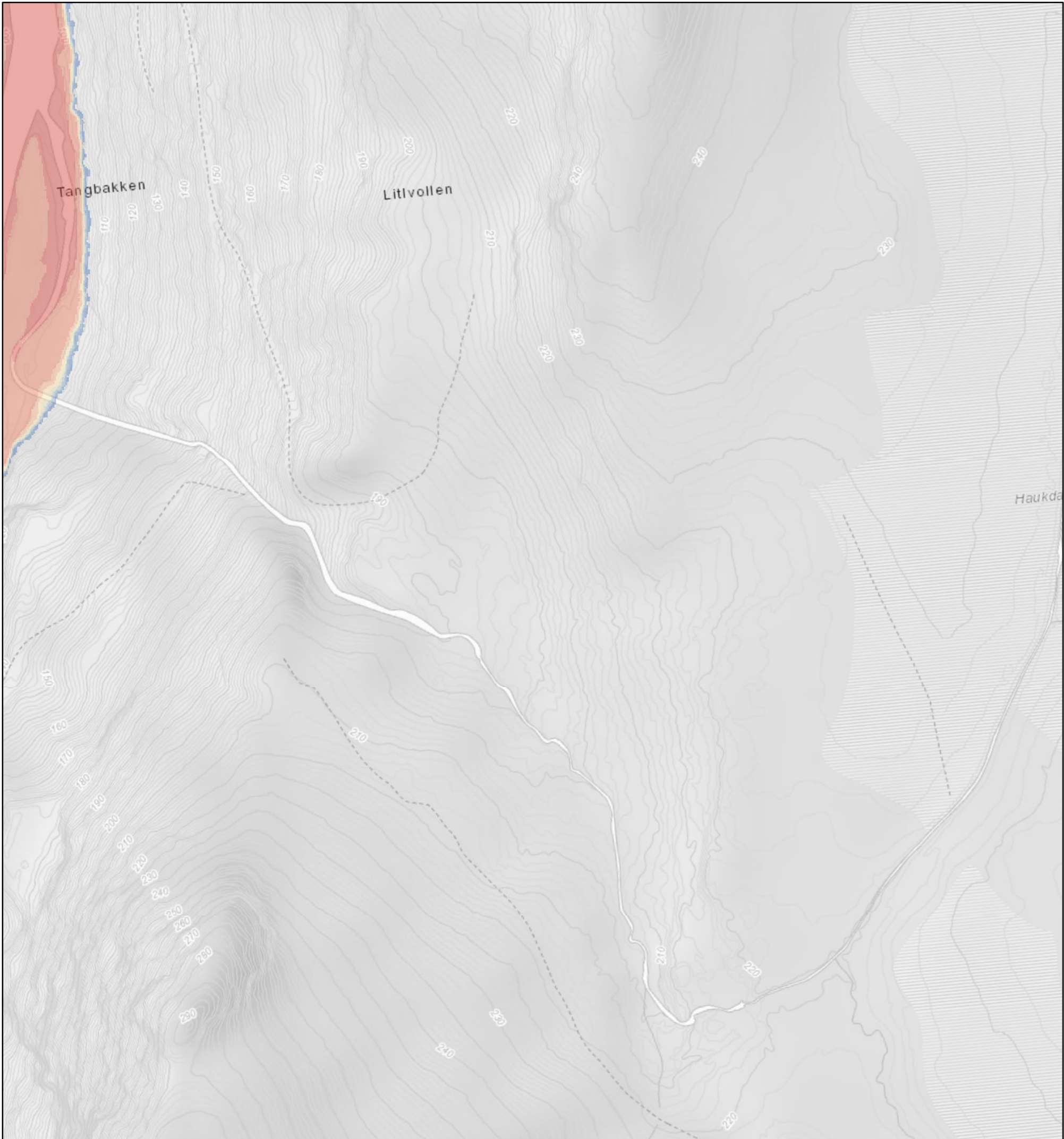
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 5 of 17
 Modul: D1

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten

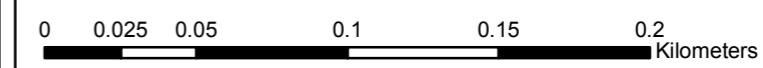




Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

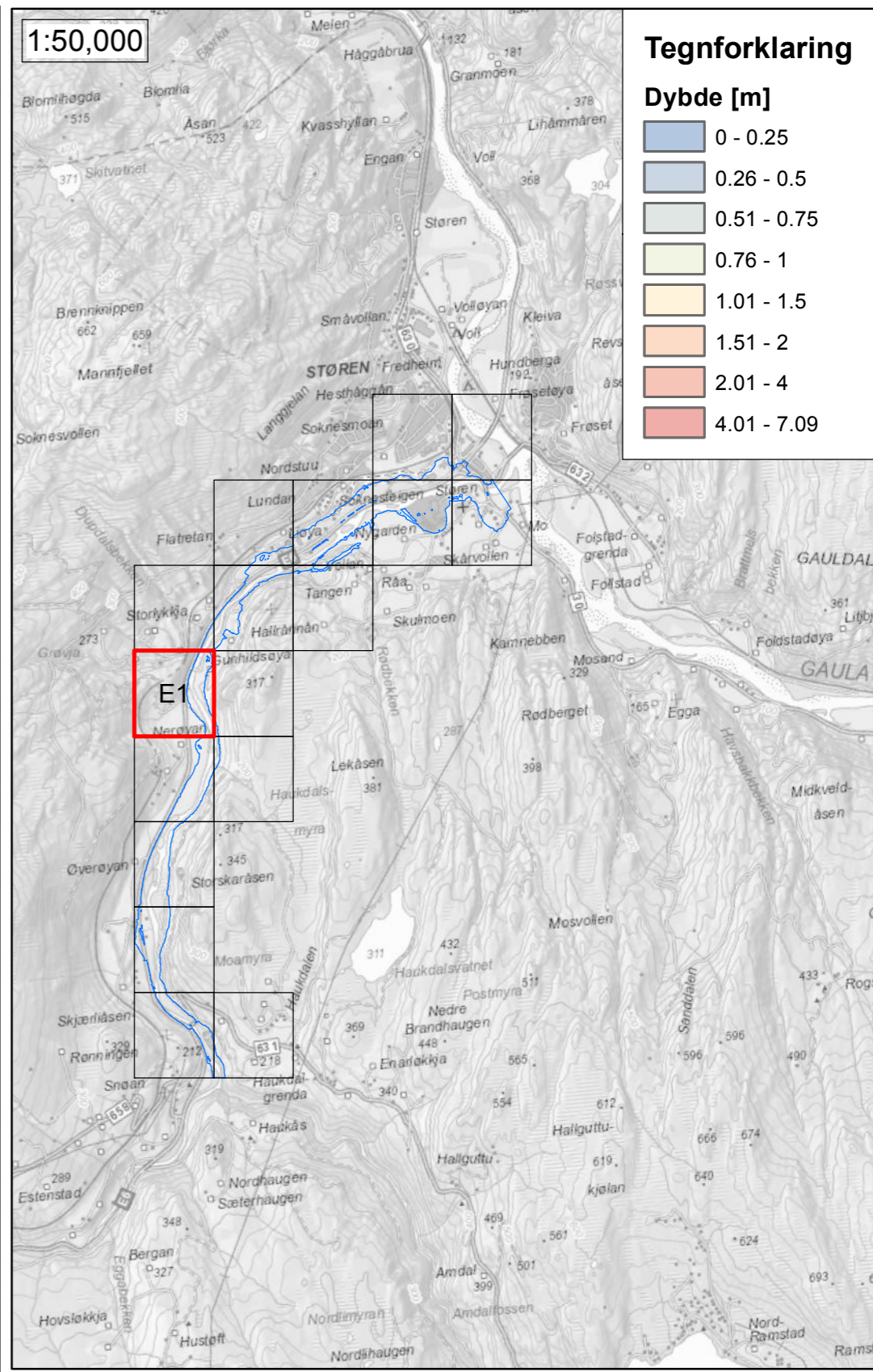
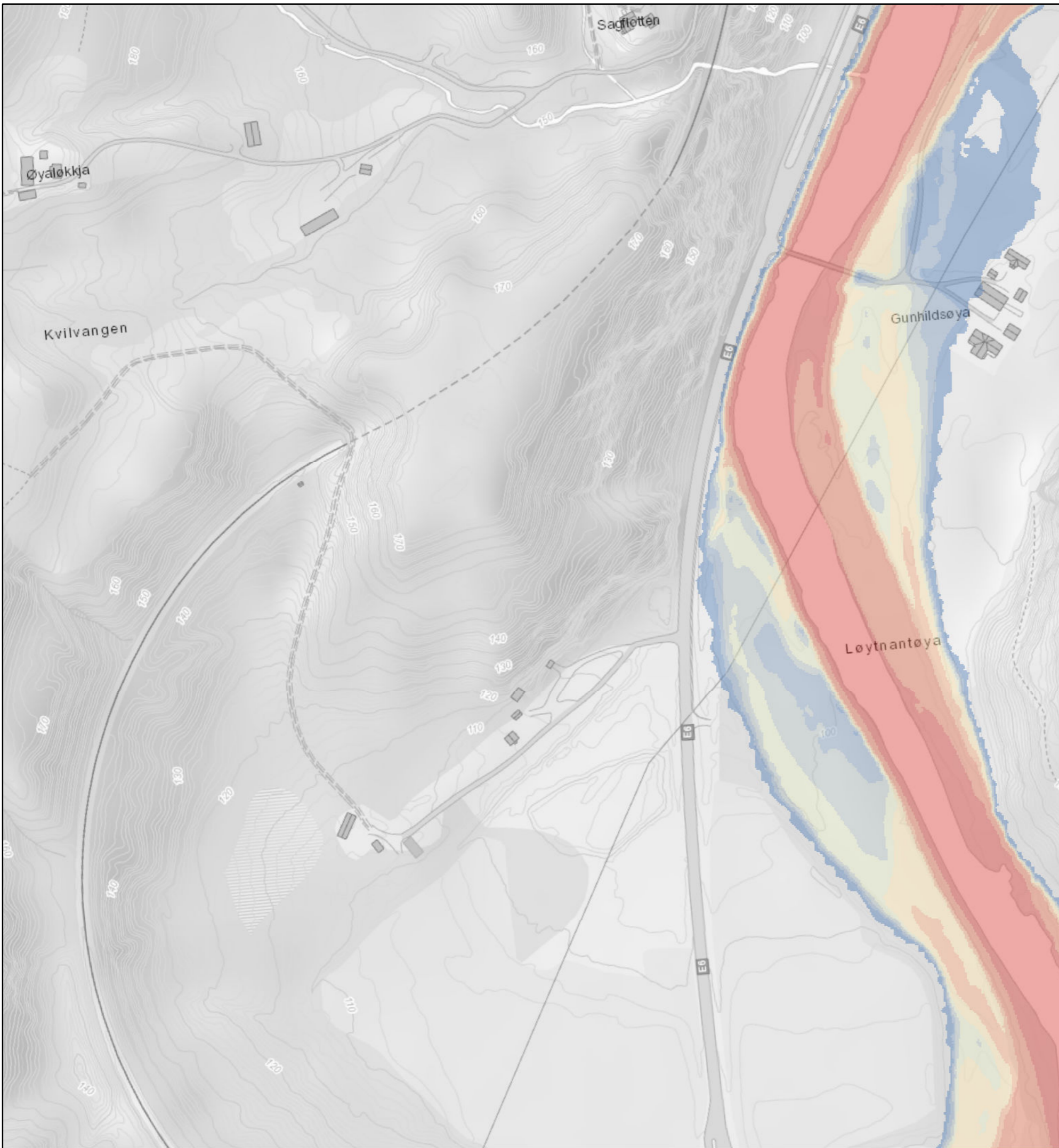
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 6 of 17
 Modul: D2

