



Flomberegning og kulvertanalyse ved ny gang- og sykkelveg Fv. 707 Rye-Spongdal

Petter Reinemo

10
2014



OPPDRAGSRAPPORT B

Flomberegning og kulvertanalyse ved ny gang- og sykkelveg

Fv. 707 Rye-Spongdal (122.3Z)

Rapport nr. 10

Flomberegning og kulvertanalyse ved ny gang- og sykkelveg (122.3Z)

Oppdragsgiver: Statens vegvesen

Forfatter: Petter Reinemo

Forsidefoto: Kvisetbekken

Sak: 201005405 Rammeavtale – Hydrologi i forbindelse med kryssing av vassdrag – Statens Vegvesen.

Emneord: Flomberegning og kulvertanalyse, Fv. 707 Rye-Spongdal.

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Mai 2014

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	6
2 Datainnsamling	6
3 Flomberegning	9
3.1 Metode.....	9
3.2 Beregnede vannmengder	10
4 Dimensjonering av kulverter	11
5 Erosjonssikring	12
6 Konklusjon	12
7 Referanser	13

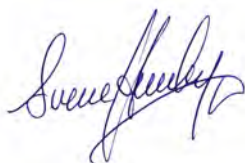
Forord

På oppdrag for Statens Vegvesen Region Midt har NVE, Hydrologisk avdeling, utført flomberegninger og hydrauliske beregninger for to kulverter på Byneset i Trondheim kommune. Dette i forbindelse med bygging av gang- og sykkelveg langs Fv. 707 Rye – Spongdal. Prosjektet er en del av den tidligere inngåtte rammeavtalen mellom Statens vegvesen og NVE som omhandler oppdrag i forbindelse med kryssing av vassdrag.

Analysen omfatter beregning av 200 års flommer, hydrauliske beregninger for utforming av kulverter og erosjonssikring. Arbeidet er blitt utført i mai 2014. Petter Reinemo har utarbeidet rapporten mens Per Ludvig Bjerke har stått for kvalitetssikringen.

Rapporten er utført på oppdragsbasis og er ikke en del av NVE sin forvaltningsmessige behandling av saken.

