Multiconsult

NOTAT

OPPDRAG	**E6 Selli-Asphaugen Reguleringsplan**	DOKUMENTKODE	416474-RIVass-NOT-001
EMNE	Hydrologi	TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAGSGIVER	**Statens vegvesen**	OPPDRAGSLEDER	Synøve Aursand
KONTAKTPERSON	Jorunn By	SAKSBEH	Ann Kristin Tuseth
KOPI		ANSVARLIG ENHET	

SAMMENDRAG

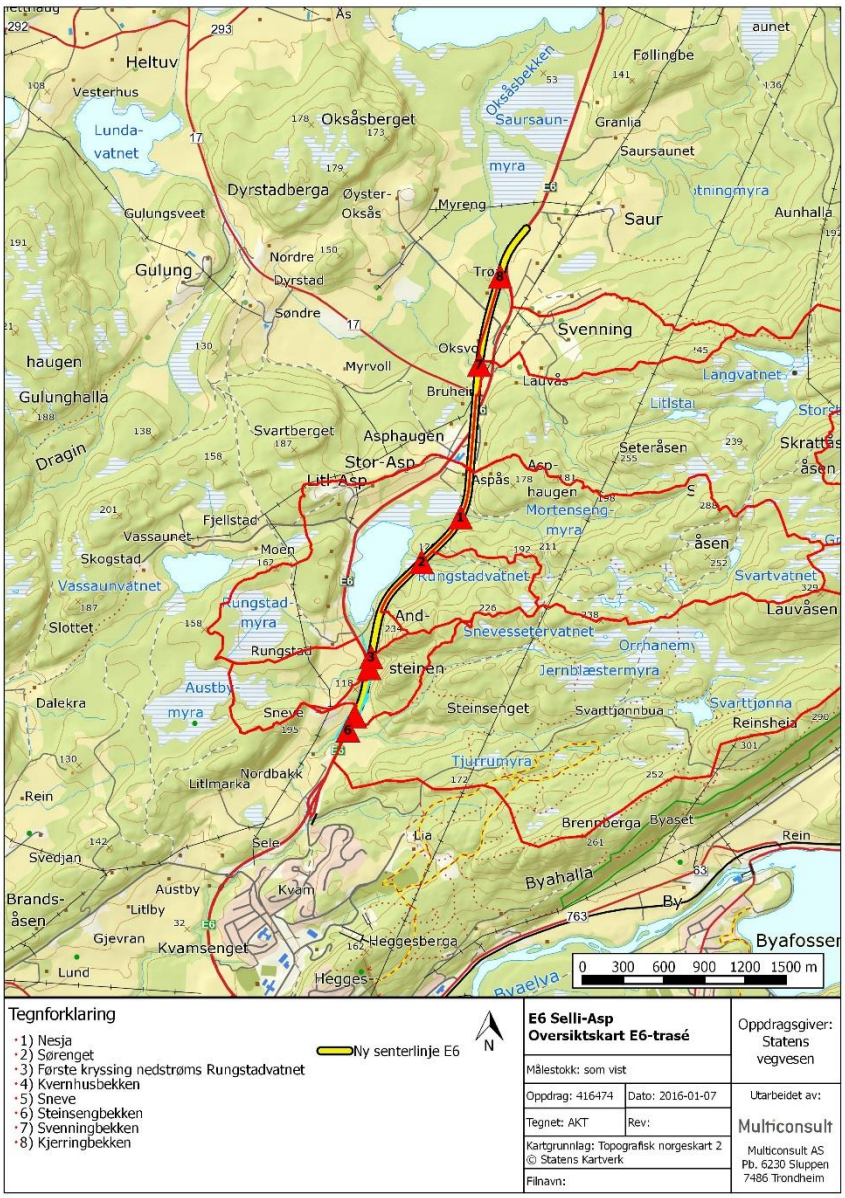
Ingen av de undersøkte rørene/kulvertene unntatt kulverten ved Sneve har tilstrekkelig kapasitet for en 200-årsflom. Anbefalte diametere for eksisterende og nye kryssinger er vist i kap.3. Beregningene er basert på innløpskontroll og at vannstand oppstrøms røret er lik rørets diameter. Hvis man aksepterer et dykket innløp kan flere av de eksisterende rørene ha tilstrekkelig kapasitet.

1 Innledning

Multiconsult er i forbindelse med utarbeidelse av reguleringsplan for nye E6 Selli-Asphaugen-Trøa bedt om å oppdatere de hydrologiske beregningene fra kommunedelplanen samt beregning av nødvendige kulvertdimensjoner for bekke- og elvekryssinger langs veien.