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

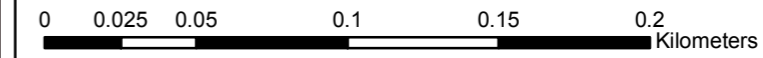
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

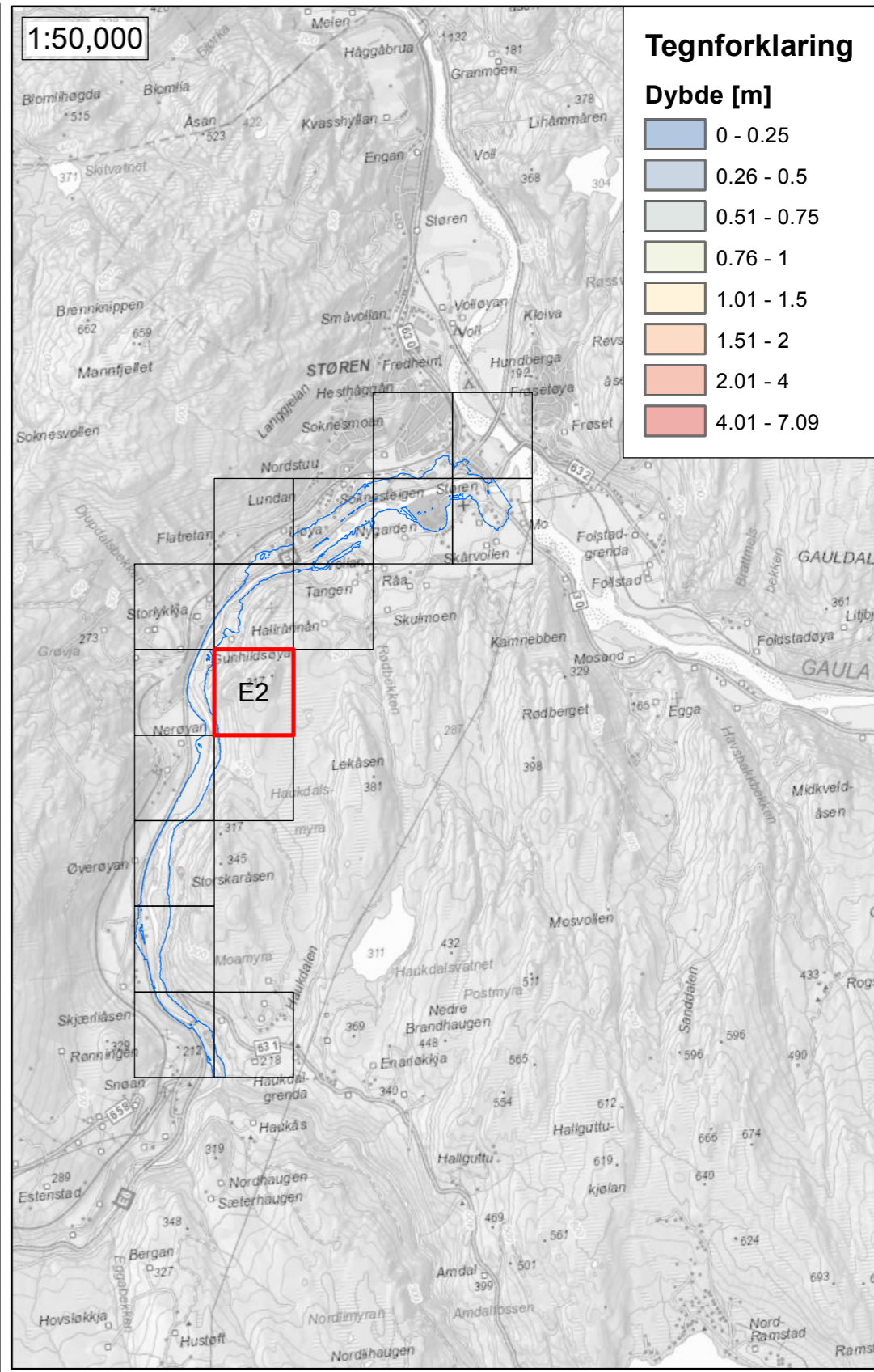
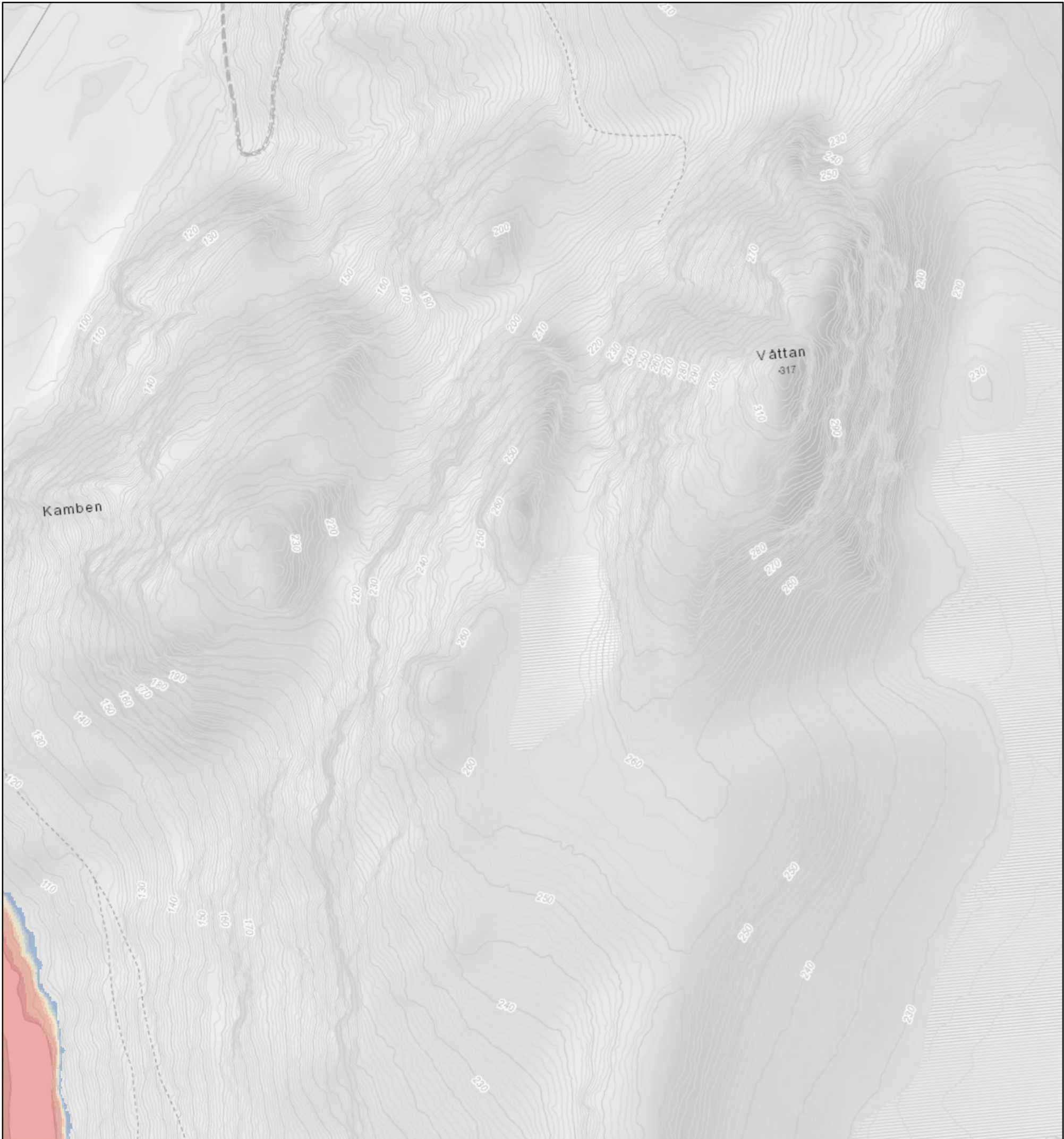
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 7 of 17
 Modul: E1
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