Oslo, juni 2014



Sverre Husebye
seksjonssjef



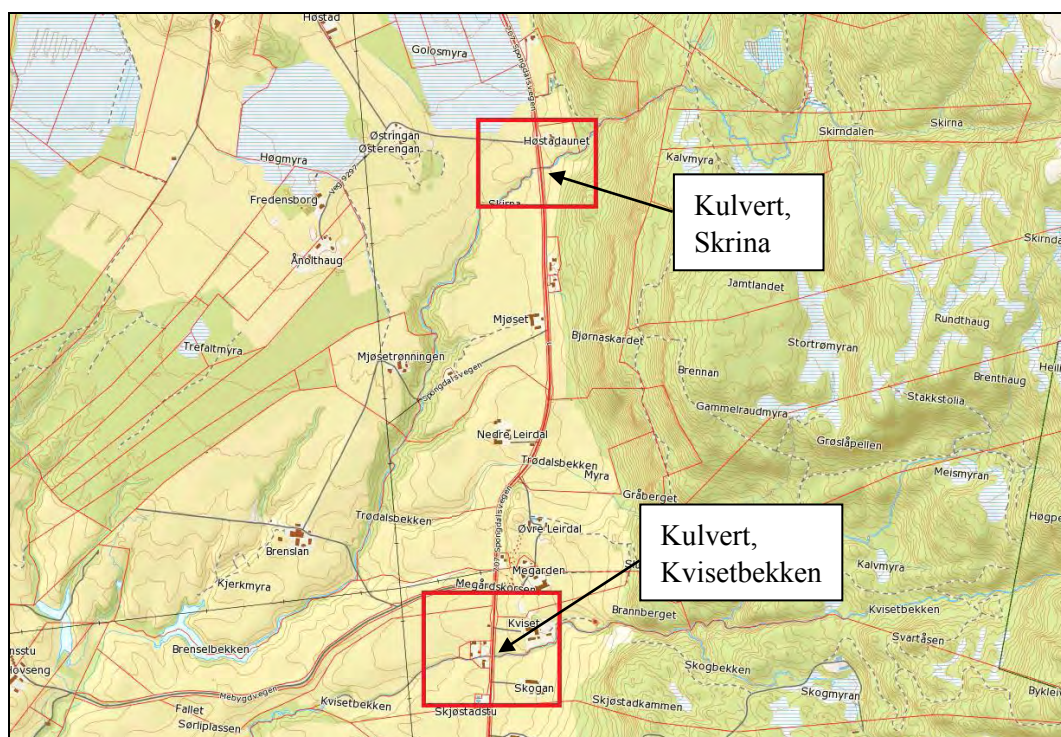
Petter Reinemo
prosjektleder

Sammendrag

Det er utført flomberegninger og hydrauliske analyser for to nye kulverter i forbindelse med ny gang- og sykkelveg på Fv. 707 Rye-Spongdal. De to kryssende bekkene innebefatter Kvisetbekken og Skirna vist på Figur 1. 200 års flommen er beregnet til 5,5 m³/s for Kvisetbekken og 3,0 m³/s for Skirna.

For Kvisetbekken anbefales det å forlengde den eksisterende kulverten på oppstrøms side. I Skirna har eksisterende kulvert for liten kapasitet til å ta unna for 200 års flommen. Det anbefales at hele kulverten byttes ut med en rektangulær kulvert der $H*B > 1,2*1,75$ meter. Eventuelt kan en Ø1500-kulvert benyttes.

Det er beregnet en nødvendig steinstørrelse $D_{50} = 40$ og 50 cm for erosjonssikring av bekkeløp i henholdsvis Skirna og Kvisetbekken.



Figur 1: Oversiktskart over vegstrekningen der Kvisetbekken og Skirna krysser Fv. 707.

1 Innledning

Statens vegvesen planlegger ny gang- og sykkelvei langs deler av Fv 707 på Byneset i Trondheim. I den forbindelse skal kulverter utbedres der Kvisetbekken og Skirna krysser Fv. 707. Kulvertene skal tilfredsstillere kravene til en 200 års flom.

I rapporten er 200 års flom for de to bekkene beregnet. Videre er nødvendig tverrsnitt på kulvertene beregnet samt nødvendig plastring ved inn- og utløpene. Figur 2 viser kartutsnitt over de aktuelle bekkestrekningene.



Figur 2: Kartutsnitt over de to bekkestrekningene der kulverter skal utbedres.
Kvisetbekken (v.) og Skirna (h.).

2 Datainnsamling

Nedslagsfeltene til de to kulvertene med tilhørende feltparametere er funnet ved bruk av NVE sin lavvannsapplikasjon. Feltene som drenerer til de to kulvertene er på 1,1 og 2,6 km². En liste over feltkarakteristikker er gitt i vedlegg 1 og 2.

Som grunnlag for analysen er det gjennomført en befarings av kulvertene der eksisterende kulverter og bekkeløp ble målt inn. Kulverten i Kvisetbekken er rektangulær der dimensjonen er noe varierende ($H = 1,75 - 2,00$ m, $B = 2,00 - 2,25$ m). Bekken har et jevnt fall på oppstrøms side der helningen er på ca 6 %. Eksisterende kulvert i Skirna har en diameter på 1,1 meter. Her er helningen på bekkeløpet 20 meter oppstrøms kulverten på ca 9 %. De siste 10 meterne er noe brattere (ca 15%). Innløpet til kulverten er delvis fylt med stein som reduserer kapasiteten (Figur 5).



Figur 3: Innløpet til eksisterende kulvert i Kvisetbekken.