Det aktuelle området ligger nord, øst og sør for Rungstadvatnet ved Asphaugen i Steinkjer kommune. Valgt trasé for E6 er vist i figur 1. Ny vegtrasé krever oppdatering av flomberegninger og beregning av nødvendige diametere for rør og kulverter i det aktuelle området. Det er benyttet de samme målestasjonene som i arbeidet med kommunedelplanen, det er altså ikke gjort noen ny vurdering av aktuelle målestasjoner. Det hydrologiske datagrunnlaget er imidlertid oppdatert, og det er gjennomført en grundig befaring med oppmåling av rør og kulverter, samt fotodokumentasjon av samtlige elve- og bekkekryssinger. På grunnlag av oppmålte tverrsnitt er kapasiteten for eksisterende rør og kulverter vurdert. Vedlagte foto fra befaringen vil kunne være et godt grunnlag for senere hydraulisk modellering av de aktuelle bekkene/elvene ved detaljprosjektering.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
01	07.01.2016	Oppdatering av feltgrenser for ny E6-trasé. Tilsvarende oppdatering av flomstørrelser, kulvertdimensjoner og kart.	Ann Kristin Tuseth	Morten Skoglund	Synøve Aursand
00	13.08.2014	Beregning av flomstørrelser og kulvertdimensjonering	Ann Kristin Tuseth	Morten Skoglund	Morten Skoglund