1:50,000

Tegnforklaring

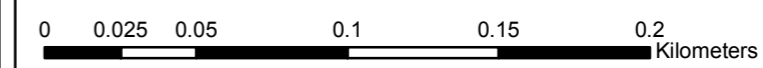
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

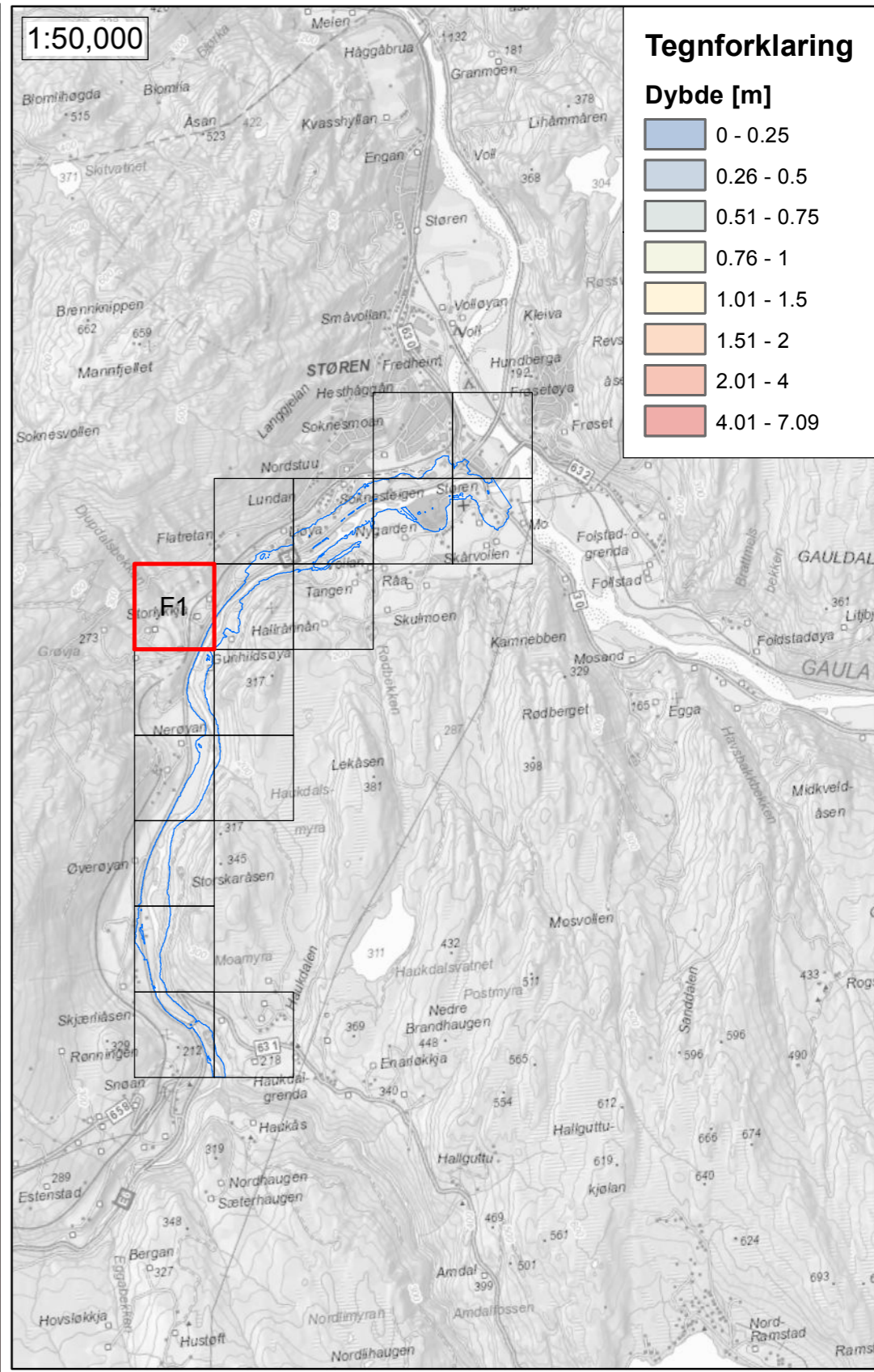
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 8 of 17
 Modul: E2

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

Dybde [m]

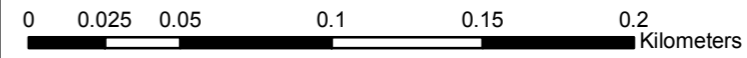
0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

1:50,000

Flomsonekartlegging Sokna

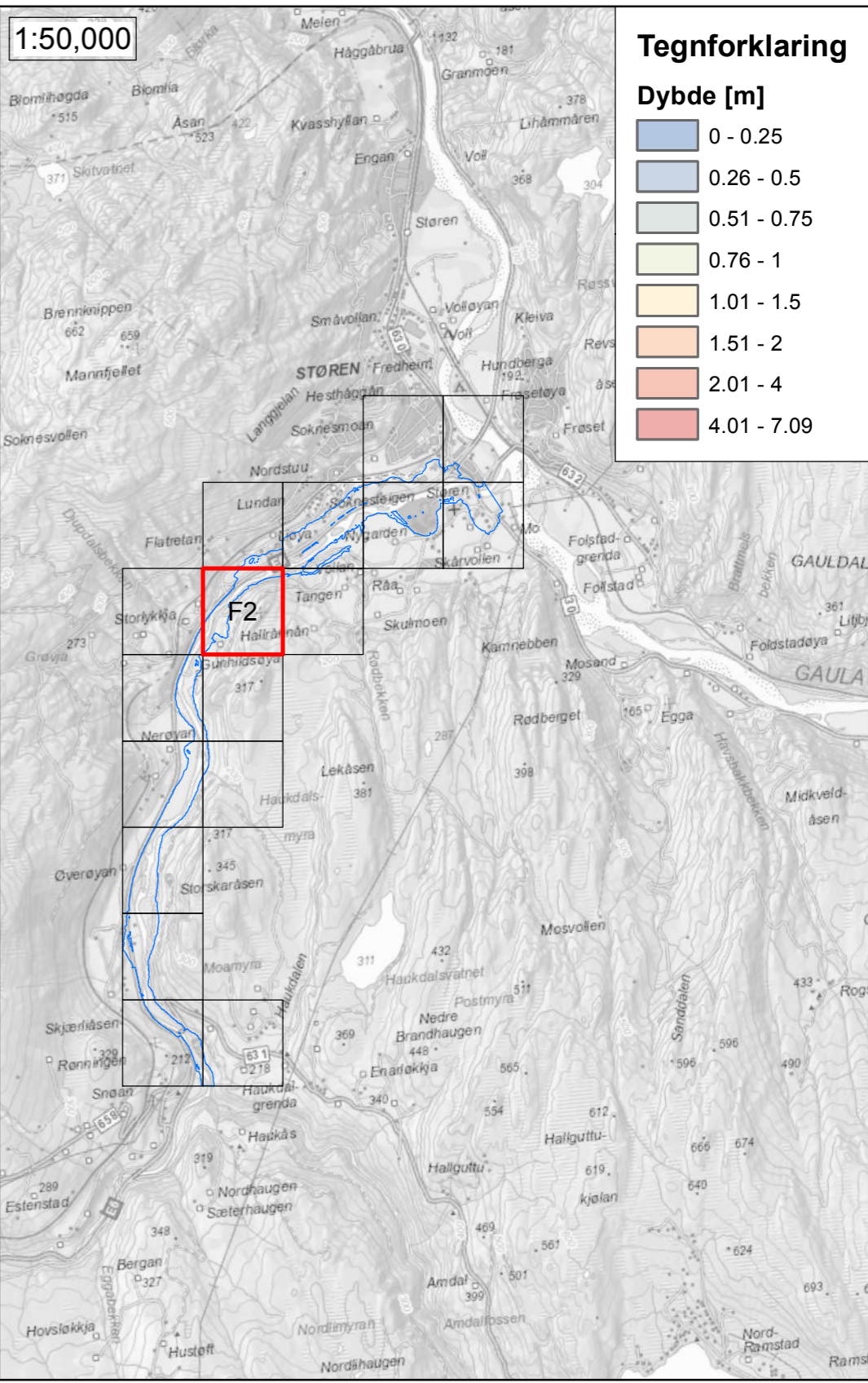
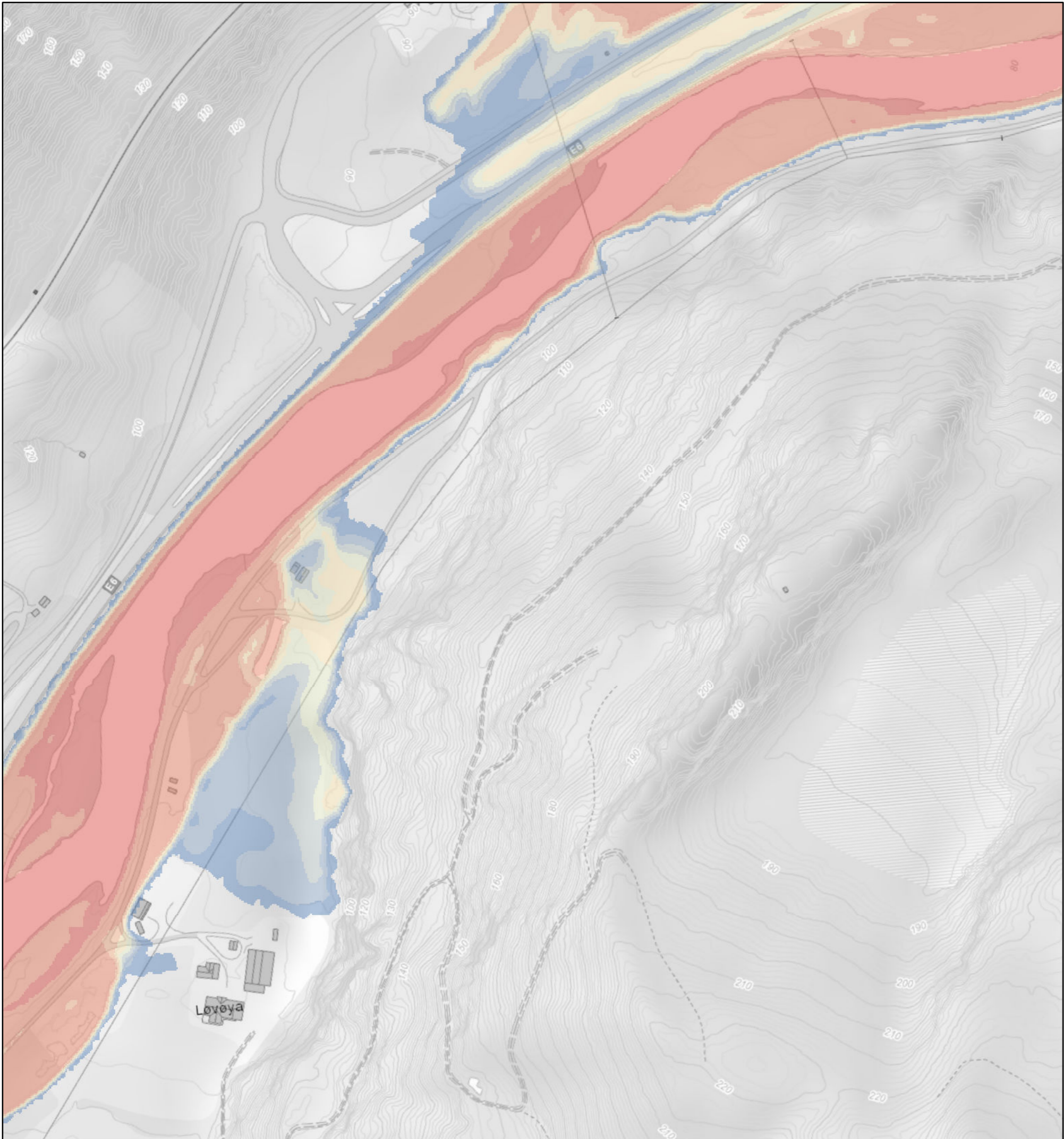
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 9 of 17
 Modul: F1
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