Figur 4: Utløpet til eksisterende kulvert i Kvisetbekken.



Figur 5: Innløpet til eksisterende kulvert i Skirna.



Figur 6: Utløpet til eksisterende kulvert i Skirna.

3 Flomberegning

3.1 Metode

Det foreligger ingen vannføringsmålinger i Kvisetbekken eller Skirna. For analyse av flomvannmengder blir derfor målinger fra utvalgte referansefelt samt den rasjonale formelen benyttet. Aktuelle feltparametere og data fra de utvalgte referansefeltene samt Kvisetbekken og Skirna er gitt i Tabell 1. Utstrekningen til de aktuelle nedslagsfeltene er gitt i vedlegg 1 og 2.

Tabell 1: Data og feltparametere for utvalgte referansefelt, Kvisetbekken og Skirna.

Målestasjon	Vassdragsnr.	Areal (km ²)	Elvel. (km)	Elveg. (m/km)	S _{eff} (%)	Spesifikk avr. (l/sek/km ²)	Middelflom (l/sek/km ²)	År med målinger
Hokfossen	123,28	8,35	5,0	41,4	1,2	27,5	305,0	1969-1993
Svarttjønnbekken	123,29	3,04	3,7	44,3	0,7	32,9	373,4	1971-dd
Ø. Hestsjøbekk	123,30	1,93	1,8	40,2	0,0	29,5	414,0	1972-1993
Kobberdammen	123,95	0,85	1,0	125,1	6,0	35,3	250,6	2006 - dd
Aktuelle bekker								
Kvisetbekken	122,3Z	2,60	2,3	120,1	0,0	20,6*		
Skirna	122,3Z	1,1	1,8	212,7	0,0	21,7*		

* Verdier hentet fra NVE sin lavvannsapplikasjon.

Data fra referansefeltene og fra feltene til Kvisetbekken og Skirna danner grunnlaget for flomberegningene. Kvisetbekken og Skirna er karakterisert ved at nedslagsfeltene er små og bratte. Den medfører ofte en rask avrenning med markante flomtopper. Feltet til Kvisetbekken har to hovedløp som møtes ca 600 meter oppstrøms Fv. 707, mens Skirna har et hovedløp som går gjennom feltet.

Øvre Hestsjøbekk virker på bakgrunn av feltparametere og verdi for middelflom å være mest relevant. Kobberdammen ligger nærmest de aktuelle bekkene rent geografisk, men har et større vann (Kobberdammen) ved utløpet av feltet som kan gi en vesentlig dempningseffekt (i tillegg foreligger det få målinger). Av de utvalgte referansefeltene har Øvre Hestsjøbekk den høyeste spesifikke middelflommen.

Øvre Hestsjøbekk er på flere måter ulikt nedslagsfeltene til Kvisetbekken og Skirna. Feltet er både vesentlig flatere (gir ofte en høyere konsentrasjonstid), samt har en stor andel myr der det finnes flere mindre tjern. Dette medfører at feltet til Øvre Hestsjøbekk kan ha en markant dempningseffekt sammenlignet med de to aktuelle feltene. Det forventes derfor at en skalering av vannføringsdata fra Øvre Hestsjøbekk vil gi underestimerte flomverdier.

I tillegg til å skalere vannføringsserien fra Øvre Hestsjøbekk er den rasjonale formelen benyttet for beregning av vannmengde. Metoden er blant annet beskrevet i Vassdragshåndboka (NVE, 2010). Den er benyttet for å gi et utvidet grunnlag for fastsettelse av dimensjonerende flommer. Formelen egner seg best for mindre felt (<0,2 – 0,5 km²) slik at det må forventes usikkerhet i beregningene. Usikkerheten ligger i stor grad i feltarealets homogenitet, avrenningskoeffisient og benyttet dimensjonerende nedbør. Usikkerhet antas å være større rundt beregningene av Kvisetbekken enn for Skirna på bakgrunn av større feltareal.