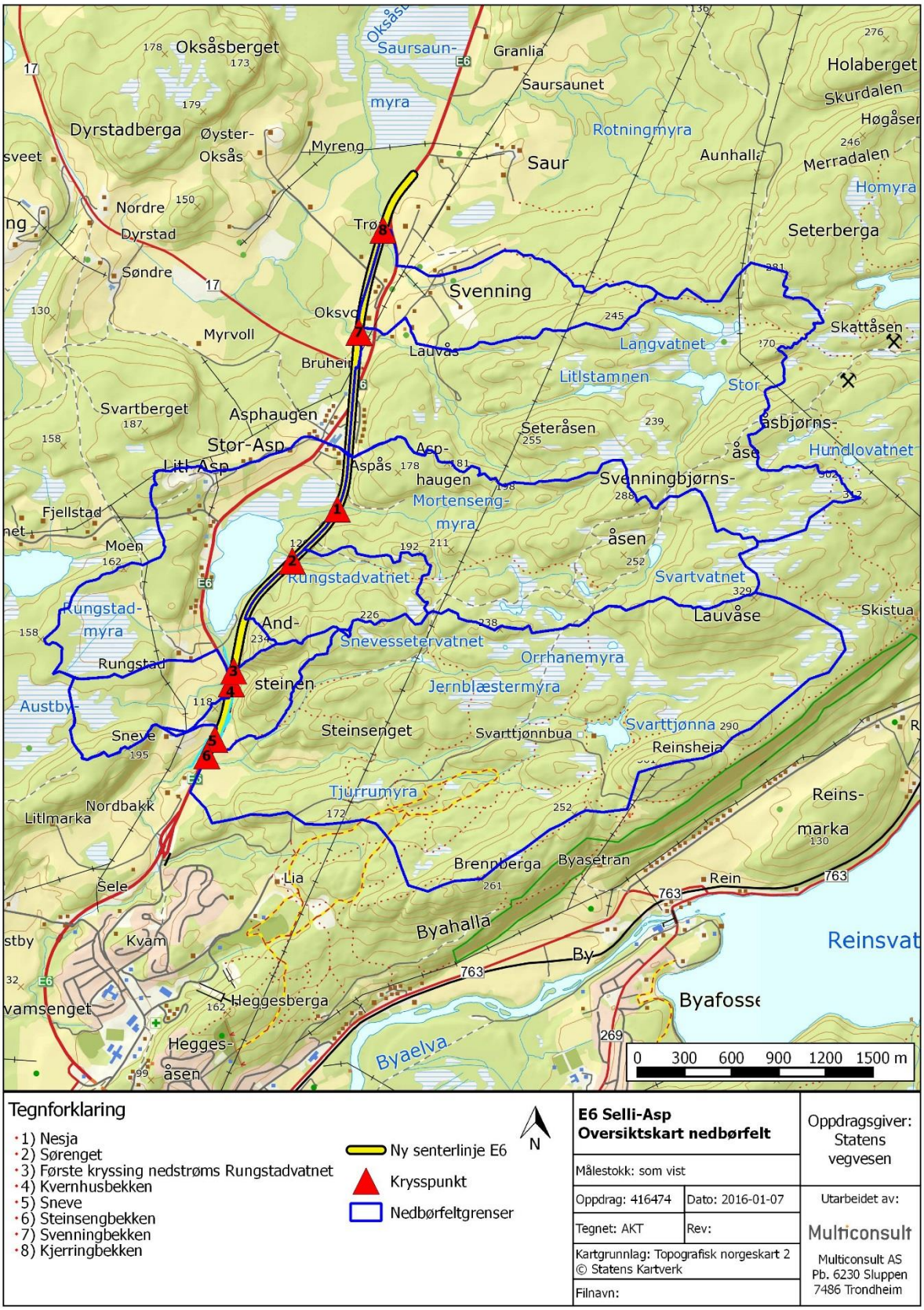


Figur 1 Valgt E6-trasé

2 Flomberegning

De aktuelle krysspunktene mellom bekker/elver og E6 er vist med tilhørende nedbørfelt i figur 2. Det er gjort noen antagelser ang. feltgrenser langs eksisterende veger og boligområder, dette kan gjøres mer nøyaktig i en senere fase men dette antas å ikke ha stor betydning for konklusjonen. 200-årsflom er beregnet med den rasjonelle metode og med flomfrekvensanalyse, og den høyeste flomverdien er valgt for hvert felt. Benyttede arealer og middelvannføring for de ulike nedbørfeltene er vist i tabell 1. Middelvannføringer er funnet med NVEs Lavvannapplikasjon.

Flomberegningene er utarbeidet på samme måte som i kommunedelplanen utført av Multiconsult i 2013, men beregningene er supplert med to ytterligere punkter; ny kryssing av E6 like nedstrøms Rungstadvatnet og kryssing av Steinsengbekken, hhv. punkt 3 og 6 i figur 2. Punkt 1-6 representerer kryssinger langs vassdraget på sørsiden av Asphaugen, mens punkt 7 og 8 viser kryssing av to uavhengige bekker på nordsiden av Asphaugen. Det finnes i tillegg en liten bekk som antagelig går i rør under nåværende E6 på Asphaugen (ved avkjørsel til Aspåsvegen). Dette feltet må også håndteres ved bygging av ny E6, men dette feltet er ikke inkludert i flomanalysen da feltarealet er minimalt (ca. 0,14 km²).



Figur 2 Nedbørfelt for krysspunkt mellom E6 og bekk/elv.

I flomfrekvensanalysen beregnes flomverdier basert på observerte flommer for målestasjoner i området. Flomfrekvensanalysen for de aktuelle feltene er basert på målinger fra stasjon 128.5 Støafoss for årene 1967-2012, og det er valgt å benytte fordelingsfunksjonen «General Extreme Value» da denne gir høyeste flomverdi (se vedlegg 1 for flomfrekvensplott). Nedbørfeltet til Støafoss er 476,6 km² og spesifikk middelflom er på 377 l/s/km². Arealet til de aktuelle nedbørfeltene rundt Rungstadvatnet er betydelig mindre enn dette, og det er derfor valgt en høyere spesifikk middelflom på 400 l/s/km² for disse feltene (mindre felt har større nedbørintensitet).

Den rasjonelle metode beregner flomverdier på grunnlag av målt regnintensitet for målestasjoner i området og avrenningskoeffisienter. Valgt målestasjon er 71000 Steinkjer - Søndre Egge. Valgt avrenningskoeffisient er 0,4 for samtlige felt. Koeffisienten tilsvarer skogsområder.

Flomverdier i tabellen er momentanverdier, dvs. at målt middelflom og 200-årsflom beregnet med flomfrekvensanalyse er ganget med en momentanfaktor (flomfrekvensanalysen er basert på gjennomsnittlige døgnverdier). Momentfaktorene (vist i Tabell 1) er beregnet ut fra regresjonsligninger i NVEs Retningslinjer for flomberegninger [1].

