



Statens vegvesen

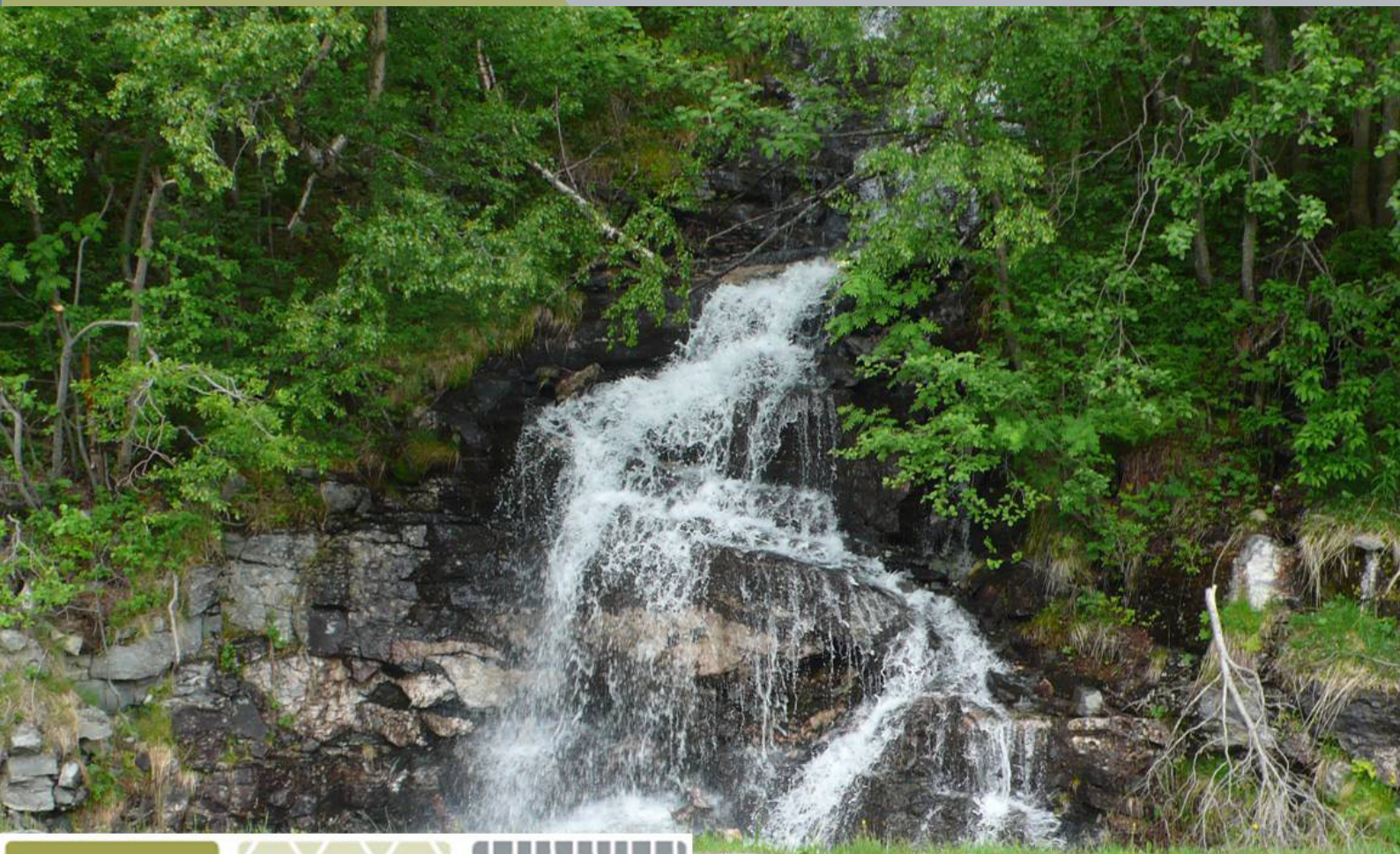
Klima og transport Pilotprosjekt på stikkrenner

Casestudie på Bulken, Sagelva og Neveråa

VD rapport

Vegdirektoratet

Nr.17



Klima
og
transport



Vegdirektoratet
Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen
Geoteknikk og skred
April 2011

VD rapport

Tittel

Pilotprosjekt på stikkrenner

Undertittel

Casestudie på Bulken, Sagelva og Neveråa

Forfatter

Kristine Flesjø (saksbehandler)

Avdeling

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Seksjon

Geoteknikk og skred

Prosjektnummer

601995

Rapportnummer

Nr.17

Prosjektleder

Gordana Petkovic

Emneord

Klima og transport, klimatilpasning, drenering, stikkrenne, kulvert, nedbørsfelt

Sammendrag

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007-2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Delprosjekt 3 Flom og erosjon, som denne rapporten er en del av, gjennomgår prosjekterings- og vedlikeholdstiltak for å tilpasse til klimabildet. Dette gjelder både for dimensjonering av vegen, drenerings- og erosjonssikringsstiltak og kriterier for valg av konstruksjonsløsninger.

Pilotarbeid på drenering gjøres for å bedre prosjekterings- og vedlikeholdstiltak for bedre tilpasning til klimaendringer. Denne rapporten er utarbeidet i etterkant av tre pilotarbeider på stikkrenner. Pilotarbeidene vurderer fremgangsmåte og datagrunnlag for beregning av dreneringskapasitet ved små nedbørsfelt.

Antall sider 49

Dato April - 2011

VD report

Title

D]chdfc`YVmicb`W`j`Yfhrj

Subtitle

7UgY`gri`Xm6i`_`Ybz`GU[`Yj`U`UbX`B`Yj`YfEU`

Author

Kristine Flesjø (editor)

Department

Trafikksikkerhet, miljø- og teknologiavdelingen

Section

Geoteknikk og skred

Project number

601995

Report number

No.17

Project manager

Gordana Petkovic

Key words

Climate and transport, adaption to climate change, culverts, drainage, catchment

Summary

This report belongs to a series of reports from the R&D program "Climate and Transport", carried out by the Norwegian Public Road Administration 2007 - 2010. The main objectives of the programme are to investigate the effect of climate change on the road network and recommend remedial actions concerning planning, design, construction and maintenance.

The work presented in this report is a part of Project nr 3 Flood and Erosion Prevention. The project focuses on principles for the choice of structural solutions and design and maintenance methods for drainage structures and erosion protection measures.

This report present the results of a survey of three pilots on culverts which includes flood calculations, data, procedure, and subject assessment to calculate drainage capacity in small catchments.

Pages 49

Date April - 2011

Forord

Rapporten inngår i en serie rapporter fra FoU-prosjektet 'Klima og transport', etatsprosjekt 2007 – 2010. Hensikten med prosjektet er å forbedre rutiner og regelverk for planlegging, prosjektering, bygging, drift og vedlikehold av vegnettet som svar på endrede klimaforhold.

Klimaforskningen konkluderer med at vi etter all sannsynlighet vil få endring til et varmere klima, som antas å føre til en økning i nedbørmengde og intensitet, parallelt med økt stormfrekvens og stormstyrke. Effektiviteten og sikkerheten av vegnettet påvirkes av nedbør, vind og temperaturforholdene. Dette er elementer som har innvirkning på steinsprang, fjellskred og snøskred, overflatevann, flom og erosjon, frysing og tining samt snø og is på vegbanen.

'Klima og transport' jobber etter beskrivelser av klimaendringer og deres effekt på transportsektoren slik de er nedfelt i følgende dokumenter:

- NTP-rapport ”Virkninger av klimaendringer for transportsektoren”, laget av en tverretattlig gruppe i transportsektoren: Jan Otto Larsen (leder) og Pål Rosland (sekretær), Statens vegvesen Vegdirektoratet, Kjell Arne Skoglund, Jernbaneverket, Eivind Johnsen, Kystverket og Olav Mosvold Larsen, Avinor.
- Vedleggsrapport ”Regionale klimascenarier for transportsektoren i Norge - en oppdatering”, av Jan Erik Haugen og Jens Debernard, Det Norske Meteorologiske institutt, februar 2007. (Rapporten er basert på scenarier fra RegClim prosjektet.)
- ”Klima i Norge 2100”, utarbeidet for NOU Klimatilpassing av Meteorologisk institutt, Bjerknæssenteret, Nansensenteret, Havforskningsinstitutt og NVE, juni 2009.

'Klima og transport' består av følgende delprosjekter:

- Dp 1 Premisser og implementering
- Dp 2 Innsamling, lagring og bruk av data
- Dp 3 Flom- og erosjonssikring
- Dp 4 Snø-, stein-, jord- og flomskred
- Dp 5 Tilstandsutvikling på vegnettet
- Dp 6 Konsekvenser for vinterdrift
- Dp 7 Sårbarhet og beredskap

Prosjektleder for 'Klima og transport' er Gordana Petkovic og prosjektsekretær Reidun Svendsen. Mer informasjon om prosjektet: <http://www.vegvesen.no/klimaogtransport>

Denne rapporten hører til delprosjekt 3, (leder: Frode Oset, Statens vegvesen) og aktivitet 3.1 Drenering, der arbeidsgruppen bestod av Øystein Myhre, Kristine Flesjø, Aina Anthi, Oddbjørn Johnsen, Kåre Olav Aldal (Statens vegvesen), Steinar Myrabø (JBV), Jon Erling Einarsen, Per Skotte (ViaNova Plan og Trafikk), Øyvind Simonsen, Eyvind Hesselberg (COWI AS), Lena Tøfte, Kolbjørg Engeland (SINTEF). For mer informasjon om delprosjekt 3, se vedlegg A.

Denne rapporten består av tre piloter på drenering utarbeidet av Jon Erling Einarsen (ViaNova Plan og Trafikk), Lena Tøfte (SINTEF), Øyvind Simonsen og Eyvind Hesselberg (COWI AS).

For oversikt over tidligere rapporter fra 'Klima og transport', se vedlegg B.

Innledning

Pilotarbeid på drenering gjøres for å bedre innsikt i utfordringer med stikkrenner i et klima med mer nedbør. Dette gjelder både konstruksjonsmessige faktorer og datagrunnlag, slik som nedbør og vannføring. Målet er å formulere bedre prosjekterings- og vedlikeholdstiltak for stikkrenner.