3.2 Beregnede vannmengder

Flomfrekvensanalyse av skalert måleserie fra Øvre Hestsjøbekk:

En GEV (General Extreme Value)-fordeling er benyttet ved flomfrekvensanalyse av måleserien fra Øvre Hestsjøbekk. Det er funnet følgende forhold mellom en gitt flomvannmengde og middelflom: 10-årsflom: 1.20, 50-årsflom: 2.03, 100-årsflom: 2.34, 200-årsflom: 2.70 og 1000-årsflom: 3.71.

Forholdet mellom kulminasjonsverdier og døgnverdier for middelflommen er diskutert i NVE (4/2011) og det er gitt formler som beskriver forholdet. Grunnlaget for formlene baserer seg på nedslagsfelt der feltarealene er mellom 5,9 og 4411 km². Det medfølger derfor en del usikkerhet til beregningene ved bruk av formlene. For felt tilsvarende Kvisetbekken og Skirna er det funnet et forholdstall på henholdsvis 2.17 og 2,28 for høstflommer.

Den rasjonale formelen:

Den rasjonale formelen beregner vannmengder basert på nedbørstatistikk (IVF-kurver), feltareal og antatt avrenningskoeffisient. Avrenningskoeffisienten er satt til 0,4 for alle returperiodene basert på en skjønsmessig vurdering av nedslagsfeltene samt aktuell litteratur. I praksis vil avrenningskoeffisienten ofte øke med økte returperioder som en konsekvens av større vannmengder og metning i feltet. Konsentrasjonstiden til de to feltene er beregnet fra empiriske formler for naturlig felt gitt i Berg (1992). Formlene tar hensyn til feltareal og høydeforskjell. IVF-kurve fra måleserie 68862 Trondheim (Voll, Moholt, Tyholt) er benyttet for å hente ut dimensjonerende nedbør.

Beregnete vannmengder:

Beregnete flomstørrelser fra flomfrekvensanalysen og den rasjonale formelen er gitt i Tabell 2.

Tabell 2: Beregnede momentanverdier for Kvisetbekken og Skirna.

Bekk	Metode:	Q10 (m ³ /s)	Q50 (m ³ /s)	Q100 (m ³ /s)	Q200 (m ³ /s)	Q1000 (m ³ /s)
Kvisetbekken	Flomfrekvensanalyse	1,75	2,50	2,75	3,25	4,40
Kvisetbekken	Rasjonale formel	3,00	4,00	4,50	4,50	
Skirna	Flomfrekvensanalyse	0,75	1,00	1,50	1,50	2,00
Skirna	Rasjonale formel	1,75	2,00	2,50	2,50	

Den rasjonale formelen gir høyere verdier enn skaleringen fra Øvre Hestsjøbekk for begge bekkene. Det er forventet at flomfrekvensanalysen og skalering av data fra Øvre Hestsjøbekk gir en underestimert vannmengde for Kvisetbekken og Skirna. Underestimeringen antas å være størst for Skirna på grunn en større elvegradient. Den rasjonale formelen gir en 200-årsflom som er henholdsvis 45 og 75 prosent større for Kvisetbekken og Skirna enn det flomfrekvensanalysen gir. Ut i fra vurderingen av nedslagsfeltene og data fra referansefeltene vurderes flomverdiene beregnet gjennom den rasjonale formelen å gi de mest troverdige verdiene.