Tabell 1 Flomverdier

Nr.	Område	Nedbør-felt (km^2)	Middelvann-føring (m^3/s)	Mom.-faktor	Middel-flom Q_M (m^3/s)	200-årsflom Q_{200} (m^3/s) Flomfrekvens-analyse	200-årsflom Q_{200} (m^3/s) Den rasjonelle metode
1	Nesja	2,07	0,061	2,1	1,74	**4,81**	2,10
2	Bekk Sørenget	0,48	0,012	2,4	0,46	1,28	**1,50**
3	Første kryssing nedstrøms Rungstadvatnet	4,09	0,113	1,5	2,45	**6,80**	3,99
4	Kvernhusbekken	0,43	0,011	2,4	0,41	**1,14**	0,88
5	Kryssing ved avkjørsel Sneve	4,80	0,132	1,6	3,07	**8,51**	4,63
6	Steinsengbekken	4,31	0,124	2,0	3,45	**9,55**	3,88
7	Svenningbekken	2,96	0,090	2,0	2,37	**6,56**	3,00
8	Kjerringbekken	0,75	0,021	2,3	0,69	**1,91**	**1,91**

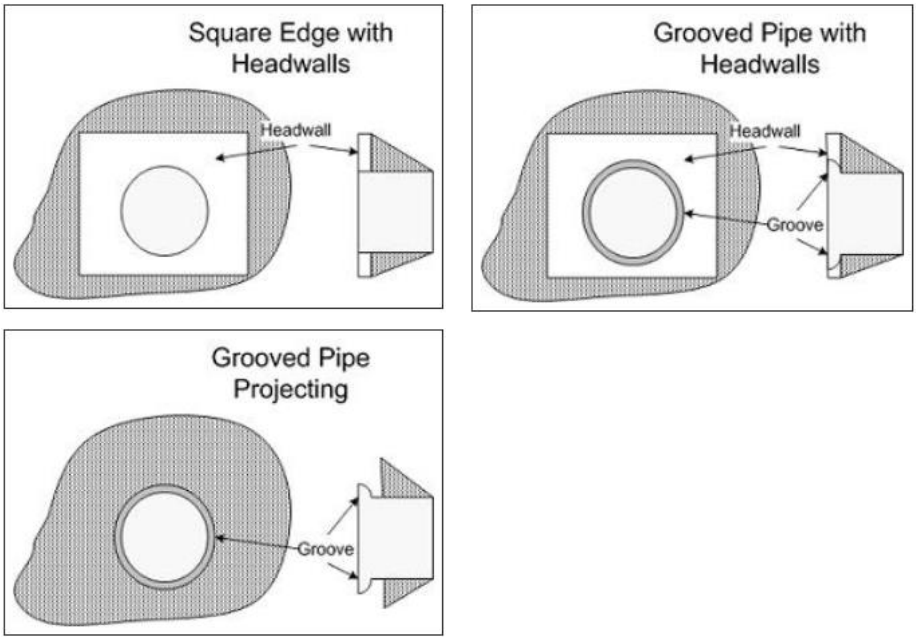
3 Rør og kulverter

I tabell 2 under er det beregnet nødvendig diameter for stikkrenner for de ulike bekkekryssingene. Beregningene gjelder for sirkulær stikkrenne/kulvert i betong (konservativt i forhold til plast), og vannstand ved innløpet er antatt lik rørdiameter. Verdiene for minimum diameter er lest ut fra nomogram (Chart 1A) fra rapporten *Hydraulic Design of Highway Culverts* [3], som forutsetter innløpskontroll for kulvertene. Det er dermed en forutsatt at kulvertene får en utforming som medfører innløpskontroll. Stikkrenner og korte kulverter med stort fall både i røret og nedstrøms utløpet (>10 ‰) har vanligvis innløpskontroll [1]. Rørdiametrene er dimensjonert for 200-årsflom tillagt en klimafaktor på 1,4 ut fra bestemmelser i Håndbok 018 [2] (i håndboken er det angitt en klimafaktor på 1,3 for 10-årsflommer og 1,4 for 100-årsflommer, det er derfor antatt en klimafaktor på 1,4 også for 200-årsflommer da man vanligvis ikke benytter høyere verdier enn 1,4). Rør som ligger oppstrøms selve kryssingen av E6 er tatt med dersom utilstrekkelig kapasitet på disse kan utgjøre en flomrisiko.

I nomogrammet må det velges én av tre innløpstyper for hvert krysningspunkt:

- Type 1: Square edge with headwall
- Type 2: Groove end with headwall
- Type 3: Groove end projecting

Illustrasjoner av de ulike innløpstypene er vist under [5].



Figur 2 Illustrasjoner av ulike innløpstyper for kulvert/rør

For de eksisterende rørene/kulvertene må det velges riktig innløpstype ut fra faktisk geometri. For de nye kryssingene er det valgt type 3, som tilsvarer et rør stikkende ut av terrenget. Type 1 er et vanlig kulvertinnløp med sidevegger, som for kulvertene ved Sneve og Steinsengbekken.