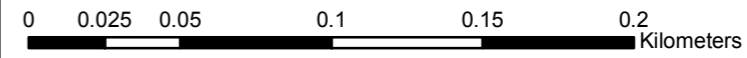
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

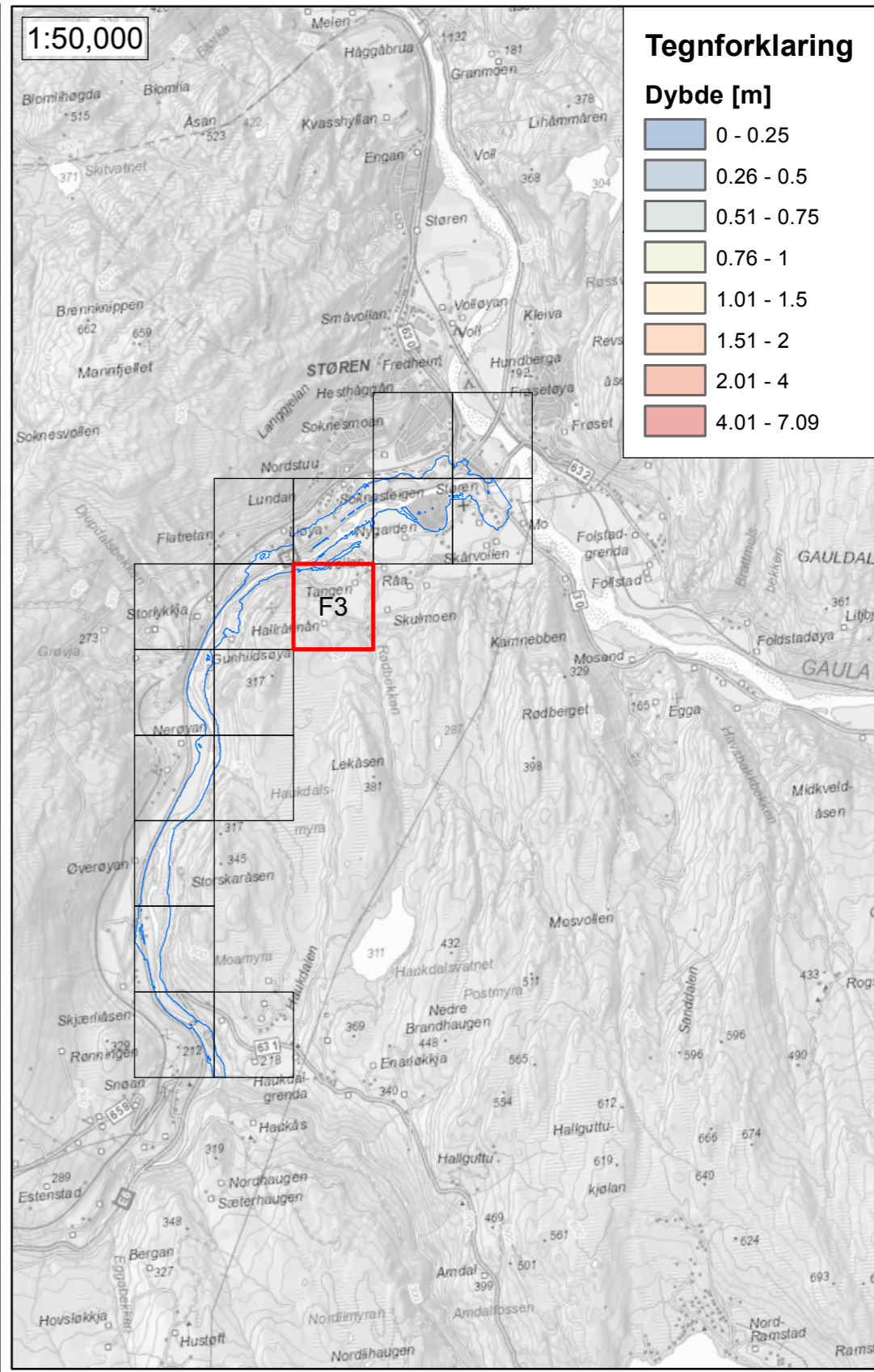
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 10 of 17
 Modul: F2
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

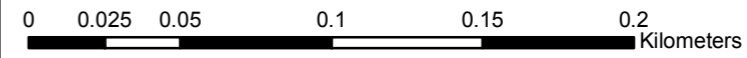
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