For å ta hensyn til klimaforandringer i fremtiden anbefales det å legge til 20 % på de beregnede flomvannmengdene (NVE, 5/2011). Det gir følgende dimensjonerende vannmengder:

Kvisetbekken: $Q_{200} = 5,5 \text{ m}^3/\text{s}$

Skirna: $Q_{200} = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$

4 Dimensjonering av kulverter

For å beregne nødvendig dimensjon på kulvertene er det satt opp en Hec-Ras modell av de to bekkene. Modellen er basert på oppmåling av bekkene med GPS og data samlet inn ved befaringen. I modellene er det benyttet et Manningstall på 25 i bekkeløpet og 15 på sidekantene. Den nye gang- og sykkelvegen vil ligge på oppstrøms side av Fv. 707 ved Kvisetbekken og på nedstrøms side av Skirna. Det kan derfor være aktuelt med en forlengelse av kulvertene. Normalstrømning er benyttet som oppstrøms og nedstrøms grensebetingelse. Oppsummering av resultatene fra beregningene er gitt under.

Kvisetbekken:

Dagens kulvert ($H*B=1,75*2,00$) har tilstrekkelig kapasitet for en beregnet 200 års flom. Det anbefales at kulverten forlenges med et tilsvarende tverrsnitt eller større. Dersom hele kulverten skal byttes ut anbefales det et rektangulært tverrsnitt med $H*B > 1,75*2,00$ meter. ’

Skirna:

Kapasiteten til kulverten i Skirva ($D = 1,1$ m) er ikke tilstrekkelig for en 200 års flom. Det eksisterende innløpet er også delvis fylt opp med stein, jamfør figur 5, som reduserer kapasiteten ytterligere. Det anbefales å bytte ut hele kulverten under Fv. 707. I utgangspunktet anbefales det å benytte et rektangulært tverrsnitt da det ofte vil gi høyere kapasitet for en lavere vanndybde. Minimum tverrsnitt er funnet til $H*B = 1,20*1,75$ meter. Alternativt kan det anlegges en sirkulær kulvert der diameter anbefales $\geq 1,5$ meter.

Det anbefales at begge kulvertene legges innløpskontrollert noe som vil gi den beste utnyttelsen av kulvertens kapasitet. Kulvertene bør derfor legges med en helning på minimum 2,5 %. Ved innløpene anbefales det at det anlegges sidevanger/vingemur inn mot kulvertinntaket for å optimalisere de hydrauliske forholdene.

5 Erosjonssikring

Nødvendig erosjonssikring er beregnet ved bruk av Shields' formel som blant annet er beskrevet i NVE (4/2009). I tillegg er beregningene kontrollert opp mot resultater fra anbefalt formel for plastring av utløp i NVE (4/2009). Utløpet til kulvertene anses som mest utsatt for erosjon på bakgrunn av akselerasjonen til vannet gjennom kulverten. Manningsformel er benyttet for å beregne vannhastigheten ut av kulverten (forutsatt normalstrømning). Det er benyttet en sikkerhetsmargin på 1,2 i beregningene.

Resultatene fra beregning av nødvendig erosjonssikring i de to bekkene er gitt i tabell 3. D_{50} representerer den steinstørrelsen som 50% av prøven er mindre enn regnet etter vekt. $t_{innløp}$ angir nødvendig plastringstykkelse ved innløpet.

Tabell 3: Beregnet erosjonssikring for Kvisetbekken og Skirna.

Bekk	Vannhast. (m/s)	D_{15} (m)	D_{50} (m)	D_{85} (m)	D_{maks} (m)	$t_{innløp}$ (m)	$t_{utløp}$ (m)
Kvisetbekken	3,96	0,3-0,45	0,5	0,65-0,75	1,00	>0,75	>1,00
Skirna	3,36	0,2-0,35	0,4	0,5-0,6	0,75	>0,6	>0,8

Plastringen føres minimum 10 meter nedstrøms utløpet til kulvertene og fullføres til toppen av sidekantene av hver bekk.

6 Konklusjon

For Kvisetbekken anbefales det å forlenge den eksisterende kulverten med en tilsvarende dimensjon ($H*B > 1,75*2,00$). Dette da eksisterende kulvert har god nok kapasitet for en 200 års flom.