I denne rapporten er tre piloter vurdert, Bulken, Sagelva og Neveråa. Pilotarbeidene viser at det er store usikkerheter i datagrunnlag, metodevalg og bruk av erfaring.

Pilot Bulken, del 1. En stikkrenne i Bulken med gjentatte problemer ved flom har konstruksjonsmessige utfordringer som større problem enn vannmengdene. En vurdering av stikkrennen viser at økt driftinnsats og forandring på innløpskonstruksjonen løser mesteparten av utfordringene ved stikkrennen. Ved å kartlegge en problemstikkrenne, eller ta stikkrennene over en lengre vegstrekning, vil det gi et godt grunnlag for oppdatert datamateriale, beskrivelse av nødvendig reparasjon, oppfølging og rensk av stikkrenner. Særlig ved sårbare klimautsatte strekninger og ved inngåelse av funksjonskontrakter bør en kartlegging prioriteres. En kartlegging vil gi informasjon om etterslep i vedlikehold, effekt av driftsrutinene, vurdering av konstruksjonsmessig tilstand, og grunnlag for riktig ressursbruk i en beredskapssituasjon ved meldt ekstremhendelse.

Pilot Sagelva, del 20Piloten sammenligner metoder for beregning av flomfrekvens. Metodene gjennomgått her er regional flomfrekvensanalyse, den rasjonelle formel og IVF-kurver og frekvensanalyser av målt vannføring. Sagelva er brukt som forsøksfelt. Valg av metode og datagrunnlag gir store usikkerheter, en faktor på nesten 2 mellom minste og største beregna flomverdi mellom metodene.

Pilot Neveråa, del 30Tilstrekkelig datagrunnlag for å få tilfredsstillende resultat, enighet om kriterier og metodevalg må være på plass for å vurdere hvordan en skal tilpasse seg de antatte klimaendringene. Det er stor usikkerhet i datagrunnlaget og mye erfaringsvurdering ved beregning av dreneringskapasitet i dag. Vurdering av stikkrenne i Neveråa viser eksempel på beregnet kapasitet med store variasjoner i resultater, personavhengige vurderinger og datavalg. Usikkerheten i datagrunnlaget og de ulike antagelsene er stor. Piloten viser at de prosjekterernes egne vurderinger og erfaring er avgjørende faktor ved dimensjonering.

Arbeidet fra pilotprosjektene i denne rapporten, i tillegg til TEK rapport nr. 2566 "Pilotprosjekt på stikkrenner E136 Dombås – Ålesund" og VD rapport nr. 18 "Pilotprosjekt på stikkrenner – Kapasitetsberegning E136 Dombås - Ålesund", har vært grunnlag for 'Klima og transport' sin anbefaling til risiko- og sårbarhetsanalyser av stikkrenner mht ugunstig vær, se VD rapport nr. 24 "ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterte hendelser".

Innholdsfortegnelse

Rapporten er sammensatt av tre piloter som er organisert i hver sin del:

Del 1 Problemstikkrenne i Bulken i Voss kommune.....	6
Del 2 Pilotprosjekt Sagelva– Sammenlikne metodar for berekning av flaumfrekvens.....	11
Del 3 Pilotprosjekt Flomberegninger for Neveråa.....	25

Vedlegg:

Del 1, vedlegg 1.....	10
Del 3, vedlegg 1 – 18	34-51
Vedlegg A, orientering om dp3 Sikring mot flom og erosjon.....	52
Vedlegg B, prosjektrapporter fra Klima og transport.....	53

Del 1 - Problemstikkrenne i Bulken i Voss kommune

Jon Erling Einarsen (ViaNova Plan og Trafikk AS)

Problemstikkrenne i Bulken i Voss kommune

Innledning

Ifm arbeidet i Klima og transport DP3.1 arbeidsgruppe med pilotprosjekt på god mal for befaringsrapporter på ”problemstikkrenner” har ViaNova Plan og Trafikk AS hatt i oppdrag å:

1. Evaluere metoden for vurdering av stikkrenner, herunder gi tilbakemelding på erfaringer med bruken av utkast til mal til befaringsrapport.
2. Gjøre en spesifikk evaluering av problemstikkrenne under riksvegen i Bulken i Voss kommune.

Grunnlagsdokumentasjon

For å hjelpe oss igang med jobben etterspurte vi nedbørsdata fra Met.no. Her lå det timesnedbør for Vossevangen på eklima som vi benyttet.

Vi benyttet oss av nettportalen eklima. Her var det greit å finne frem til nedbørsstasjoner i området (4-5 stasjoner i Voss kmmuen), men det var ikke så lett å finne ut av hva slags data de ulike stasjonene innhentet. Vi måtte sitte på telefon med personer fra Met.no som geleidet oss gjennom valg av riktig målestasjon og riktig rapportutvalg for at vi skulle få ut timenedbørsmålninger. Disse timenedbørsmålningene var ikke statistisk behandlet slik at det kunne hentes ut IVF-kurver. Met.no kunne gjøre dette for oss ıla en måneds tid.

Timesnedbørsmålninger for 4-5 år ble derfor hentet inn i excel og bearbeidet slik at vi fikk ut nedbørsepisodene sortert etter synkende intensitet. Basert på et utvalg av de mest intense episodene, ble det estimert et 5 års-regn (målte data for nesten 5 år), og det ble gjort antakelser for økning til 10 års, 50 års og 100 års nedbørsepisoder. Det ble bare regnet ut timesnedbør, da en grov utregning viser at konsentrasjonstiden i nedbørsfeltet er i nærheten av en time.

For flomdata og flomprognose vil SeNorge.no være en aktuell portal å benytte. Vi fant ikke data for det lille vassdraget som skulle vurderes her,

Øvrig info etterspurte vi fra Statens vegvesen. Mye av erfaringen knyttet til befaringsrapportering fra stikkrennen ligger derfor hos SVV selv.

For å kunne beregne nedbørsfeltet til en stikkrenne eller vassdrag, trengs det kart med god høydekoteoppløsning samt topografisk informasjon. Kartet som ble lagt til grunn i denne vurderingen hadde kun koting opp til ca 500 moh. Fikk senere tak i et kart opp til 600 moh. Dette gjorde at store deler av nedslagsfeltet ble anslått på grunnlag av grove estimeringer.

Bruk av Novapoint til estimering av nedbørsfelt forutsetter tilgang på digitale 3d kartdata. Ved å benytte en finmasket rutenettsmodell av kartdataene, ble nedslagsfeltet til stikkrenna anslått med relativt god nøyaktighet i det området hvor det forelå data. Dette ble dobbeltsjekket etter at kartdata opp til 600 moh ble tilgjengelig. En hvis ”manuell” vurdering måtte til for å plukke ut riktige nedslagsfelt.

Det er en jobb å rydde opp i det digitale kartgrunnlaget før det benyttes i Novapoint. Objekter og linjer med ”feil” høyde vil gi galt svar. Det er også viktig å sile ut objekter og linjer som ikke skal være med i beregnet terreng, f.eks høyspentlinjer, skigarderer, telefonmaster etc.

Siden vi ikke har fått alle data vi har etterspurt, har bl.a. nedslagsfeltet blitt estimert samt at vi ikke har flomdata å sammenlikne med.

Inspeksjon på stedet

Befaring på stedet har blitt utført av personell fra SVV. Kåre Olav Alvdal fra region vest har utført befaringsen så godt det har latt seg gjøre iht foreslått prosedyre for befaring av problemstikkrenner.

Supplerende undersøkelser

NVE kunne fremskaffe flomdata for vassdraget mot betaling. Bruk av flomdata fra ett vassdrag for å lage flomprognoser i ett annet, anser vi også som en spesialist-operasjon som bør forvaltes av NVE. NVE hadde ikke anledning til å hive seg rundt og utføre beregningene når vi fikk tak i underlaget de etterspurte.

Beregning av vannmengder

Analyse av nedslagsfelt

Mangler terrengdata over ca 500 moh. Nedslagsfelt antas $500\,000\text{ m}^2 = 50\text{ Ha}$ ($0,5\text{ km}^2$)

Mangler høyde/lengde-data på feltet. Antar $dL = 1500\text{ m}$ og $dH = 500\text{ meter}$

På bakgrunn av nedslagsfelt antas vannføringen:

Benytter den rasjonelle formell:

$$Q = C \cdot i \cdot A,$$

$$\text{Der } C = 0,4$$

i er en funksjon av t

$$t = 0,6 \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A$$

$$t = 0,6 \cdot 1500 \cdot 500^{-0,5} = 40\text{ minutter (tilnærmet timenedbør)}$$

$$i = 90\text{ l/(s} \cdot \text{Ha)} \text{ (for 10 års gjentaksintervall)}$$

$$A = 50\text{ Ha}$$

$$Q = 0,4 \cdot 90 \cdot 50\text{ l/s} = \underline{1800\text{ l/s}}$$

Tiltak og dimensjonering

Antar innløpskontroll med innløpsvannstand: Tillatt oppdemming oppstrøms = ca 2 meter

$$IV = H + h_0 (-L \cdot i)$$

H = Trykkfall gjennom kulverten

h_0 = vannstand ved utløp = ca 0,6 m

L = lengde på stikkrenne

i = fallet på stikkledningen

Antar

$$L = 100\text{ meter}$$

$$i(\text{snitt}) = 20\%$$

$$IV/D = \text{ca } 0,87$$

$$IV = 1,04\text{ m}$$

$$(V = Q/A = 1,8/1,13 = 1,6\text{ m/s})$$

Antar utløpskontroll:

$$IV = H + h_0 (-L \cdot i)$$

$$H = 0,41 \text{ m}$$

$$IV = 0,41 + 0,6$$

$$\text{Da blir } IV = 0,41 + 0,6 = 1,01 \text{ m}$$

Stikkrenna har innløpskontroll

Kritisk vannstandshøyde er 0,72 meter (utfra nomogram).

Stikkrenna skal ha tilstrekkelig kapasitet til å ta unna den forventede vannmengden. Det antas at vedlikeholdsmessige tiltak, som rensk av inntaksrist etc vil være tilstrekkelig.