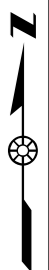
Flomsonekartlegging Sokna

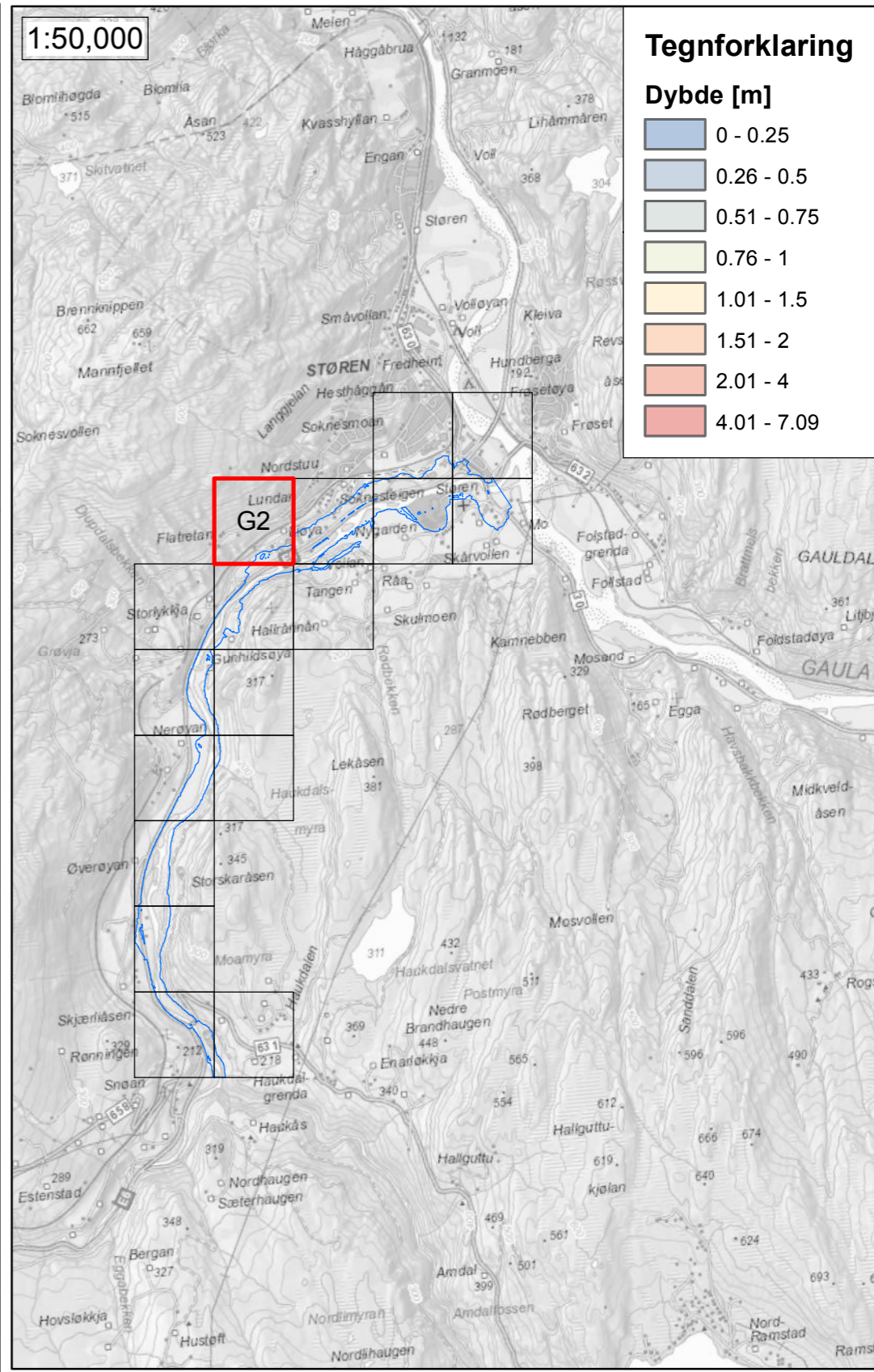
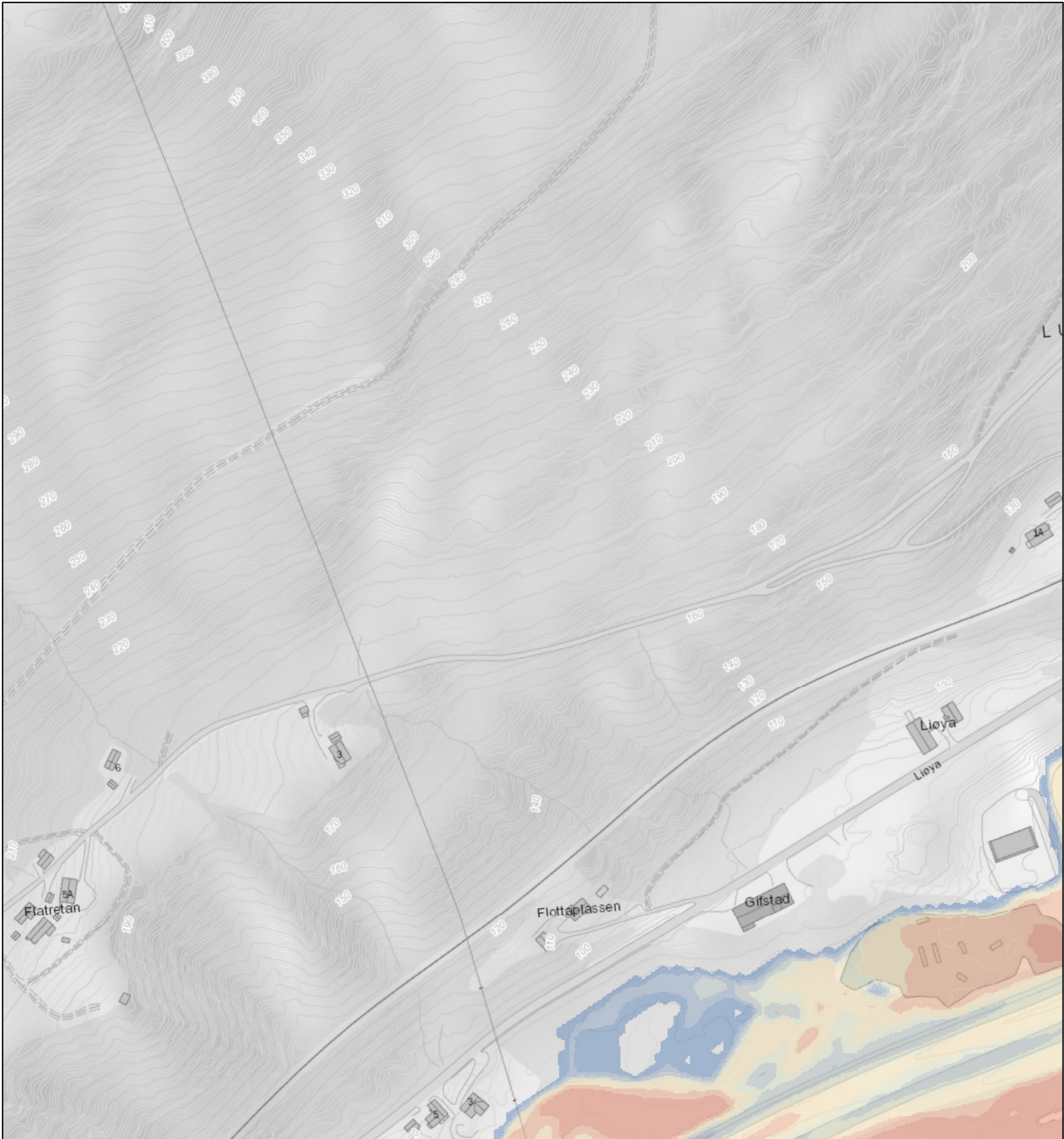
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 11 of 17
 Modul: F3
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

Dybde [m]

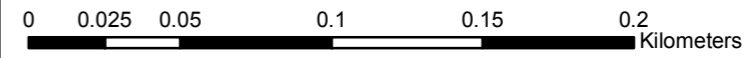
0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

1:50,000

Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

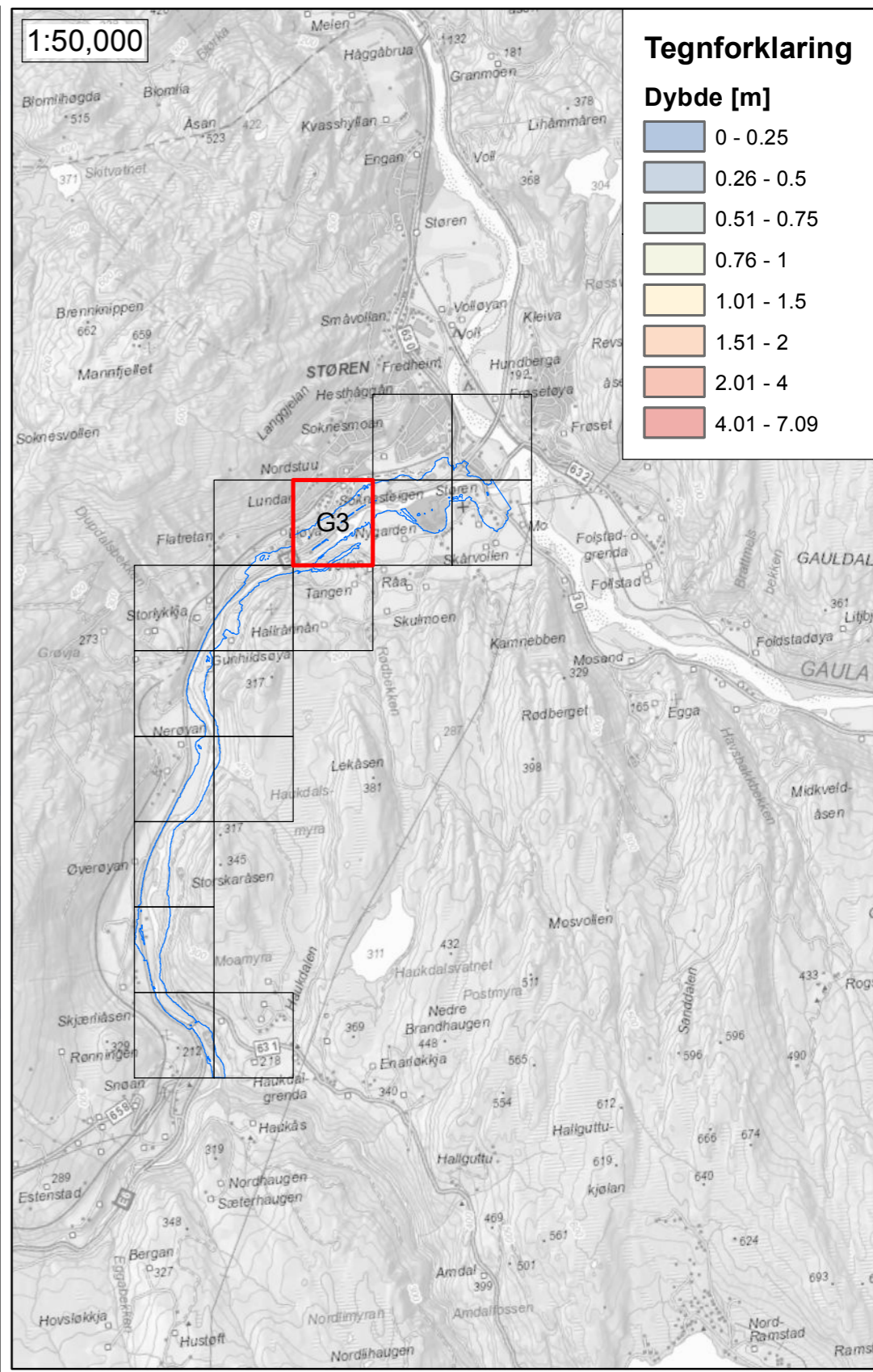
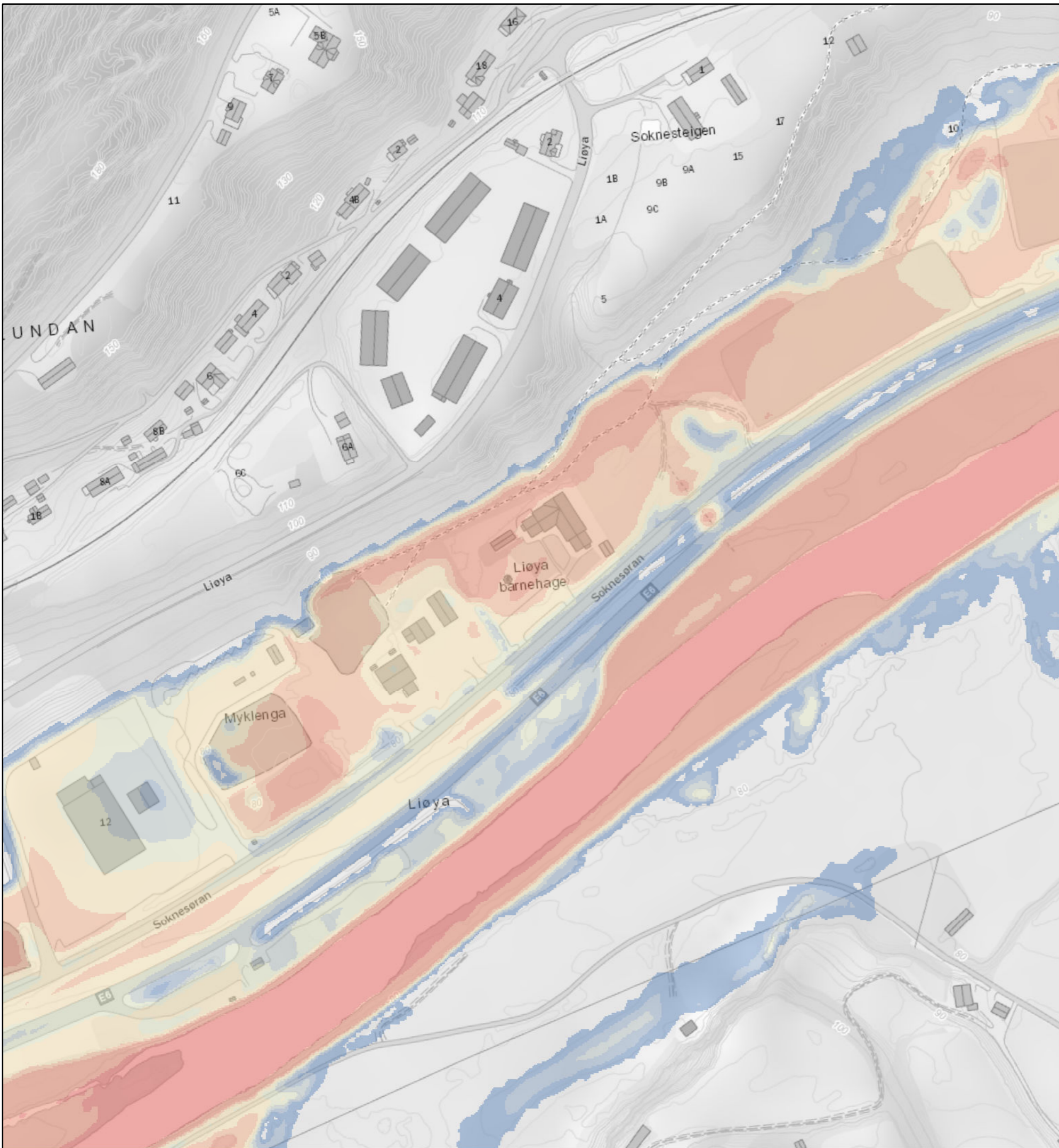
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 12 of 17
 Modul: G2