I Skirna anbefales det å bytte ut hele kulverten da eksisterende Ø1100-kulvert har for liten kapasitet for en 200 års flom. Det anbefales å benytte en kulvert med firkanttverrsnitt ($H*B > 1,2*1,75$) eller en Ø1500-kulvert.

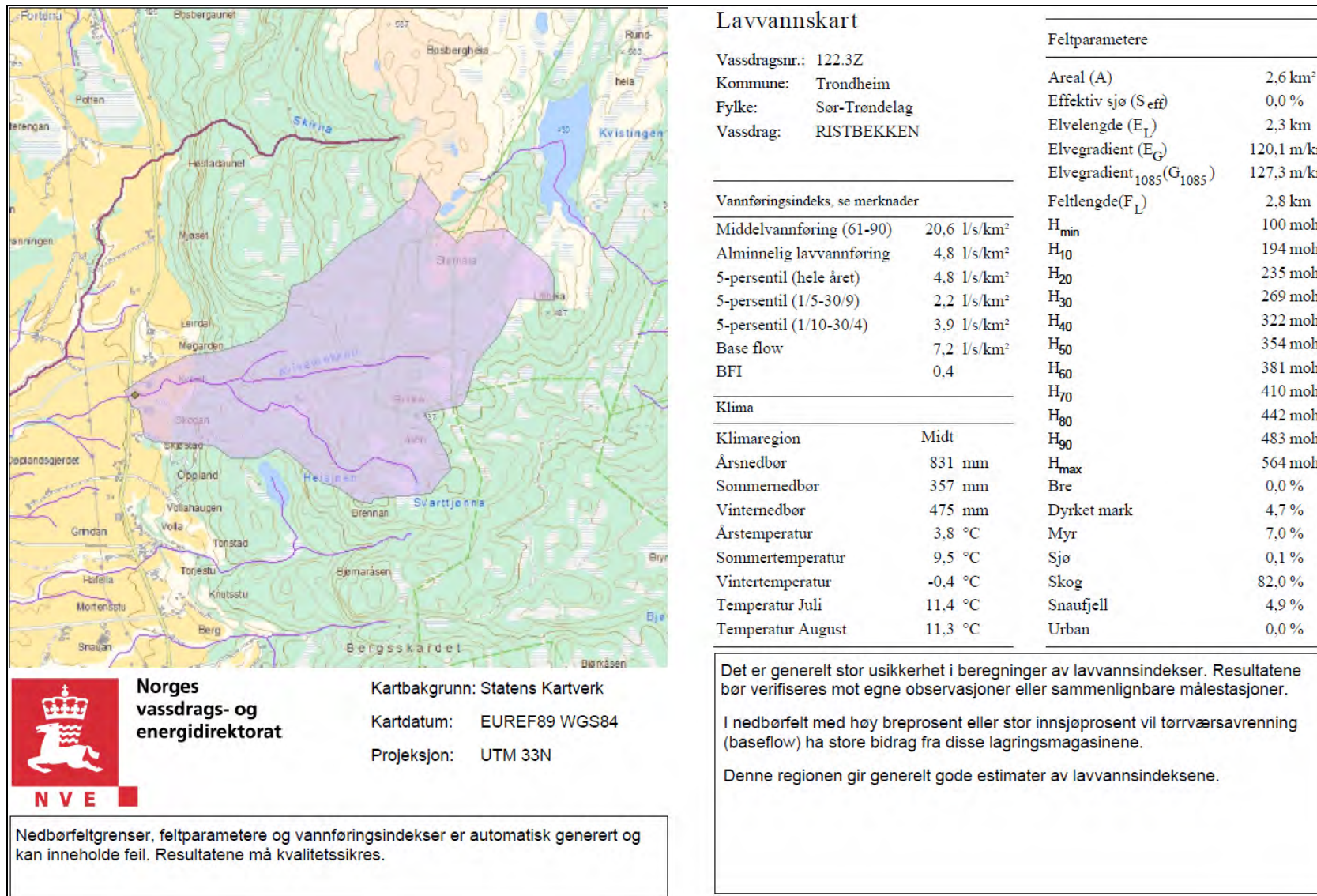
Bekkeløpene i tilknytting til kulvertene bør sikres mot erosjon. Utløpene av kulvertene anses som mest kritisk med tanke på erosjon. Erosjonssikring bør gjennomføres i henhold til tabell 3.