Kontroll med Novapoint:

Fant nedslagsfelt ca 390 ha. Konsentrasjonstiden ca 38 minutter $\rightarrow I = \text{ca } 90 \text{ l/(s*Ha)}$

Satt avrenningsfaktoren til 0,4. Lengde av nedbørsfeltet er ca 1500 meter og høydeforskellen i feltet ca 570 m.

Beregnet avregning kom til 1400 l/s \rightarrow mindre enn funnet ved manuell metode.

Evaluering av eksisterende konstruksjon

Den eksisterende konstruksjonen er inspisert av Kåre Olav Alvdal (SVV Reg Vest). Hans tilbakemeldinger og bilder tatt under befaring tyder på at konstruksjonen er i god forfatning. Rist foran inntaket til kulverten hadde blitt fjernet for kort tid siden, og det var ikke observert problemer etter at dette var gjort.

Inspeksjon/vedlikehold

Ved inspeksjon av kulverten ble det notert at det er mye vegetasjon i bekketraséen oppstrøms. Det er sannsynlig at vannet transporterer med seg mye kvist og greiner som kan tette til risten ved stor vannføring. Vedlikeholdet av kulverten har tidligere bestått i å rense risten. Denne er nå delvis fjernet (de fleste maskene er tatt vekk), og vedlikeholdet bør i fremtiden inkludere rensk langs bekkefarete oppstrøms.

Dokumentasjon og rapportering

Utskrifter fra NovaPoint og benyttede nomogrammer er ikke vedlagt notatet. Underlaget kan skrives ut på forespørsel.

Tiltaks- og tilstandsvurdering

Konstruksjonen er vurdert til å være i tilfredsstillende tilstand. Stikkrennen har et vertikalt bend uten tilkomst omtrent midt på røret. Dette er et potensielt svakhetspunkt i forhold til tilstopping. Det er viktig at stikkrenna befares og vedlikeholdes hyppig, for å sikre at ikke kvist og greiner har kommet inn i stikkrenna og satt seg fast i bendet. Ved vedlikehold bør vassdraget oppstrøms ryddes for vegetasjon og løse objekter som kan føres med strømmen. Det bør vurderes å tilrettelegge for ytterligere oppstuvning av vann oppstrøms for å gi stikkrennen større kapasitet for å takle en ekstremnedbør.

Vedlegg 1

SVVs kommentarer

I forbindelse med at beregningen ble inntaksristen omarbeidet, størrelsen på "rutene" i risten ble øket fra ca 10x10 cm til ca 20x20 cm. I tillegg er ettersyn, særlig ved meldte store nedbørsmengder intensivert. Etter dette har det ikke vært problemer med oppstuvning.

Ved ren rist i flomsituasjoner, tar konstruksjonen unna vannmengdene.

Dersom risten fjernes, hadde problemet med oppstuvning vært mindre, men det er konkludert med at risten må være der av sikkerhetsmessige årsaker:


1: Ved liten eller ingen vannføring kan barn finne på å klatre ned i kummen og gå inn i røret.

2: Risten hindrer store gjenstander (stokker, grener) å komme inn i stikkrennen. Lengden er ca. 100 meter, og med flere retningsendringer. Stokker ville lett kunne kile seg fast og skape store problemer.

Del 2 - Pilotprosjekt Sagelva

Sammenlikne metodar for berekning av flaumfrekvens

Lena S. Tøfte (SINTEF)

 <p>SINTEF</p> <p>SINTEF Energiforskning AS</p> <p>Postadresse: 7465 Trondheim Resepsjon: Sem Sælands vei 11 Telefon: 73 59 72 00 Telefaks: 73 59 72 50</p> <p>www.energy.sintef.no</p> <p>Foretaksregisteret: NO 939 350 675 MVA</p>		Del 2 - Pilotprosjekt Sagelva		NOTAT
		GJELDER		Pilotprosjekt Sagelva Klima og transport DP3.1 Drenering
GÅR TIL		Øystein Myhre, Vegvesenet		
AN NR.	GRADERING	GJENNOMGÅTT AV		
AN nr	Opent			
ELEKTRONISK ARKIVKODE		FORFATTER(E)	DATO	
090515171137		Lena S. Tøfte	2009-05-15	
PROSJEKTNR.			ANTALL SIDER	
12X588			13	
AVDELING		BESØKSADRESSE	LOKAL TELEFAKS	

Innholdsliste

1	PILOTPROSJEKT SAGELVA, BAKGRUNN	3
2	FELT OG DATA.....	4
3	REGIONAL FLAUMFREKVENSKURVE	5
4	FLAUMFREKVENNS FRÅ IVF-KURVER	6
	4.1 Den rasjonelle formel	6
	4.2 Risvollan klimastasjon.....	6
	4.3 Svarttjønnbekken nedbørstasjon.....	8
5	FLAUMFREKVENNS AV MÅLT VASSFØRING	9
6	MODELLERING AV VASSFØRING	11
7	RESULTAT OG EVALUERING	12
	REFERANSAR.....	13

1 PILOTPROSJEKT SAGELVA, BAKGRUNN

Dette notatet er ein leveranse til delprosjekt DP 3.1 ”Klimaendringers effekt på dreneringsbehov” i prosjektet ”Klimaendringer og transport”. I delprosjektet inngår ulike pilotprosjekt for å samanlikne metodar for berekning av flaumfrekvens, og dette notatet gjennomgår pilotprosjekt Sagelva.

Dimensjonerande flaum kan bereknast på ulike måtar, avhengig av datatilgang og feltstorleik. Om det er regn eller snø som gjev dei største flaumane i eit vassdrag avheng av klima og geografi, men vanlegvis vil dei største flaumane i Norge vere generert av intenst korttidsregn i små felt, og snøsmelting i kombinasjon med regn i store felt. Dersom ein har observert vassføring for ein lang periode, vil ein kunne analysere desse data direkte med flaumfrekvensmetodar. I umålte felt vil ein anten måtte gjere bruk av observasjonar frå målte nabofelt, eller bruke nedbørstatistikk saman med feltkarakteristika og transformere dette over til vassføringsstatistikk. Metodane gjennomgått her er regional flaumfrekvensanalyse, den rasjonelle formel og IVF-kurver, og frekvensanalyser av målt vassføring.

Sagelvafeltet er eit forskingsfelt oppretta av inst. for vassbygg ved NTNU og instrumentert bl.a. med målestasjonar for vassføring, nedbør og temperatur. Tre delfelt har målt vassføring.

2 FELT OG DATA

Delfelta i Sagelva har feltdata som gjeve i tabell 1 under.

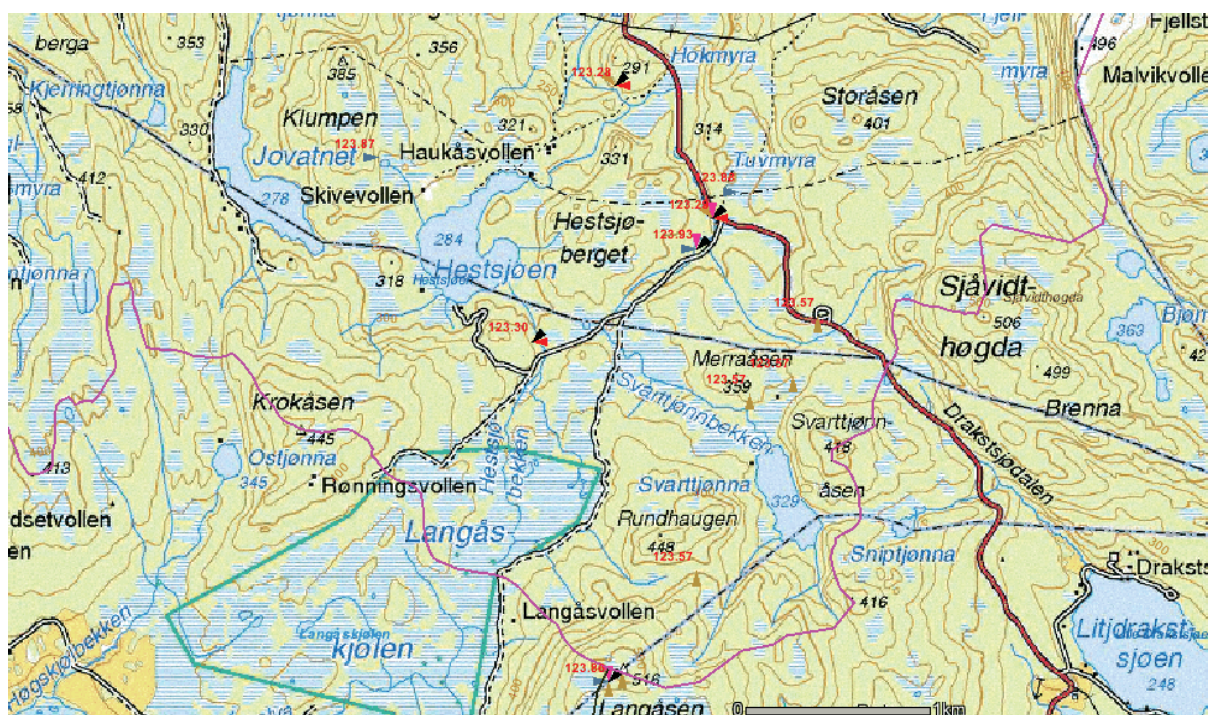
Nummer	Navn	Areal	Sjø%	Myr%	Skog	Hmin	Hmax
123.28	Hokfossen	8.35	3.80	20	76	247	513
123.29	Svarttjønnbekken	3.04	3.30	16	81	280	513
123.30	Øvre hestsjøbekk	1.93	0.0	31	69	304	512

Tabell 1 Oversikt over feltdata i Sagelva

Hydrologiske data som er brukt i analysene er gjeve i tabell 2 under.

Vassføring		
(NVE 123.28) Hokfossen	1969-93 1995-2008	3 timar knekkpunkt
(NVE 123.29) Svarttjønnbekken	1972-93 1996-2008	3 timar knekkpunkt
(NVE 123.30) Øvre Hestsjøbekk	1972-93 1995-2008	3 timar knekkpunkt
Nedbør		
(met.no) 68230 Risvollan	1986-2006	varighet-frekvenskurver
Svarttjønnbekken	1990-2005	30-minutt

Tabell 2 Oversikt over hydrologiske data brukt i analysene



Figur 1 Kart over Sagelva-området

3 REGIONAL FLAUMFREKVENSKURVE

Det er her brukt metoden skildra i *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag* (Sælthun m.fl. 1997) for regional flaumfrekvensanalyse. Denne tek utgangspunkt i at alle seriane innanfor ein region har same underliggende fordeling, og har brukt seriar frå 212 (i hovudsak) uregulerte nedbørfelt for å regionalisere flaumfrekvens.