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

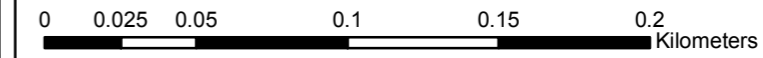
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

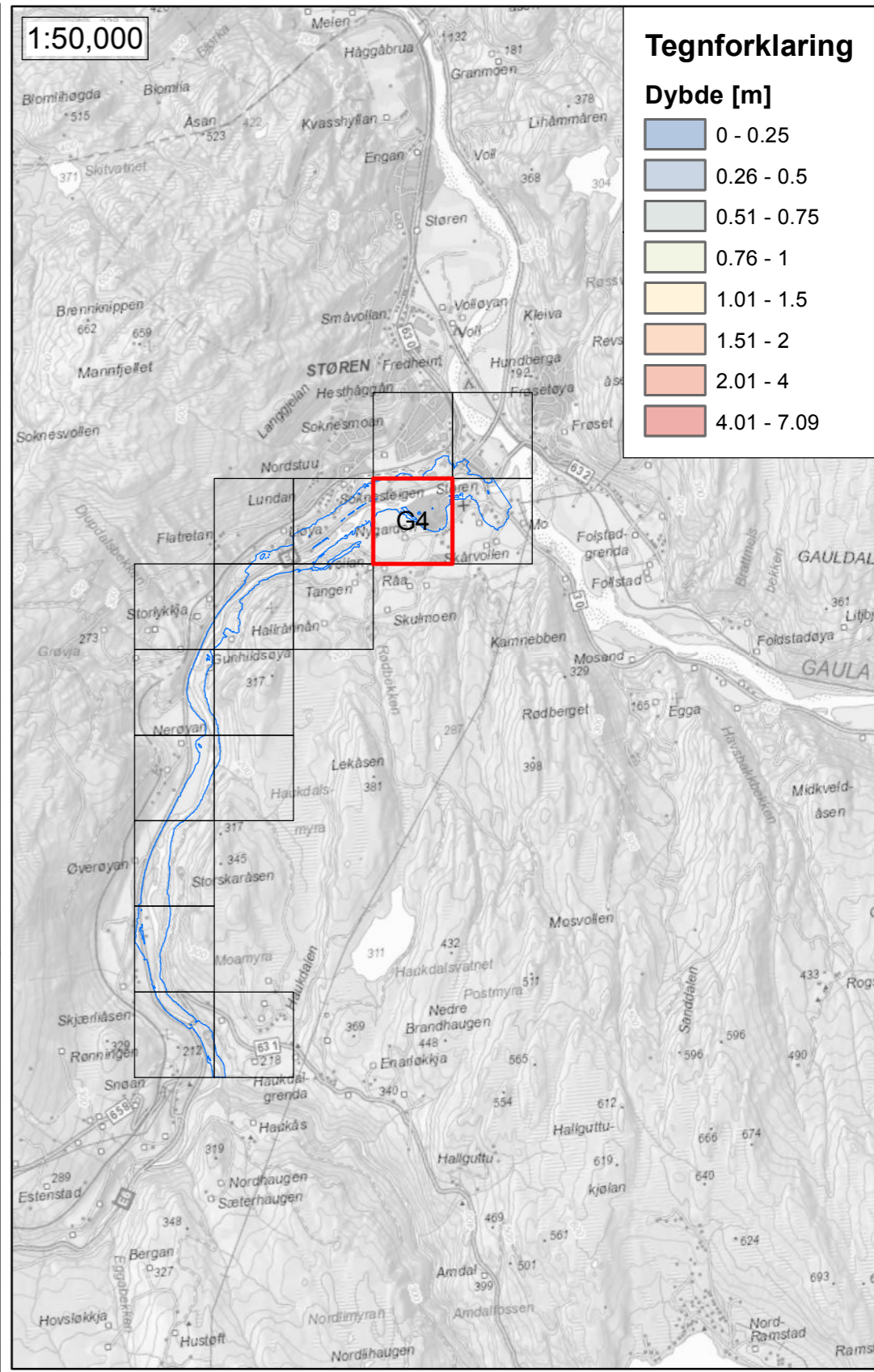
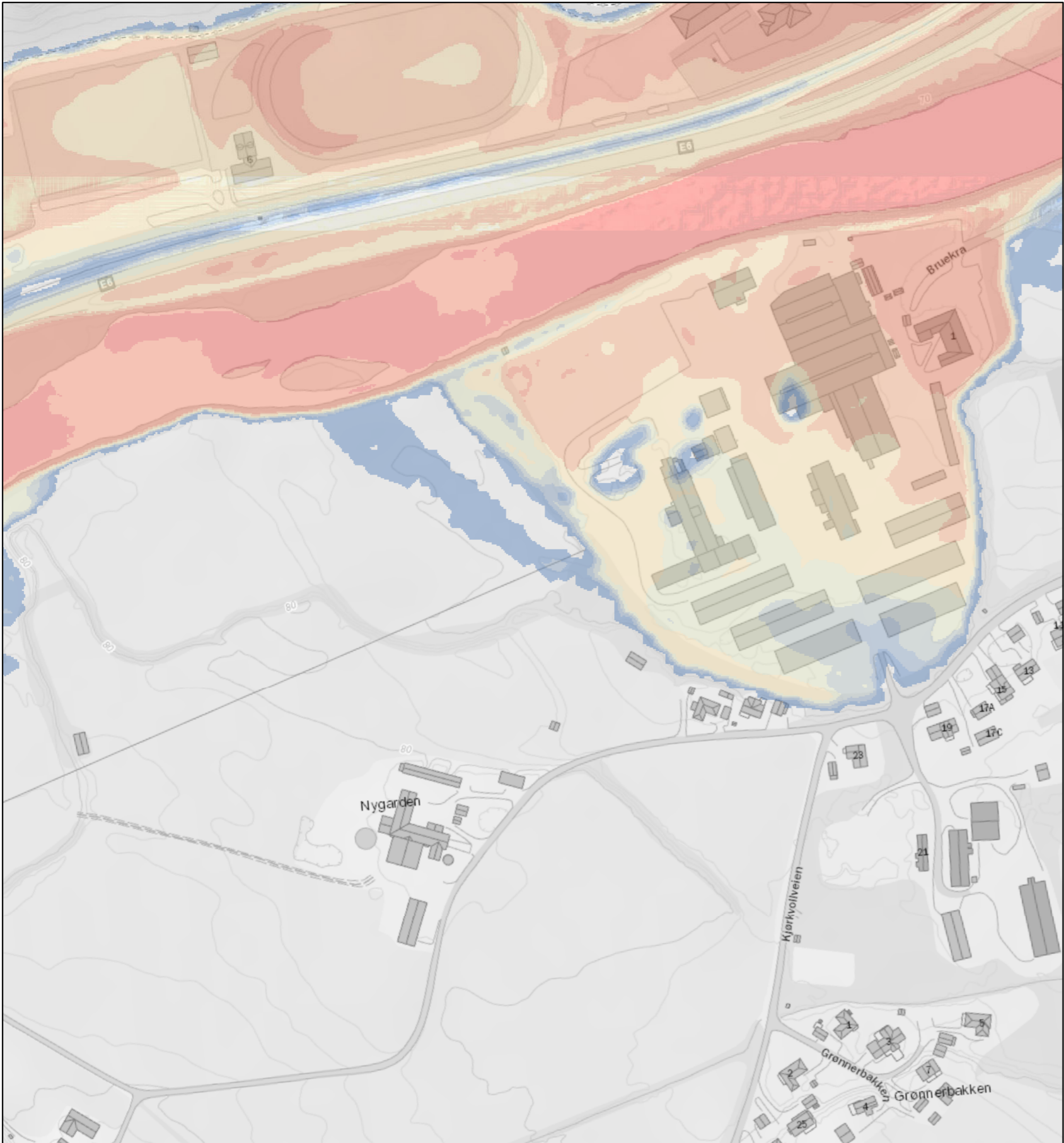
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 13 of 17
 Modul: G3
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten

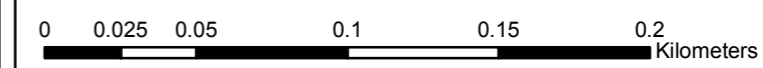




Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

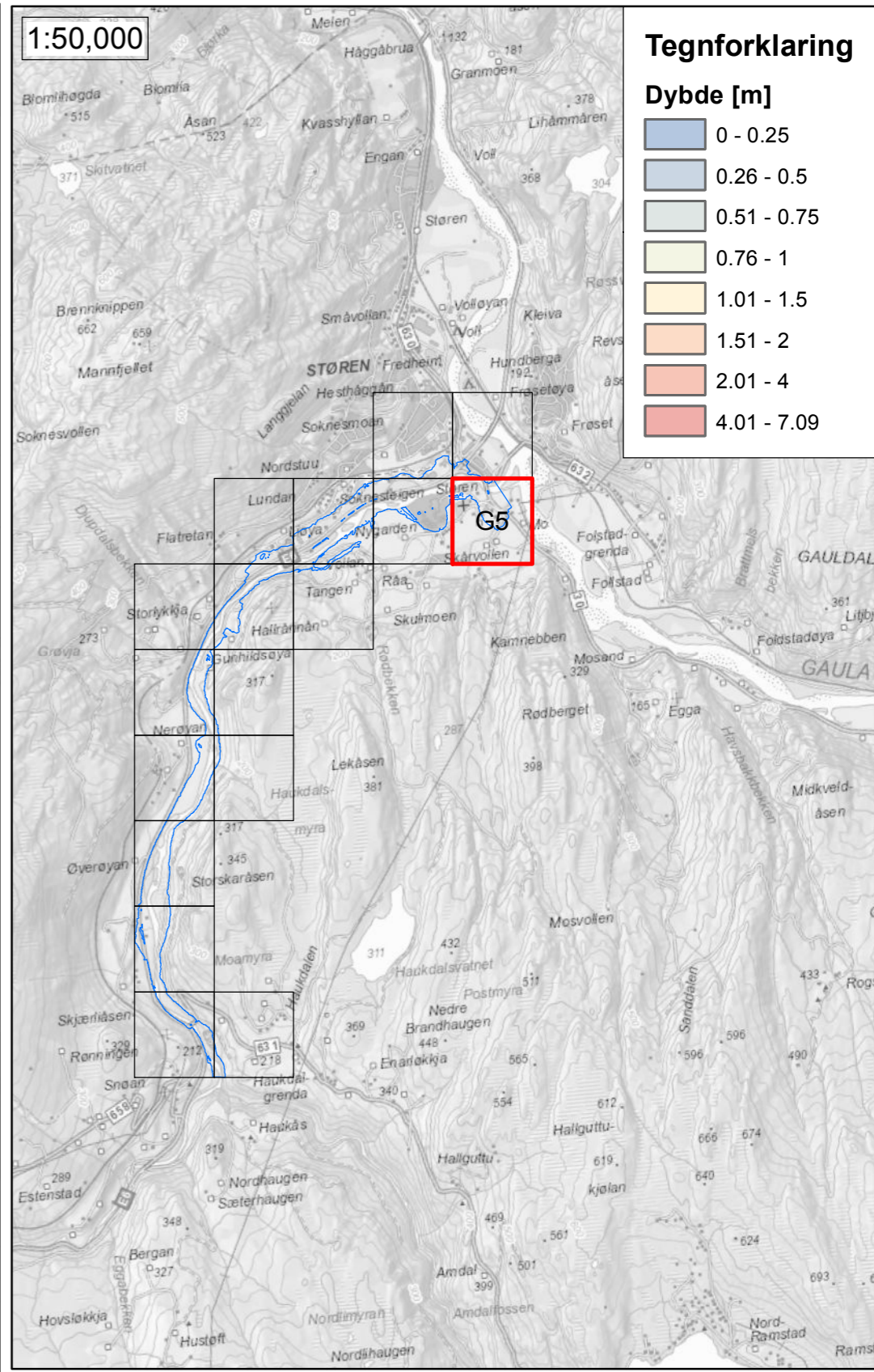
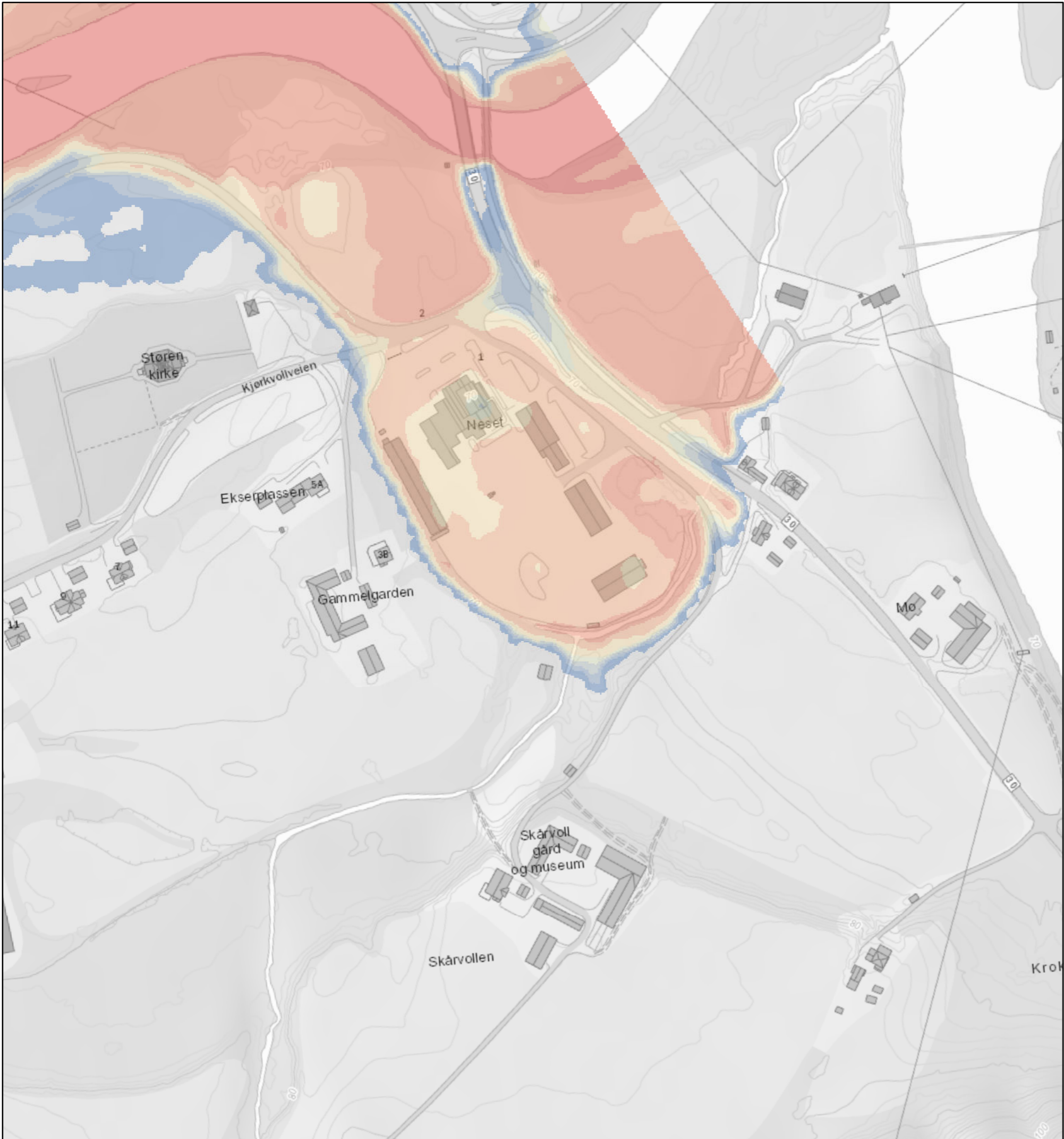
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 14 of 17
 Modul: G4