Kapasiteten kan økes ved å gjøre innløpsforholdene hydraulisk optimale, gjerne ved skrånende sidevanger enten prefabrikkert, plastøpt eller ved steinmur inn mot kulverten.

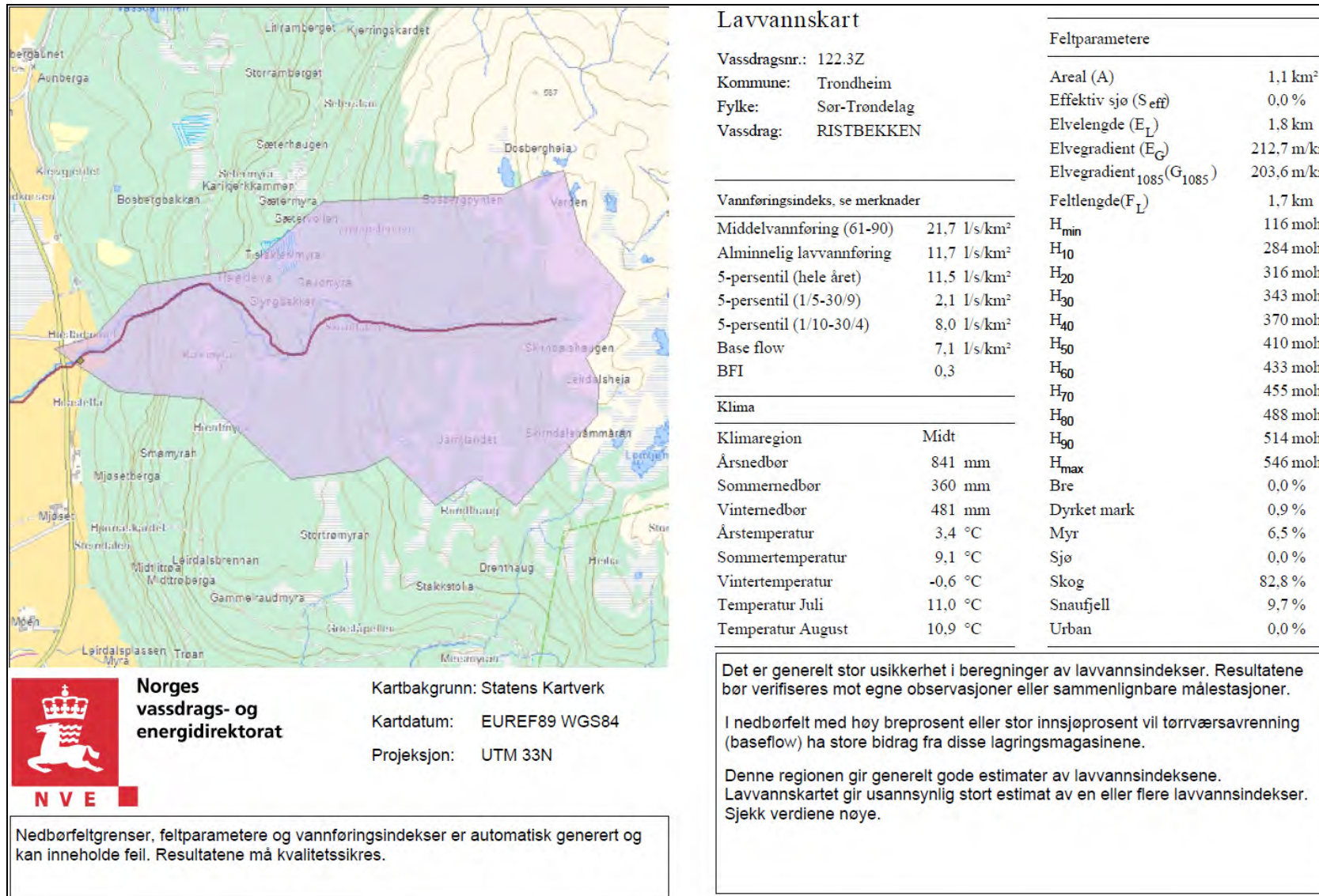
7 Referanser

- NVE (2010): Vassdragshåndboka.
- NVE (4/2011): Retningslinjer for flomberegninger
- Berg (1992): Flomberegning og kulvertdimensjonering, SINTEF-rapport STF60 A92101.
- NVE (5/2011): Hydrological projections for floods in Norway under a future climate.
- NVE (4/2009): Veileder for dimensjonering av erosjonssikringer av stein.
- Chow (1959): Open-channel hydraulics.

Vedlegg 1: Feltkarakteristikker for Kvisetbekken.



Vedlegg 2: Feltparameterer for Skirna.



Utgitt i Oppdragsrapport B-serien i 2014

- Nr. 1 Flomberegning for Skibotnvassdraget (205.Z). Lars-Evan Pettersson.
- Nr. 2 Flomberegning for Langblåelva (173.2Z). Lars-Evan Pettersson.
- Nr. 3 Flomberegninger for Slettelva, Rana kommune, Nordland (156.4Z). Per Alve Glad.
- Nr. 4
- Nr. 5 Hydraulisk analyse i forbindelse med tiltak i Driva nedstrøms Skoremsbrua. Per Ludvig Bjerke
- Nr. 6 Hydrauliske beregninger i forbindelse med bygging av ny Olseng bru ved Bangsund i Nord Trøndelag. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 7 Hydraulisk analyse i forbindelse med ny bru over Olvik vatn i Nordland. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 8 Flom- og vannlinjeberegning for Storelva ved Hundeide bru i Eid kommune, Sogn- og Fjordane 089.3. Péter Borsányi og Ann-Live Øye Leine