Valgt innløpstype har betydning for beregning av nødvendig diameter, slik at rør (type 3) og kulvert (type 1) på samme sted (og med samme dimensjonerende flom) kan få ulikt krav til nødvendig diameter.

Videre følger en oversikt over hvilke innløpstyper som er benyttet for krysspunktene vist i figur 2:

- Punkt 1: Type 3
- Punkt 2: Type 3
- Punkt 3: Type 3
- Punkt 4: Type 3
- Punkt 5: Type 1 for kulvert og type 3 for stikkrenne lenger oppstrøms
- Punkt 6: Type 1 for kulvert og type 3 for stikkrenner lenger oppstrøms
- Punkt 7: Type 3 for eksisterende stikkrenner og for stikkrenne under ny E6
- Punkt 8: Type 3 for eksisterende stikkrenne og for stikkrenne under ny E6

Tabell 2 Rørdimensjoner

Nr.	Område	Nedbørfelt (km^2)	Middelvann-føring (m^3/s)	Dimensjonerende flomverdi inkl. klimafaktor på 1,4 (m^3/s)	Minimum diameter stikkrenne (mm)
1	Nesja	2,07	0,061	4,81*1,4 = 6,73	1950
2	Bekk Sørenget	0,48	0,012	1,50*1,4 = 2,10	1175
3	Første kryssing nedstrøms Rungstadvatnet	4,09	0,113	6,80*1,4 = 9,52	2150
4	Kvernhusbekken	0,43	0,011	1,14*1,4 = 1,60	1050
5	Kryssing ved avkjørsel Sneve (stikkrenne 100 m oppstrøms kulvert)	4,80	0,132	8,51*1,4 = 11,9	2300 (evt. 2x1750)
	Kryssing ved avkjørsel Sneve (kulvert)	4,80	0,132	8,51*1,4 = 11,9	2380 (evt. 2x1800)
6	Steinsengbekken (stikkrenner 25 m oppstrøms kulvert)	4,31	0,124	9,55*1,4 = 13,4	2500 (evt. 2x1850)
	Steinsengbekken (kulvert)	4,31	0,124	9,55*1,4 = 13,4	2550 (evt. 2x1940)
7	Svenningbekken	2,96	0,090	6,56*1,4 = 9,18	2100 (evt. 2x1600)
8	Kjerringbekken	0,75	0,021	1,91*1,4 = 2,67	1300

I tabell 3 er målte dimensjoner for de eksisterende kulvertene og stikkrennene vist og sammenlignet med beregnede diametere fra nomogrammet. Hvert rør/kulvert er angitt med ok/ikke ok ut fra om målt diameter er større eller mindre enn beregnet diameter. For kulvertene som ikke har sirkulær form er lysåpningens areal regnet om til avledningskapasitet (m^3/s) ved bruk av nomogrammet.

Tabell 3 Mål av kulverter/stikkrenner og sammenligning med beregnede størrelser

Nr.	Område	Kryssing	Målte og beregnede dimensjoner	Status
4	Kvernhus-bekken	Stikkrenne	Eksisterende rør har D=0,5 m. Beregnet nødvendig diameter er 1,05 m.	Ikke ok
5	Sneve	Stikkrenne	Eksisterende rør har D=1,0 m. Beregnet nødvendig diameter er 2,30 m.	Ikke ok
		Bru til traktorveg	Eksisterende kulvert har lysåpning på ca. 2 m^2, tilsvarer sirkulært rør med D≈1,62 m. Beregnet nødvendig diameter for sirkulært rør er 2,38 m.	Ikke ok
		Kulvert	Eksisterende kulvert har lysåpning på ca. 6,16 m^2, tilsvarer sirkulært rør med D≈2,8 m. Beregnet nødvendig diameter for sirkulært rør er 2,38 m.	Ok
6	Steinseng bekken	Stikkrenner	Eksisterende rør har D=0,5 m og D=1,15 m, dette tilsvarer en avledningskapasitet på 0,24 + 2,0 m^3/s = 2,24 m^3/s. Skal til sammen avlede 13,5 m^3/s, som tilsvarer beregnet diameter på 2,50 m eller 2x1,85 m.	Ikke ok
		Kulvert	Eksisterende kulvert har D≈1,50 m. Beregnet nødvendig diameter for sirkulært rør er 2,55 m eller 2x1,94 m.	Ikke ok
7	Svenning bekken	Stikkrenner	Eksisterende rør har D=0,6 m og D=1,2 m, tilsvarer en avledningskapasitet på 0,4 + 2,2 m^3/s = 2,6 m^3/s. Skal avlede 8,93 m^3/s, som tilsvarer beregnet diameter på 2,10 m eller 2x1,60 m.	Ikke ok
8	Kjerring-bekken	Stikkrenne	Eksisterende rør har D=0,8 m. Beregnet nødvendig diameter er 1,18 m.	Ikke ok