I følgje kart over regionane i Sælthun (1997) tilhøyrrer felta haustregion 1. Då blir døgnmiddelflaumen berekna av

$$Q_{mid} = \exp(1.28 \ln(Q_{Norm}) - 0.23 \ln(ALF) + 0.066 * A_{sjø_eff} + 0.0066 * GRAD_{elv} - 5.91) \quad (1)$$

der Q_{norm} er normalavrenninga per år (l/skm^2)

AL_F er forholdet mellom areal og feltlengde (km)

$A_{sjø_eff}$ er effektiv sjøprosent

$GRAD_{elv}$ er elvegradienten

Årsnormalavrenninga finn ein i NVE-atlas, og lengde på felt og elv er funne frå kart.

For å finne 200-årsflommen multipliserer ein middelflommen med faktoren 2.25 (Sælthun et al., 1997).

Forholdet mellom momentanflom og døgnmiddelflom er gjeve ved likninga:

$$Q_{mom} = Q_{mid}(1.72 - 0.17 \log_{10}(A)) \quad (2)$$

Tabellen under viser resultatata frå berekningane av 200-års flaum for Sagelva-felta.

Punkt	Elvegrad. (m/km)	Feltareal (km^2)	Fjell - andel	Q_{norm} (l/skm^2)	Q_{mid} ($l/s km^2$)	Q_{200} (l/skm^2)	$Q_{200, mom}$ ($l/s km^2$)	$Q_{200, mom}$ (m^3/s)
Hokfossen	40.30	8.35	0	28.9	275.9	620.7	1016.9	8.491
Svarttjønn- bekken	57.53	3.04	0	27.8	335.1	754.0	1235.3	3.755
Øvre Hestsjøbekk	94.55	1.93	0	30.5	404.8	910.9	1492.4	2.880

Tabell 3 Estimert 200-års flaum for felta vha regional flaumfrekvensanalyse.

Metoden er utvikla for litt større felt, og passar sannsynlegvis betre for Hokfossen enn dei andre to delfelta.

4 FLAUMFREKVENNS FRÅ IVF-KURVER

4.1 DEN RASJONELLE FORMEL

Metoden er henta frå *Vassdragshåndboka* (Sæterbø m.fl., red., 1999) og Statens vegvesen si handbok 018 (Statens vegvesen, 2005).

Avrenninga Q for ein dimensjonerande nedbørsintensitet i er gjeve ved

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad (3)$$

der

Q er avrenning (l/s)

C er avrenningsfaktor

i er dimensjonerande nedbørintensitet (l/s km²)

A er feltareal i km²

C er eit mål for kor mykje av nedbøren som renn av som overflateavrenning i eit gjeve flaumtilfelle.

Frå *Vassdragshåndboka* (tabell 1.1 side 32) har vi at C kan variere mellom 0.2 – 0.5 for skogdekte felt, og 0.05-0.25 for dyrka mark, samt at verdien aukar med 25 % for 100-års flaumen.

Sagelvafelta består av skog, myr og sjø, og C er derfor sett til 0.35. I tillegg auker vi C med 30 % for å dimensjonere for 200-års flom. Dette gjev ein avrenningskoeffisient lik 0.46.

Konsentrasjonstida blir berekna ut frå lengde på feltet og høgdeforskjellar.

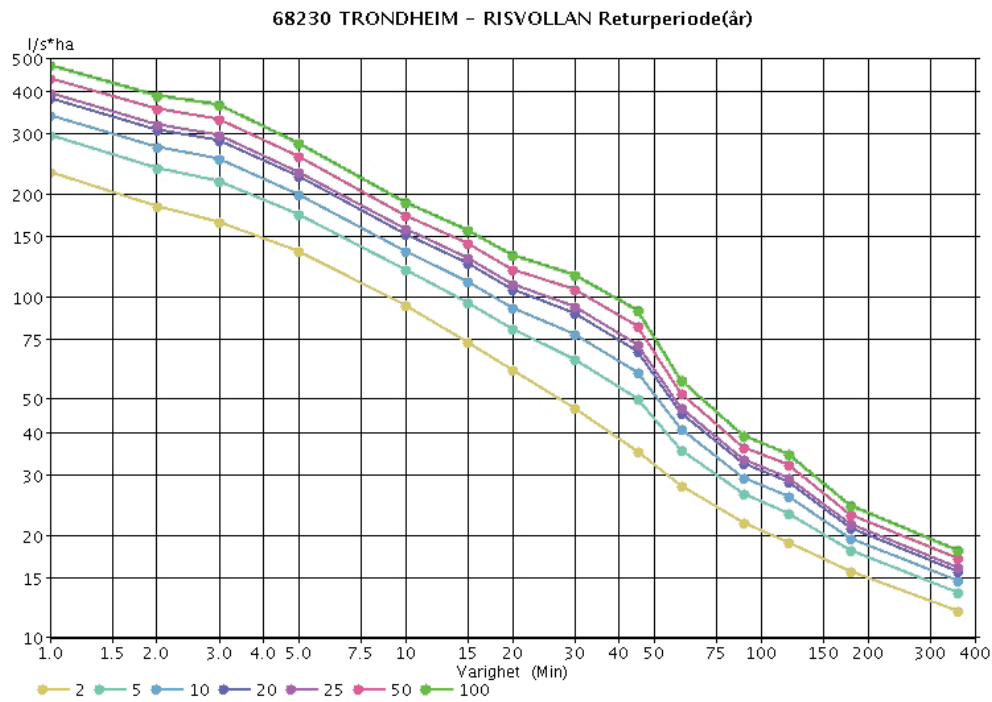
$$t_c = 0.6 \cdot L/H^{0.5} \quad (4)$$

L er lengde av feltet (m)

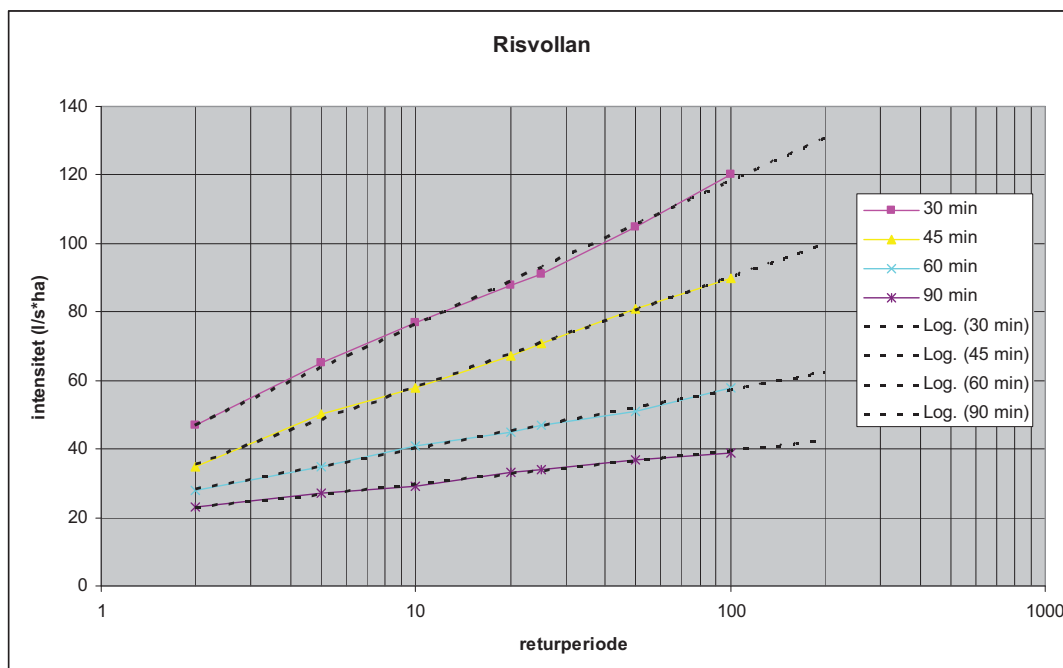
H er høgdeforskjell i feltet (m)

4.2 RISVOLLAN KLIMASTASJON

Nærmaste met.no-stasjon er Risvollan i Trondheim, som har berekna nedbør-intensitets-varighetskurver på bakgrunn av korttidsdata for perioden 1986-2006 (sjå figur 2 under). Desse blir berre gjeve opp til 100 års-nedbøren, så for å finne 200 års-nedbøren vart kurvene ekstrapolert ved å anta at nedbørintensiteten aukar lineært med logaritmen av returperioden, sjå figur 3.