- Nr. 9 Hydrologiske undersøkelser i Leirdøla og Jostedøla. Årsrapport 2013. Bjarne Kjøllmoen
- Nr. 10 Flomberegning og kulvertanalyse ved ny gang- og sykkelveg. Fv. 707 Rye-Spongdal. Petter Reinemo.
- Nr. 11 Utredning av flomfare i Gardåa. Petter Reinemo.
- Nr. 12 Flom- og vannlinjeberegning av Geirangerelva ved Norsk Fjordsenter. Petter Reinemo.
- Nr. 13 Hydraulisk analyse i forbindelse med ny kulvert i Deildoelva i Hardanger. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 14 Flomberegning av tre vassdrag i tilknytning til Reguleringsplan for omkjøring i Hammerfest sentrum Petter Reinemo.
- Nr. 15 Vannlinjeberegning for Sandvikselva, Bærum kommune i Akershus. Thomas Væringstad og Byman Hamududu.
- Nr. 16
- Nr. 17 Flomberegning og hydrauliskanalyse i forbindelse med ny bru i Drangsdalen i Rogaland. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 18 Flomberegning og hydraulisk analyse for ny kulvert i Nordkjosbotn. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 19 Flomberegning og hydraulisk analyse for ny kulverter i Saltdalen. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 20 Flomberegning og hydraulisk analyse for ny kulverter mellom Fustvatn og Hattelva i Nordland. Per Ludvig Bjerke.
- Nr. 21 Flom- og vannlinjeberegning for Begna ved Tveit bru (012.N1) i Vang kommune, Oppland. Demissew K. Ejigu.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no