Som nevnt er det ved bruk av nomogrammene tatt utgangspunkt i at vanndybde ved innløpet skal være lik rørets diameter. Hvis man aksepterer at rørets innløp blir dykket kan noen av rørene som er merket «ikke ok» likevel har tilstrekkelig kapasitet. Rørets kapasitet ved dykket innløp vil avhenge av hvor stor vanndybde man kan oppnå ved innløpet.

4 Grunnforhold

Det vil være nødvendig med erosjonssikring av elvebunn og sidekanter der man lager nye elveløp i forbindelse med etablering av kryssinger, spesielt rundt inn- og utløp. Nødvendige steinstørrelser kan beregnes basert på vannhastigheter ved dimensjonerende flom for de ulike feltene. Vannhastigheter kan man finne ved hydraulisk modellering av kryssingene.

I områder med potensiell skredfare må grunnen sikres ekstra nøye, gjerne med filterduk under erosjonssikringen. Der det er fare for at grunnen består av ustabile masser bør bunn og sider steinsettes av f.eks. samfengt stein i en dybde på 1-2 meter, og erosjonssikres opp til flomsonen [4].

5 Konklusjon

Ingen av de undersøkte rørene og kulvertene unntatt kulverten ved Sneve har tilstrekkelig kapasitet for en 200-årsflom, og bør derfor byttes ut for å tilfredsstille kravene. Anbefalte diametere er vist i kap.3. Beregningene er basert på innløpskontroll og vannstand oppstrøms røret lik rørets diameter. Hvis man aksepterer et dykket innløp kan flere av de eksisterende rørene ha tilstrekkelig kapasitet.

For dimensjonering av steinstørrelser til erosjonssikring bør det gjøres vannlinjeberegninger for å finne vannhastigheter.

Referanser og litteratur

[1] NVE 2011. Retningslinjer for flomberegninger.

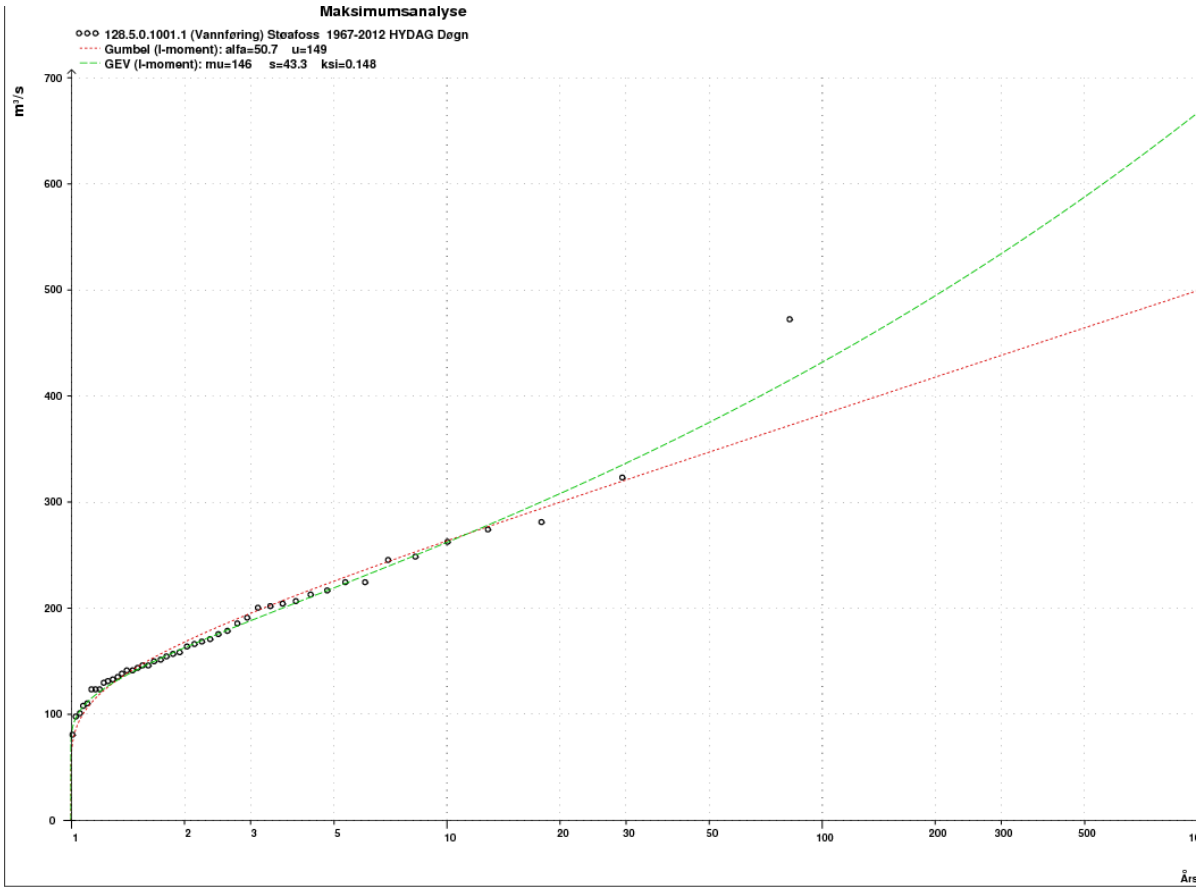
[2] Statens vegvesen 2011. Håndbok 018, Vegbygging.