Figur 2 Intensitet-varighet-frekvenskurver for met.no-stasjonen Risvolla

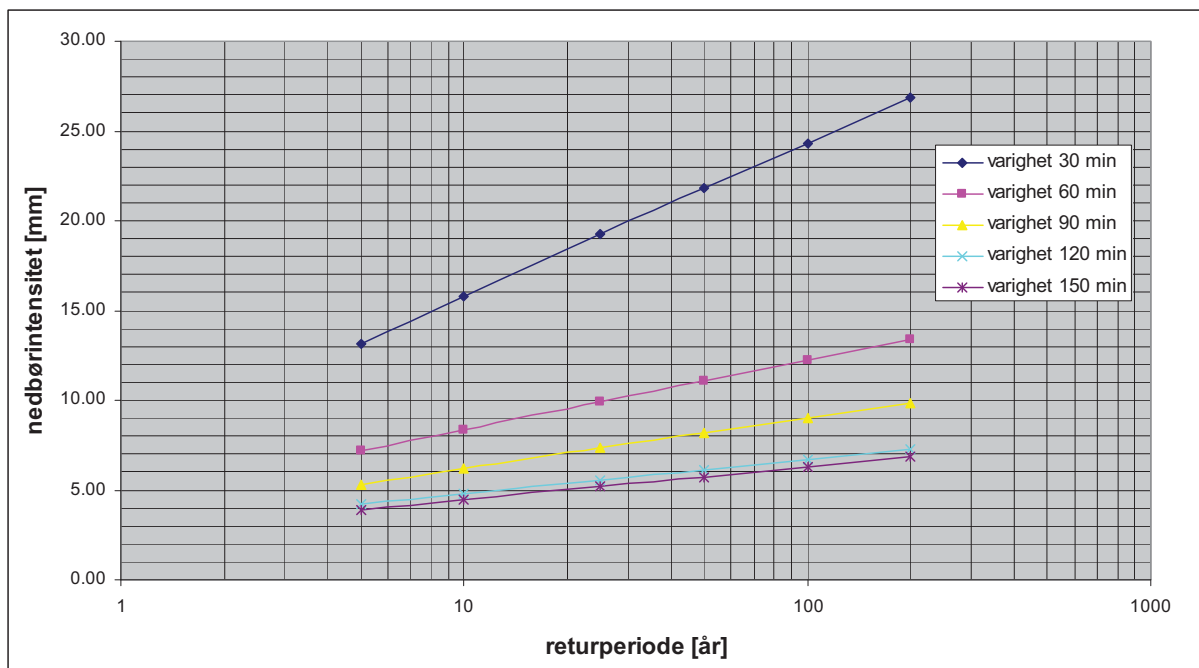


Figur 3 amangheng mellom nedbørintensitet og returperiode for ulike varigheiter for met.nos stasjon Risvolla, ekstrapolert til 200 år.

Tabell 4 viser alle aktuelle variablar og resultatata frå berekningane.

4.3 SVARTTJØNNBEKKEN NEDBØRSTASJON

Samanhengen mellom nedbørintensitet og returperiode vart også funnen for nedbørdata frå NTNUs stasjon Svarttjønnbekken som ligg i feltet. Denne serien har 30-minuttsdata frå 15 år og er noko kort til å køyre ekstremverdianalyse på. Dataa er tilpassa ekstremverdifordelinga Gumbel (Gumbel 1953). Frå serien med 30-minuttsdata er det berekna varighetar på 30, 60, 90, 120 og 150 minutt. Årsmaksimum for kvar varigheit er funnen og Gumbelfordelinga tilpassa kvar varigheit. For å finne intensiteten for 200-årsnedbøren til konsentrasjonstidene er så desse kurvene interpolert. Sjå figur under.



Figur 4 Samanhengen mellom nedbørintensitet og returperiode for ulike varighetar av nedbør ved Svarttjønnbekken nedbørstasjon

Resultata frå bruk av den rasjonelle metoden er gjeve i tabell 4 under.

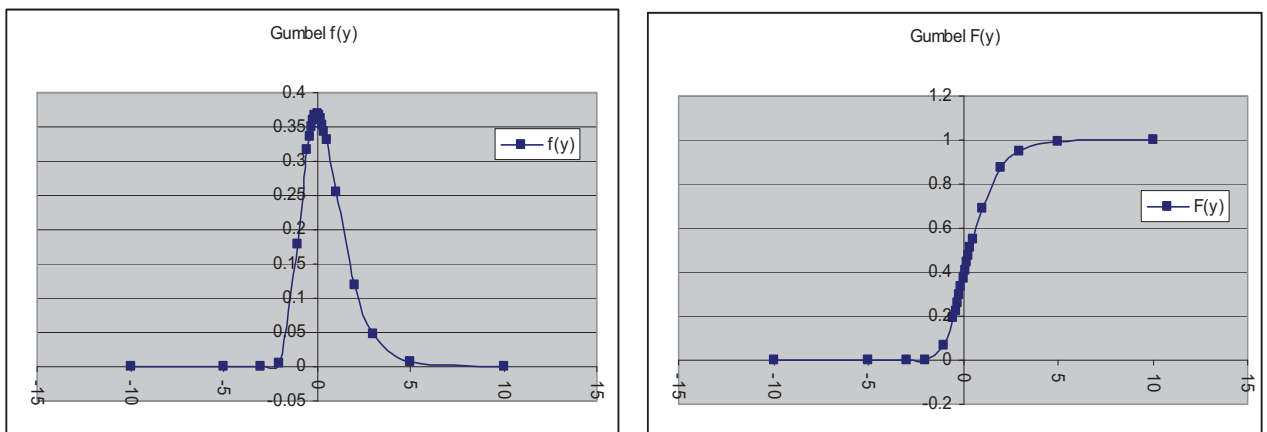
Punkt	Felt-areal [km ²]	Skog-andel %	Fjell-andel %	Hmin	Hmaks	Tc [min]	C	Risvolla met.no		Svarttjønn-bekken NTNU	
								i [l/skm ²]	Q200 [m ³ /s]	i [l/skm ²]	Q200 [m ³ /s]
Hokfossen	8.35	76	0	247	513	129	0.455	2000	7.599	3889	14.775
Svarttjønn-bekken	3.04	81	0	280	513	100	0.455	3600	4.980	5000	6.916
Øvre Hestsjøbekk	1.93	69	0	304	512	83	0.455	4700	4.127	6111	5.366

Tabell 4 Resultat frå den rasjonelle metode ved bruk av data frå Risvolla og Svarttjønnbekken.

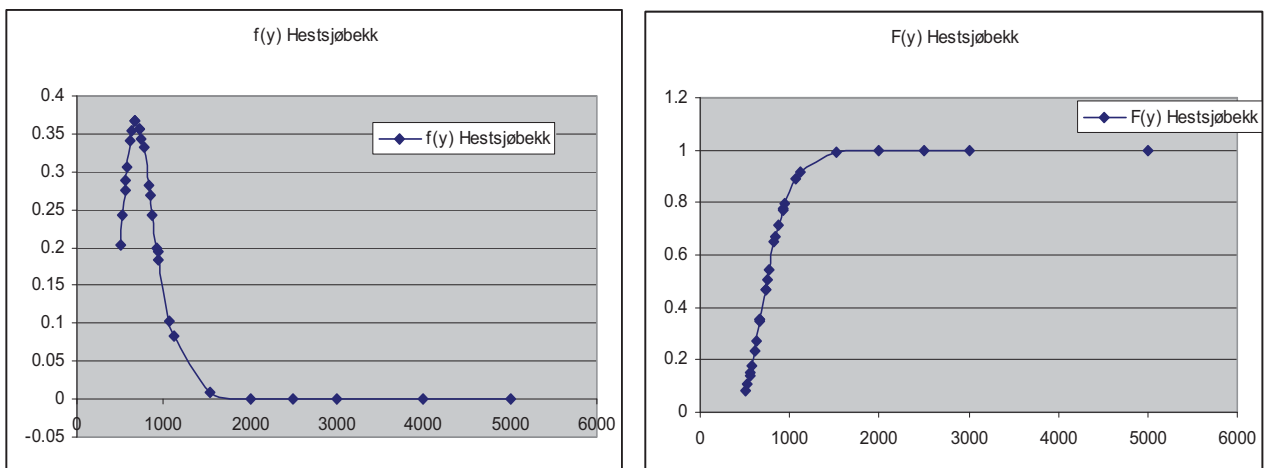
5 FLAUMFREKVENS AV MÅLT VASSFØRING

Det finst målte data for vassføringa i Sagelva-feltet for alle tre delfelta, sjå tabell i kap. 2.

I flaumfrekvensanalyser er det tradisjon for å bruke Gumbelfordeling (Gumbel, 1953; Gottschalk 1990) som ekstremfordifordeling, denne har analytiske uttrykk for alle moment og for frekvensfaktoren. Ved å tilpasse tidsseriar for årsmaksimum av vassføring denne fordelinga, kan 200-årsflaumen bereknast.

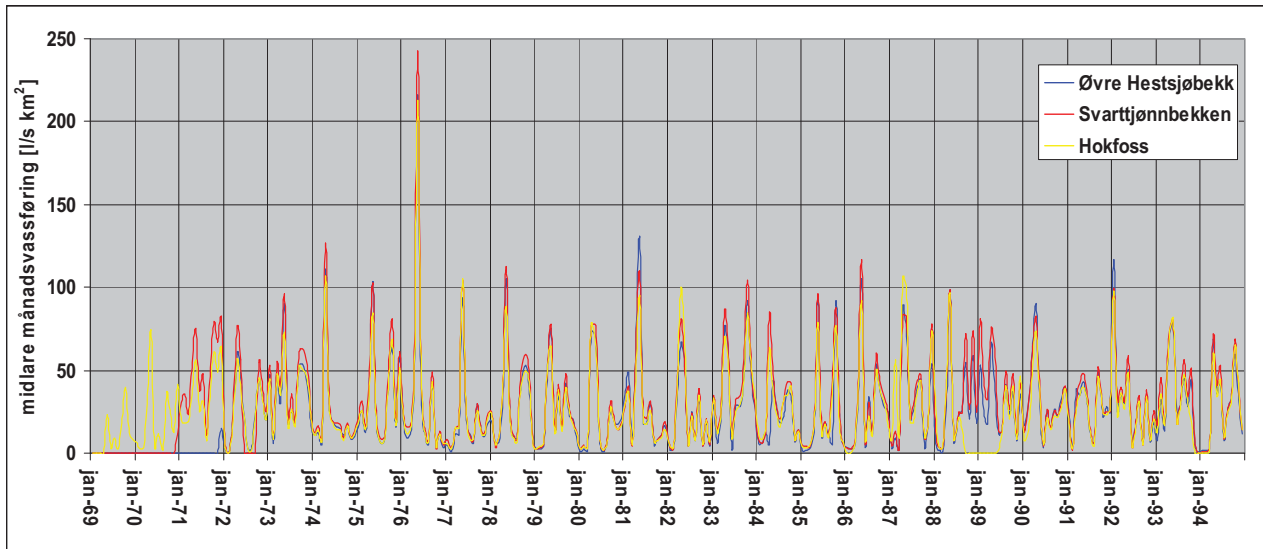


Figur 5 Standardisert Gumbelfordeling



Figur 6 Vassføringsdata (årsmaksimum) tilpassa Gumbelfordeling for Hestsjøbekken

Figurane over viser den teoretiske Gumbel frekvensfordelingsfunksjon og kumulative fordelingsfunksjon, og dei same kurvene tilpassa data (årsmaksimum) frå Hestsjøbekken.