Gjeldende kartblad
 er tegnet med rød
 ramme i
 oversiktsruten





Tegnforklaring

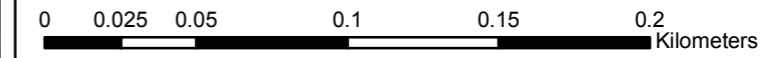
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonkartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

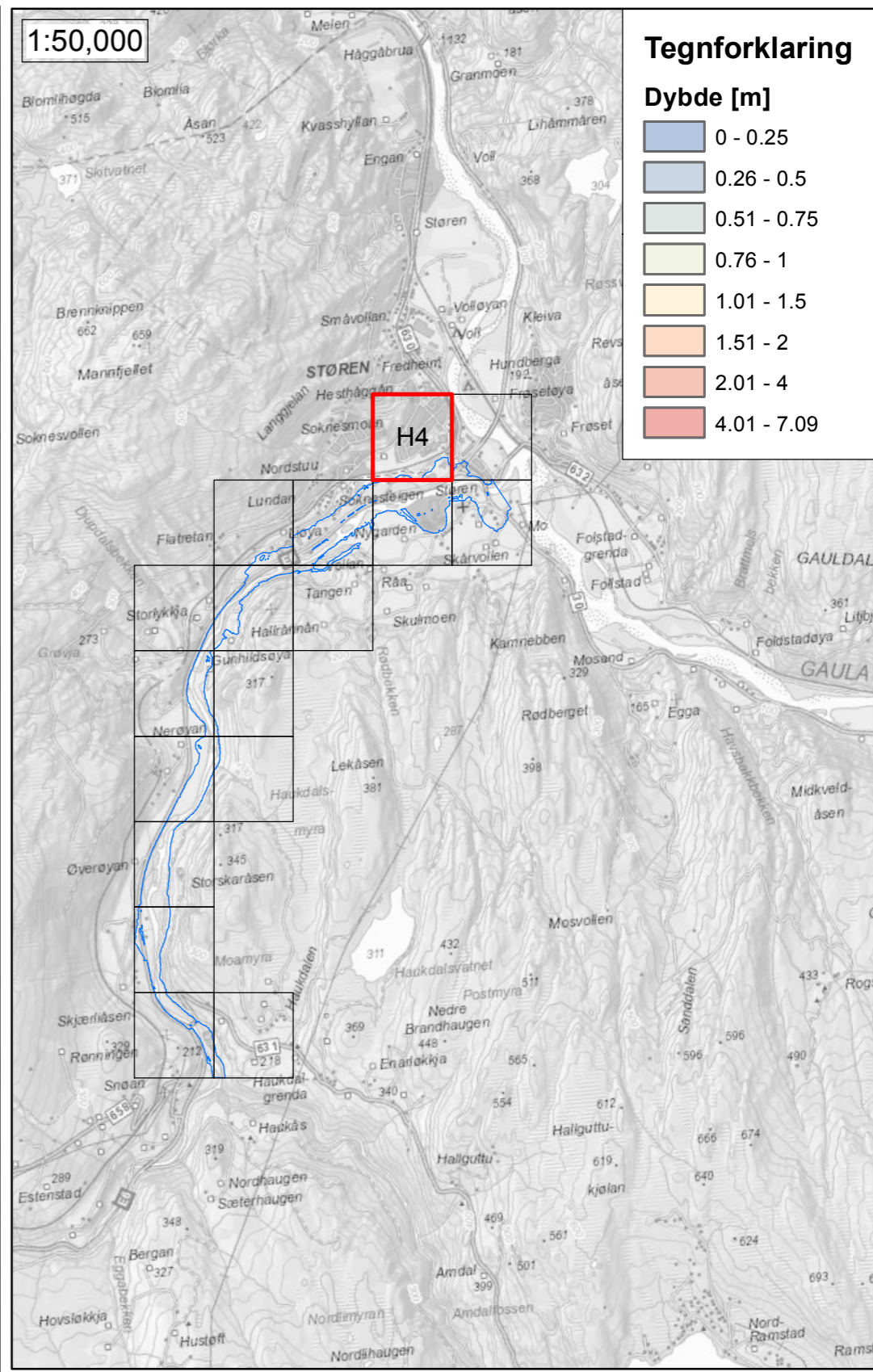
Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 15 of 17
 Modul: G5

Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

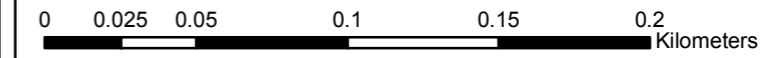
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

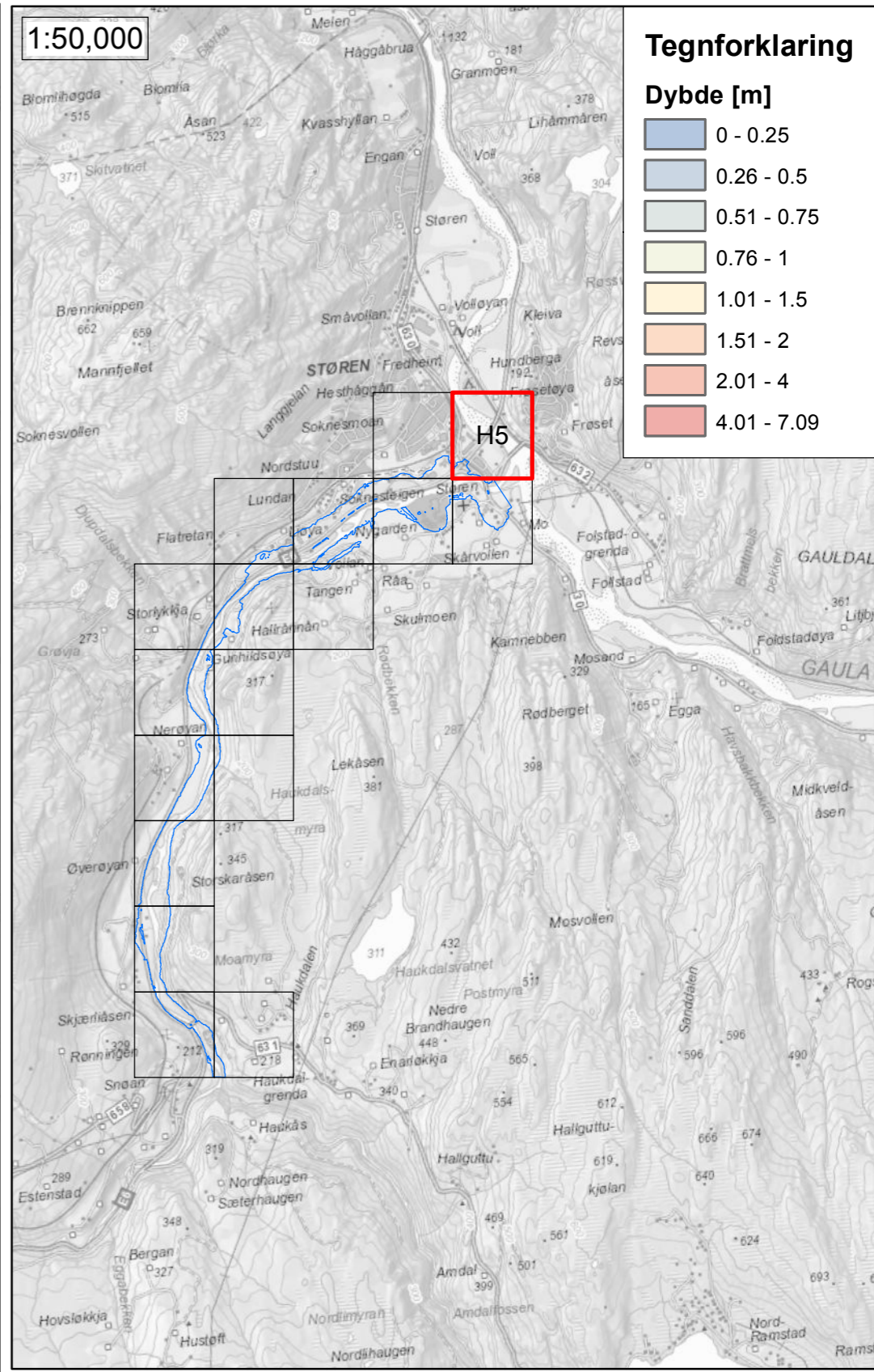
Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 16 of 17
 Modul: H4
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten





Tegnforklaring

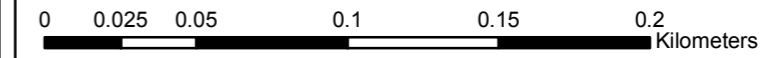
Dybde [m]

0 - 0.25
0.26 - 0.5
0.51 - 0.75
0.76 - 1
1.01 - 1.5
1.51 - 2
2.01 - 4
4.01 - 7.09

Flomsonekartlegging Sokna

Q₂₀₀ + 50% Vanndekt areal
 Målestokk: 1:2,500
 1 cm = 25 meters

Oppdragsgiver: Statens Vegvesen
 Oppdragsnummer: 12143214
 Utarbeidet av: nosavi
 Format: A3
 Name: Flomsone1_2500.mxd



Navigasjon:
 Side 17 of 17
 Modul: H5
 Gjeldende kartblad er tegnet med rød ramme i oversiktsruten