[3] Federal Highway Administration 2012. *Hydraulic Design of Highway Culverts.*

[4] NVE 2010. Vassdragshåndboka.

[5] Aquaveo LLC. HY-8: Inlet Configurations.
http://xmswiki.com/xms/HY-8:Inlet_Configurations

Vedlegg 1: Flomfrekvensplott



Vedlegg 2: Foto av tiltaksområdet

Bilder fra befaring 22.2.2014. Bildene er gruppert i henhold til pkt. 1-8 i figur 2.

Pkt. 1: Nesja

Foto 1: Nesja sett oppover elva.

Foto 2: Eksisterende bro over Nesja. Område der ny vegtrasé vil krysse elva. Sett fra oppstrøms side.

Pkt. 2: Bekk Sørenget

Foto 3: Bekk Sørenget sett fra nedstrøms side, like ved utløpet til Rungstadvatnet.

Foto 4: Utløpet fra bekk Sørenget til Rungstadvatnet.

Pkt.3: Kryssing av elva like nedstrøms Rungstadvatnet:

Foto 5: Elva ca. 100 m nedstrøms utløpet fra Rungstadvatnet, sett oppover elva.

Foto 6: Elva ca. 100 m nedstrøms utløpet fra Rungstadvatnet, sett nedover elva.

Foto 7: Elva omtrent ved kryssing av ny vegtrasé like nedstrøms Rungstadvatnet.

Pkt.4: Kryssing av Kvernhusbekken

Foto 8: Utløp stikkrenne under E6 nederst midt i bildet.

Foto 9: Utløp stikkrenne fra Kvernhusbekken nederst i høyre hjørne. Hovedelva renner fra venstre mot høyre.

Pkt.5: Kryssing av elva ved avkjørsel til Sneve

Foto 10: Innløp til stikkrenne ca. 100 meter oppstrøms kulvert ved Sneve.

Foto 11: Utløp fra stikkrenne ca. 100 meter oppstrøms kulvert ved Sneve.

Foto 12: Traktorveg med bru over elva, ca. 40 meter oppstrøms kulvert ved Sneve.

Foto 13: Bru for traktorveg ca. 40 meter oppstrøms kulvert ved Sneve.

Foto 14: Utløp kulvert under E6 ved Sneve.

Foto 15: Område like nedstrøms kulvert ved Sneve.

Pkt. 6: Steinsengbekken

Foto 16: Steinsengbekken sett nedstrøms. Innløp til stikkrenner nederst i venstre hjørne.

Foto 17: Innløp til stikkrenner like oppstrøms kulvert. Kulvert under E6 kan ses i bakgrunnen.

Foto 18: Utløp stikkrenner like oppstrøms kulvert.

Foto 19: Innløp kulvert under E6.

Foto 20: Utløp kulvert under E6.

Pkt. 7: Svenningbekken

Foto 21: Kulvert oppstrøms stikkrenner, sett fra nedstrøms side.

Foto 22: Innløp til stikkrenner under E6.

Foto 23: Utløp stikkrenner under E6.

Foto 24: Område like nedstrøms stikkrenner under E6. Svenningbekken renner fra venstre mot høyre.

Foto 25: Område hvor ny E6 vil krysse Svenningbekken. Sett fra nord.

Pkt.8: Kjerringbekken

Foto 26: Liten kulvert oppstrøms stikkrenne.