Figur 7 Middellåningsvassføring for delfelta

Figur 7 over viser måndsmiddellverdiar for alle tre delfelta frå 1969-1994. Snøsmeltinga står for dei største flaumane i 16 av 26 år, og i dei åra haustflaumen er størst er dette fordi smelteflaumen er liten pga mildvær og vinteravrenning, ikkje fordi haustnedbøren er uvanleg stor. I ein lenger serie ville ein vurdert å dele inn data på bakgrunn av haust- og vårfloamar. Det er her likevel vald å behalde data samla, sidan vassdraga openbart har begge typer floamar.

Frå Gumbelfordelinga har vi at flaumen X med gjentakintervall $T(X)$ har storleiken

$$X_p = m - sd * 6^{0.5} / \pi * [0.5772 + \ln(-\ln(1 - 1/T))] \quad (5)$$

der m og sd er forventningsverdi og standardavvik til serien av årsmaksima.

Som i den regionale flaumfrekvensanalysen er forholdet mellom momentanflaum og døgnmiddelflaum gjeve ved likninga i kap. 3.

Resultata frå delfelta er gjeve i tabell 5 under.

Delfelt	Feltareal (km ²)	Q200 (l/s km ²)	Q200, mom (l/s km ²)	Q200, mom (m ³ /s)
Hokfossen	8.35	582.0	909.9	7.597
Svarttjønnbekken	3.04	724.0	1185.9	3.604
Øvre Hestsjøbekk	1.93	856.2	1431.1	2.762

Tabell 5 Resultat frå flaumfrekvensanalyse vha målte data

6 MODELLERING AV VASSFØRING

Dersom ein ikkje har lange seriar av målt vassføring kan denne simulerast i ein hydrologisk nedbør-avløp modell. Den vanlegaste hydrologiske modellen for simulering av nedbørfelt i Norge er HBV-modellen (Bergstrøm 1976), som finst i fleire versjonar (frå å inngå som delmodell i større kraftproduksjonsmodellar til rein excel-utgåve) og er i kommersielt sal. I Norge har modellen fått utvikla ein meir avansert snø- og smelt modul enn i den opprinnelege modellen. HBV-modellen er den modellen som blir brukt i Norge i dag både til flaumvarsling, kraftselskapa sine tilsigsprognoser og i nasjonale klimaforandringssimuleringar.

Modellen simulerer vassføring med målt nedbør og temperatur som inngangsdata. Ein kan bruke stasjonar i feltet eller om dette ikkje finst, vekta stasjonar som står rundt feltet. Ein må også ha informasjon om areal, høgdefordeling i feltet, bre- og sjøprosent. For å kalibrere modellen må ein ha ein periode med målt vassføring, helst opp mot fem år. Modellen har 13-15 frie parametrar som blir bestemt i kalibreringa, og det finst verktøy som gjer denne jobben automatisk, f.eks. PEST (Doherty et al., 1994). Modellen blir vanlegvis køyrd på døgndata.

Dersom ein ikkje har målt vassføring i det heile tatt, vil ein kunne setje opp modellen for fleire delfelt i den omliggande regionen (alle det finst vassføringsdata for) og kalibrere desse regionalt, dvs at ein finn den kalibreringa som er best mogeleg tilpassa alle dei målte delfelta i regionen. Dermed vil ein kunne ha tillit til modellsimuleringane også for dei umålte felta i denne regionen. Kor vellukka dette blir, avheng av kor likt det umålte feltet er dei målte felta i regionen i høve til storleik, sjøprosent/demping osv.

7 RESULTAT OG EVALUERING

Resultata frå dei ulike metodane er gjeve i Tabell 6 under.

	Berekna momentan 200-årsflaum [m ³ /s]		
	Hokfossen	Svarttjøn- bekken	Øvre Hestsjøbekk
Metode 1: Regional flaumfrekvensanalyse	8.49	3.76	2.88
Metode 2: IVF, den rasjonelle formel: Risvollan, met.no	7.60	4.98	4.13
Metode 2: IVF, den rasjonelle formel: Svarttjønne- nedbørstasjon	14.78	6.92	5.37
Metode 3: Berekna flaumfrekvens målt vassføring	7.60	3.60	2.76

Tabell 6 Resultat frå dei ulike metodane

Vi ser at dei lågaste verdiane blir berekna med flaumfrekvens av målt vassføring, omtrent dobbelt så store blir 200-årsflauman berekna med den rasjonelle formel med data frå Svarttjønne-stasjonen. Resultata frå den regionale flaumfrekvensanalysen samsvarer ganske godt med berekna flaumfrekvens frå målt vassføring, sannsynlegvis inngår Sagelvafelta i datagrunnlaget til dei regionale verdiane. Den rasjonelle formel ser ut til å overestimere i alle fall for dei minste felte i forhold til dei andre metodane, for det største feltet (Hokfossen) samsvarer den rasjonelle formel med data frå Risvollan godt med dei andre metodane, medan Svarttjønnebekken gjev dobbelt så stor flaum. Det var uventa at dei to nedbørstasjonane gav så store skilnader, og at nedbørstasjonen i feltet avvik mest frå målt vassføring. At serien i utgangspunktet var for kort til ekstremverdianalyse kan vere ein av grunnane.

Ein faktor på nesten 2 mellom minste og største berekna flaumverdi mellom metodane, viser tydeleg at desse berekningane har stor usikkerheit. Sjølv med gode vassføringsobservasjonar over ein periode på 80 år vil ein estimert 200-års flaum kunne ha ein usikkerheit på ca 30 % pga usikkerheiten i eit begrensa datamateriale (Engeland et al, 2004). Usikkerheiten ved bruk av regionale flaumfrekvenskurver eller den rasjonelle formel vil vere enda større.

Referansar

Bergström: Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments, Ph.D. thesis, Lund institute of technology, Lund. 1976

Doherty, J., Brebber, L. and Whyte, P. PEST – Model Independent Parameter Estimation. Watermark Computing, Corinda, Australia, 177 p. 1994

Engeland: Beregning av dimensjonerende flom, notat til DP 3.1, juni 2008

Engeland, Kolbjørn; Hisdal, Hege; Frigessi, Arnolando: Practical extreme value modelling of hydrological floods and droughts: A case study. Extremes 7, 5-30. 2004

Gottschalk: Stokastisk hydrologi, kompendium til kurset GF347, 1990

Gumbel: Statistics of extremes, Columbia University Press, 1953

Matheussen, Bernt Viggo; Norem, Harald; Thorolfsson, Sveinn T.: Effekter av klimaendring på flomfrekvens i små nedbørsfelt, Teknisk Rapport TR F6314 Sintef Energiforskning. 2005

Statens vegvesen, Vegbygging nr. 018 i Vegvesenets håndbokserie, 2005.

Sælthun, Nils Roar; Tveito, Ole Einar; Bønes, Truls Erik; Roald, Lars A.: Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag, NVE rapport nr. 14/1997, NVE, Oslo. 1997

Sæterbø, Einar; Syvertsen, Liza; Tesaker, Einar (Red.) Vassdragshåndboka, Tapir, Trondheim 1998

Del 3 - Pilotprosjekt Flomberegning for Neveråa

Øyvind Simonsen og Eyvind Hesselberg (COWI AS)

Klima og transport DP3.1 Drenering

Pilotprosjekt Flomberegninger for Neveråa Utarbeidet av Øyvind Simonsen og Eyvind Hesselberg i COWI AS

Pilotprosjektet inngår i delprosjekt 3. Sikring mot flom og erosjon/3.1 Drenering i det tverr-etatlige FOU-prosjektet Klima og Transport. Denne delen av FOU-prosjektet skal utvikle "Bedre metode- og datagrunnlag for beregning av nødvendig dreneringskapasitet, prosjektering og valg av dreneringsløsninger både for vegkroppen og for omgivelser, tilstandsvurdering og vedlikehold, inkl. miljøsensyn"

Flomberegningene for Neveråa er et konkret prosjekt i forbindelse med ombygging av Rv.255 i Gausdal, og inngår som et pilotprosjekt i K&T for å vise variasjon i beregningsmetoder og datagrunnlag, noe som samlet sett kan hjelpe oss til å forbedre beregningsmetodikken på generell basis, og for små felt spesielt.

Rapporten kan eventuelt også inngå som dokumentasjonsnotat for SVRØ og NVE for Rv.255-prosjektet, hvor Erik Sloreby i SVRØ og Hallgeir Elvehøy og Morten Haugom i NVE har bidratt med flomberegninger.

1. Omlegging av vassdraget Neveråa v/ny Rv. 255

Rv.255 i Oppland er under ombygging på strekningen Jørstad – Segalstad bru. COWI AS er engasjert av Statens vegvesen Region øst (SVRØ, Lillehammer) for prosjektering av bruer på hele strekningen, herunder også omlegging av bekken Neveråa i tilknytning til Neveråadalen bru. Dette ligger ved Follebu i Gausdal ca. 20 km nordvest for Lillehammer.

Neveråa er en sidebekk til Gausa, og ligger i en dal som krysser det nye, kurveutrettede veganlegget like ved Aulestad. I krysningspunktet er ny vegbane ca. 20m over dalbunnen, kryssing av dalen skjer ved en kombinasjon av at dalen fylles delvis igjen, og en bru over det gjenværende dalsøkk. Neveråa skal holdes åpen i den nye, hevelte dalbunnen og det skal etableres en dam i tilknytning til det nye elveløpet. Dammen ligger oppstrøms for brua, bekken går over i en flat kanal og fortsetter i et parti med stryk og kulper på fyllingen nedstrøms brua. Det nye vannløpet har en lengde på ca. 160m og en høydeforskjell på ca. 15m.

2. Problemstilling

Oppdraget omfatter flere forhold:

- a) håndtering av bekken i en midlertidig etappe under en delvis oppfylling av dalen ("landkarfyllinger") for å ta setninger i steinfylling under brufundamenter, med varighet ca. 1 år.
- b) dimensjonering og prosjektering av nytt elveløp med dam, terskel og parti med stryk og kulper.
- c) avklaring av dimensjonerende vannføring som grunnlag for valg av dimensjoner for midlertidig og permanent løsning.

Det er pkt. c) som er av særlig interesse for dette pilotprosjektet, og rapporten er konsentrert om dette temaet. Pilotprosjektet skal vise hvilke problemstillinger og usikkerheter man står overfor ved flomberegning og hvordan man kan redusere usikkerhet ved hjelp av målinger.

For løsning av pkt. a) ble det valgt å lukke bekken i et rør med diameter 1200mm som ble lagt i dalbunnen under landkarfyllingen. Dimensjonen ble valgt ut fra vannføringsberegninger beskrevet i pkt. 6.

3. Oversikt over framgangsmåte

Metoder for beregning av dimensjonerende vannføring som ble benyttet i dette tilfellet var:

- Nedslagsfeltets areal, lengde og midlere spesifikke avløp, Søgnens formel.
- Nedbørdata, nedslagsfeltets størrelse og avrenningsforhold, den rasjonelle metode.
- Sammenligning med annet vassdrag med kjente vannføringsdata, frekvensanalyse.
- Analyse av datagrunnlag for små nedbørfelt i rapporten Flomberegning og kulvertdimensjonering, SINTEF 1992.

R. Søgnen utarbeidet et sett empiriske formler for overslagsberegninger i felter uten eller med naturlig reguleringsevne. Formlene gir ikke opplysninger om hyppigheten til flommen.

Den rasjonelle metode benyttes mest for små felt med areal mindre enn ca. 10 km². Det er knyttet stor usikkerhet til valg av avrenningskoeffisient og nedbørintensitet. Formelen tar ikke hensyn til snøsmelting eller kombinasjonen snøsmelting og regn.

Frekvensanalyse av nærliggende felt benyttes mest ved større felt, hvor datagrunnlaget er bedre. Målingene er imidlertid basert på døgnverdier med usikre omregninger til momentanverdier.

I rapporten fra SINTEF er forholdet mellom spissverdien til 50-års flommen og midlere avrenning beregnet for 23 vassdrag med nedslagsfelt mindre enn 10 km². Verdiene som er gitt for varierende innsjøareal, viser at sjøarealet i prosent av det totale nedslagsfeltet har meget stor betydning for momentanverdien.

Dimensjonerende vannføring skal ha en returperiode på 200 år.

Midlertidig bekkelukking ga mulighet til å måle vannføringer og derved redusere usikkerheter i vannføringsberegningene. (Bekkelukkingen er ca. 100m lang og fall 90‰).

Forholdet til vannressursloven er håndtert av SVRØ mot NVE.

4. Innhentede grunnlagsdata

Nedslagsfeltets størrelse er beregnet på kart i målestokk 1:50 000 til 8,6km². Feltet ligger mellom 270 og 720 m.o.h. hvorav en stor del ligger høyere enn 500 m.o.h. (kart vedlegg 1). Øverst i feltet

er det en liten innsjø, Neversjøen, og myrområder. Nedslagsfeltet til utløpet av sjøen er på ca. 2 km², og den effektive sjøprosenten til hele feltet er stipulert til ca. 3 %. Nedenfor sjøen er det et myrområde på ca. 2,2 km². Disse områdene vil virke dempende på flommene. Videre nedover er det bratt med et forholdsvis tynt lag med løsmasser over fjell.

IVF-kurver for Lillehammer hentet fra eklima.no. Denne nedbørmåleren er den nærmeste måler for korttidsnedbør, men fordi målestedet ligger vesentlig lavere enn nedslagsfeltet til Neveråa, vil bruk av nedbørkurvene være beheftet med usikkerhet.

Avrenningsdata fra Langtjørnbekk, vannmerke 2017, med nedslagsfelt på 4,9 km² og midlere spesi-
fikk avrenning på 20 l/s km². Det effektive sjøarealet er 5,4%.

Avrenningsdata fra Fura, vannmerke 2.323.0 i Løten. Nedslagsfeltet er på 45 km², og midlere spesi-
fikk avrenning er på 11,8 l/s km². Feltet ligger 350 til 760 m.o.h., og har vannføringsmålinger siden 1970.

Øvrig prosjekteringsgrunnlag (digitalt og papirbasert) som har foreligget fra veg- og bruprojektet:

-Kart

-Vegplaner, utarbeidet av SWECO AS

-Bruplaner, utarbeidet av COWI AS

-Skisseprosjekt for kryssing av Neverådalen, PLAN arkitekter AS

5. Befaringsdata, observasjoner, supplerende undersøkelser

Den midlertidige bekkelukking ble etablert høsten 2007. I og med at vanngjennomløpet har innløpskontroll kan vannføringen beregnes ved måling av innløpsvannstand og bruk av nomogram (vedlegg 5). Det ble satt i gang et opplegg hvor anleggsledelsen besørget avlesning av innløpsvannstand bl. a. for å få et innblikk i variasjoner i vannføringen med tanke på dimensjonering av terskelen. Svært få data fra høst og vinter pga. liten vannføring. Omfattende avlesninger under ettervinter, vår og forsommer 2008 har dokumentert vårflommen (vedlegg 3)

De utførte målingene og de hydrauliske beregningene av vannføringene gir ganske sikre resultater med feilmarginer på ca. 10 prosent. Teoretiske beregninger ut fra nedbørfelt og nedbørkurver har vesentlig større feilmarginer. Måleperioden som er kortere enn ett år, er imidlertid for kort til å gi indikasjoner på en 200-års flom. Men målingen har verdi ved å sammenligne med nærliggende vassdrag for samme periode.

Gjennomløpet gjennom eksisterende veg er en gammel bru med BxH=5,4x3,9m. Det ble undersøkt om måling av vannstand i dette vannløpet kunne benyttes til beregning av vannføring. Naturlig elvebunn var imidlertid for bratt og "ruglete" til at dette lot seg gjøre.

6. Beregninger, datasammenlikninger

Avklaring av og valg av dimensjonerende vannføring har foregått i flere etapper:

1. Beregning utført av SVRØ ved bruk av "NVE's gamle formler", kfr. Hb. 100-02 Vanngjennomløp (1983, senere utgått) og "Hydrologi i praksis" (J. Otnes og E. Ræstad, Ingeniørforlaget

A/S 1971) ga en vannføring på 8,8 m³/s, inkludert en reduksjon fra 10 m³/s for sjøprosent. Det ble dessuten foretatt en kalibrering mot flom i Gausa i 1995 som ga en dimensjonerende vannføring på 14,6 m³/s. Dette var i 2006, før byggeplanleggingen var startet opp. (Disse formlene anses å gi verdier tilsvarende en 200-års flom).

2. COWI AS beregnet i januar 2007 vannføringen med den rasjonelle formel til 10 m³/s for returperiode 100 år, og uten justering for 1995-flommen i Gausa. Nedslagsfeltets areal på 8,6 km² nærmer seg grensen for anbefalt maksimalt areal for bruk av denne metoden. I tillegg er det knyttet usikkerhet til valg av avrenningsfaktor og nedbørintensitet.

Med basis i dette ble elveløpet dimensjonert for en maks. vannføring på 14 m³/s, idet det ble tatt hensyn til 1995-flommen i Gausa.

3. Senere, februar 2007, ble det avholdt et møte mellom SVRØ og NVE om de planlagte tiltakene i Neveråa og dimensjonerende vannføring. NVE vurderte vannføringen med basis i data fra et annet vassdrag (Langtjørnbekk, nr. 2017) til middelflom 1,6 m³/s, 50-årsflom 1,8 m³/s og 200-års flom 2,0 m³/s, dvs. døgnmiddelverdier. Variasjoner i løpet av døgnet ble oppgitt å gi momentanflommer på 2-3 ganger døgnmiddel, dvs. maksimalt 6 m³/s. Langtjørnbekk har et effektivt sjøareal på 5,4%, mens verdien for Neveråa er 3,0%. Nedslagsfeltet til Langtjørnbekk er i tillegg vesentlig flatere enn feltet til Neveråa. Avrenningsmålinger fra dette vassdraget kan derfor gi for lave flomverdier.

Ut fra dette ble det valgt å redusere dimensjonerende vannføring til 8 m³/s, og planene ble omarbeidet før anbudet gikk ut vinteren 2007.

Den midlertidige bekkelukkingen skulle ligge fra høst 2007 til høst 2008 og således ha kapasitet for 1 vårflo. Det ble valgt å legge et betongrør på Ø1200mm som har en kapasitet på 4 m³/s (=antatt 1-års flom) ved en oppstuvning foran innløpet på 2,5m (IV/D = 2). Valget av den forholdsvis lave kapasiteten hadde sammenheng med relativt små konsekvenser ved en eventuell overskridelse.

Det er hyppige observasjoner av innløpsvannstand mellom 10.04.08 og 02.07.08. I tillegg er det en observasjon den 13.08.07 (foto av vannføring i elva) og 21.09.08. Alle observasjoner og beregnede vannføringer ble sammenstilt i tabell. Vannføringer er i tillegg til nomogram kontrollberegnet med andre metoder (vedlegg 4).

Vinteren 07/08 var snørrik, og snøsmeltingen ga flommer opp til 5-års flommer i de store vassdragene. I Neveråa steg vannstanden og vannføringen jevnt og trutt og det ble foretatt ekstra tiltak for erosjonsbeskyttelse ved innløp og utløp. Om ettermiddagen den 02.05.08 var vannstanden 2,2m og vannføringen 3,8 m³/s. Kort etter dette tidspunktet ble innløpet delvis blokkert og vannet steg til ca. 4m over røret og fløt ut gjennom den uferdig membranplaneringen og ned gjennom steinfyllingen. Vannføringen denne dagen kan tilskrives både snøsmelting og nedbør idet det ble registrert 27mm nedbør foregående døgn. Etter opprensning av innløpet gikk vannføringen tilbake til ca. 1,5 - 2,0 m³/s med en siste flomtopp 08.05.08 på 2,9 m³/s. Vannføringen lå over 1,5 m³/s hele perioden fra 27.04.08 til 12.05.08, og den største verdien for hele måleperioden var 3,8 m³/s.