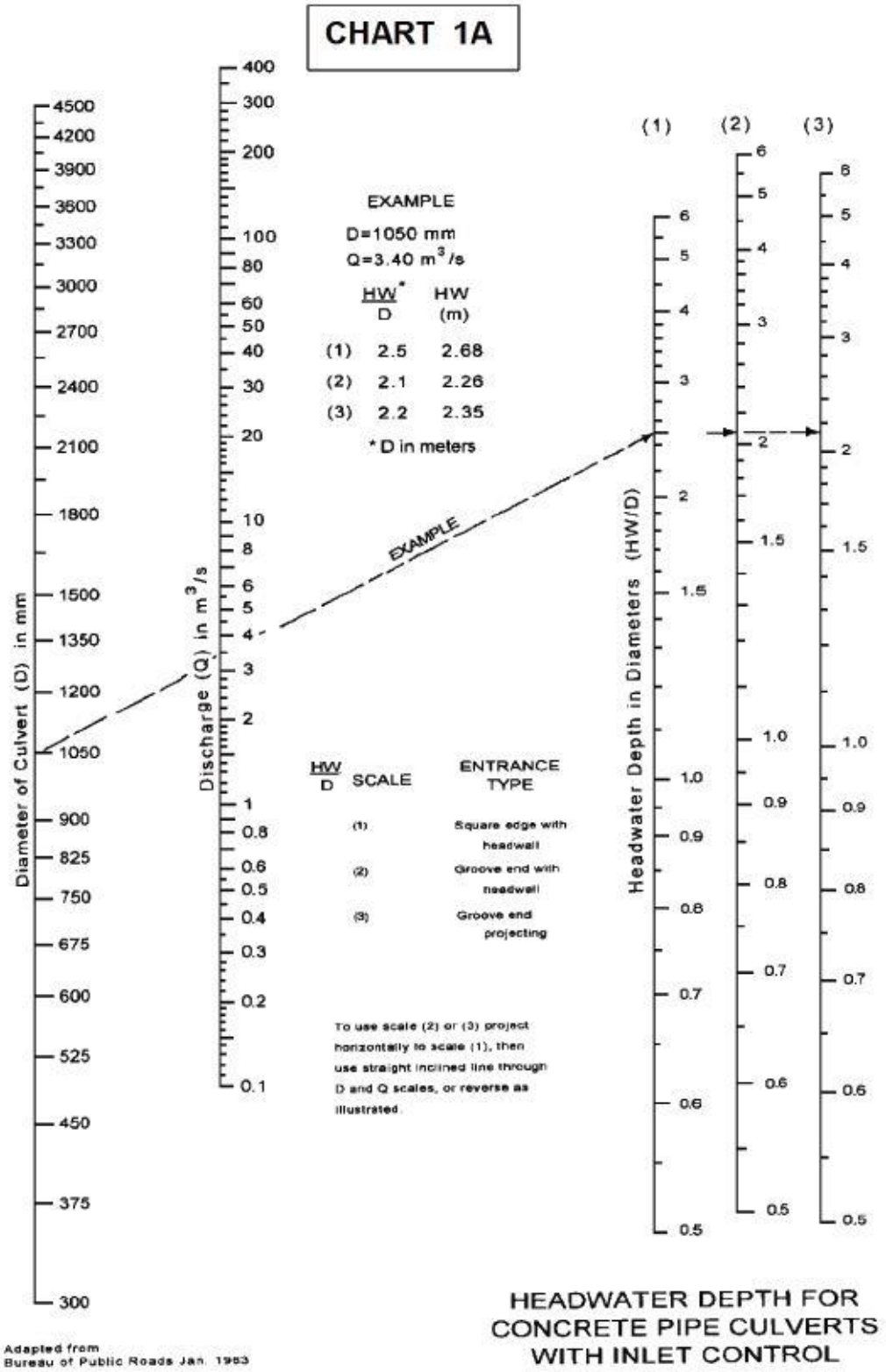
Foto 27: Innløp til stikkrenne under E6

Foto 28: Utløp stikkrenne under E6.

Foto 29: Utløp stikkrenne under E6.

Foto 30: Kjerringbekken like nedstrøms stikkrenne under E6, sett fra oppstrøms side.

Foto 31: Område nedstrøms stikkrenne under E6. Kjerringbekken sett fra nedstrøms side.

Foto 32: Område nedstrøms stikkrenne under E6. Kjerringbekken sett i medstrøms retning.

Vedlegg 3: Nomogram fra *Hydraulic Design of Highway Culverts.*