Disse observasjonene medførte usikkerhet om den valgte dimensjonerende vannføring på 8 m³/s var tilstrekkelig. 3,8 m³/s tilsvarer 1,9x 200-års flom vurdert av NVE (2,0 m³/s). Det ble gjort en ny henvendelse til NVE med de observerte vannføringer for å få verifisert/vurdert på nytt om den valgte dimensjonerende vannføring på 8 m³/s kunne opprettholdes.

4. Dette førte til at NVE foretok en ny sammenlikning mot et annet vassdrag (Fura, 2.323.0 i Løten), hvor det kunne konstateres svært sammenfallende (arealkorrigerede) vannføringer, se vedlegg 6. Det ble konkludert med:
 10-års flom i Neveråa settes til 3,8 m³/s (døgnmiddel). Målte 3,8 m³/s anses som en momentanverdi slik at døgnmiddel 02.05.08 var noe lavere enn 10-års flom.
 200-års flom i Neveråa settes til 5,6 m³/s (døgnmiddel). Momentanfaktoren for Fura varierer mellom 1,5 og 4, dvs. maks. vannføringer i Neveråa kan variere mellom 8,4 og 20 m³/s.
 Faktoren for momentanverdien ble senere konkretisert og anbefalt satt til 2,25, dvs. en 200-års flom på 12,6 m³/s.
5. COWI AS foretok parallelt med dette en vurdering mot ”Flomberegning og kulvertdimensjonering”, SINTEF 1992, hvor det finnes en oversikt over avrenning fra 23 små felt. Fra dette materialet kan det beregnes at spissverdien for en 50-års flom er ca.70 ganger midlere avløp. Dette gir en 50-års flom i Neveråa på 8,4 m³/s. 200-års flom ligger ca. 20% høyere, dvs. 10,1 m³/s. Med en sikkerhetsfaktor på 20% foreslås dimensjonerende vannføring til 12 m³/s (vedlegg 7).

Det var nå tydelig at dimensjonerende vannføring må settes høyere enn 8 m³/s. Det ble sammenkalt til et møte med SVRØ, NVE og COWI AS den 05.09.08 hvor det ble konkludert med en dimensjonerende vannføring på 14 m³/s.

Det ble gjort en enkel undersøkelse for å se om det kunne finnes sammenhenger mellom vannføring og nedbør. Det er 3 nedbørstasjoner i området med måleravlesning en gang pr. døgn. Det er imidlertid ikke tilstrekkelig oppløsning på nedbørdataene til at de kan brukes til beregning av spissverdier for vannføring (vedlegg 8).

For vannføringen den 13.08.07 (1,9 m³/s) var det 39mm nedbør foregående døgn og ca. 70mm i løpet av de 2 foregående døgn.

For vannføringen den 02.05.08 (3,8 m³/s) var det 27mm nedbør foregående døgn. Det var denne nedbøren i tillegg til snøsmeltingen som ga flomtoppen.

7. Evaluering

Sammenstilling av flomberegninger:

Etappe/ beregning nr.	Metode/formel	Beregnet flom, n=	Momentanfaktor/ påslag >n=200år	Qdim n=200år	Sikkerhets- påslag	Endelig Qdim
1	”NVE-formel”	10 m ³ /s n=200år	0	10 m ³ /s	Ca. 1,4 (flom i Gausa 1995)	14,6 m ³ /s
2	Rasjonelle formel	10m ³ /s n=100år	1,1	11 m ³ /s	0	11 m ³ /s

3	Vannføringsdata fra Langtjørnbekk	2,0 m ³ /s døgnmiddel n=200år	2-3	4-6 m ³ /s	1,3	8 m ³ /s
4	Målt vannføring i vårflom og vannføringsdata fra Fura	5,6 m ³ /s døgnmiddel n=200år	1.5 – 4 >2,25	12,6 m ³ /s	0	12,6 m ³ /s
5	Spissverdi for 50-års flom ≈ 70gg midlere årsavløp	8,4 m ³ /s n=50år	1,2	10,1 m ³ /s	Ca. 1,2	12 m ³ /s

Svakheter og usikkerhetsfaktorer ved metoder brukt ved beregningene:

1. Nedslagsfeltparametre ved måling av nedslagsfelt på kart. Midlere årsavløp tar lite hensyn til lokale variasjoner.
2. Nedslagsfeltparametre ved måling av nedslagsfelt på kart. Nedbørstasjoner og -data med tilstrekkelig oppløsning. Valg av avrenningsfaktor.
3. Valg av vassdrag med sammenliknbare forhold. Det bør være nærliggende vassdrag med noenlunde samme feltareal og feltegenskaper.
4. Usikkerheten i valg av vassdrag med sammenliknbare forhold reduseres betydelig ved måling av faktiske vannføringer som kan sammenliknes med samtidig målt vannføring i referansevasdraget.
5. Midlere årsavløp tar lite hensyn til lokale variasjoner.

Vurdering:

Verdiene for 200-års flom før sikkerhetspåslag ligger rimelig samlet, med unntak av beregningen basert på vannføringsdata fra Langtjørnbekk (gjennomsnitt av beregningene 1, 2, 4 og 5 =10,9 m³/s). Det tyder på at beregningsmetodene i dette tilfelle gir brukbare resultater.

Bestemmelse av nedbørfelt-parametere er faktoren som gir de største usikkerheter. Eksempelvis er det for beregning nr. 1 og 2 målt et areal på 9,5km², mens beregning nr. 3, 4 og 5 benytter et areal på 8,6km². Feltets lengde/høydeforskjell påvirker også resultatet for nr. 1 og 2. For beregning nr. 2 påvirker dette også beregnet tilrenningstid og dermed nedbørintensitet. For beregning nr. 2 skal det også vurderes en avrenningsfaktor for feltet.

Flomberegning bør utføres med minst 2 ulike metoder for å avdekke eventuelle svakheter.

Målinger av virkelig vannføringer som kan relateres til samme periode i andre vassdrag med lang-

varige måleserier er svært verdifulle og øker sikkerheten ved dimensjoneringen.

Beregning med den rasjonelle formel ga verdier på linje med andre metoder selv om nedslagsfeltet nærmer seg grensen for anbefalt maksimalt areal. Det bør vurderes om grenseverdier for bruk av denne metoden kan nyanseres slik at andre faktorer enn areal også tas i betraktning.

Konsekvenser ved ekstremflom:

I henhold til vegnormalene skal det dimensjoneres for flom med gjentaksintervall opp til 200 år. Med valgt dimensjonerende vannføring = 14 m³/s er det benyttet en sikkerhetsfaktor = 1,28 på gjennomsnittet av beregningene 1, 2, 4, og 5. Alle elementer, som tverrsnitt, terskler og erosjonssikring, i det nye bekkeløpet er dimensjonert for en vannføring på 14 m³/s med god margin. Før eller senere kan en flomhendelse overstige denne verdien. Spørsmålet er hvor mye, hvor langt tidsrom man skal overskue og hvilke konsekvenser overskridelsen kan få. Det bør i denne forbindelse også nevnes at dimensjonerende levetid for bruer er 100 år.

Det er ingen alternative flomveger i dette tilfellet. Alt vannet må følge bekkeløpet i dalbunnen. I "Retningslinje for flomberegning" (NVE 2002) beskrives metoder for flomberegninger for vassdragsanlegg, spesielt rettet mot dimensjonering av damkonstruksjoner og store nedslagsfelt, for gjentaksintervall på opptil 1000 år, samt PMF (påregnelig maksimal flom). Av retningslinjen framgår bl. a.:

- sannsynligheten for at en 200-års flom skal inntreffe innenfor en 100 års periode er 39%, at en 1000-års flom skal inntreffe innenfor en 200 års periode er 18%, og at en 1000-års flom skal inntreffe innenfor en 100 års periode er 10%.
- erfaringstall fra flomberegninger i Østlandsområdet viser døgnmiddelverdier for 1000-årsflom på 600 – 1200 l/s*km², med de største verdiene i meget små felt.

1000-års flom (døgnmiddel) for Fura er opplyst av NVE til 30-35 m³/s, dvs. ca. 750 l/s*km². Legges denne verdien til grunn for Neveråa, får vi en vannføring på 6,45 m³/s. Med den anvendte momentanfaktoren i beregning nr. 4 på 2,25 vil spissverdien av en 1000-års flom bli 14,5 m³/s, altså bare 0,5 m³/s høyere enn valgt dimensjonerende vannføring inkludert sikkerhetsfaktor.

Legges til grunn at en 1000-års flom i Neveråa kan gå opp til 1200 l/s*km², får vi en vannføring på 10,3 m³/s (døgnmiddel). Med den anvendte momentanfaktoren i beregning nr. 4 på 2,25 vil spissverdien av en 1000-års flom bli 23,2 m³/s.

Denne vannføringen vil gi følgende konsekvenser for vannstand og hastighet sammenliknet med en vannføring på 14 m³/s:

Dam: vannstand øker med 0,3m, hastighet over terskelen øker med 0,5m/s. Dette ligger innenfor prosjekterte nivå og steinstørrelse for plastringsmasser.

Kanal under bru: vannstand øker med 0,45m, hastighet øker med 0,3 m/s til 2,2 m/s. Dette ligger innenfor prosjekterte nivå og steinstørrelse for plastringsmasser.

Stryk/kulper: vannstand øker med 0,4m over tetningsterskler (ellers 0,2m), hastighet øker med 0,9 m/s til 6,2 m/s. Prosjekterte nivå på plastringsmasser ligger godt over vannstanden, bortsett fra ved tetningsterskler hvor det ligger ca. 0,2m for lavt. Benyttet steinstørrelse til plastring d60 = 720mm ligger under nødvendig steinstørrelse ved 23,2 m³/s (d60=980mm) og lagtykkelsen tilsvarende underdimensjonert. Plastringen er dimensjonert i hht. Håndbok 016. Dimensjoneringsgrunnlaget i Håndbok 16 må anses som konservativt idet steinstørrelsene ligger på det dobbelte av grenseverdier for erosjon basert på forsøk. Det må likevel antas at en 1000-års flom på 23,2 m³/s kan

gi skader på tetningsterskler og plastring i stryk-/kulpstrekninger.

8. Vurdering av aktuelle tiltak/momenter for videre arbeid

Punktene nedenfor er forslag til tiltak for å forbedre metodikk og vurdering/innhenting av grunnlagsdata ved beregning av vannmengder generelt (ikke fysiske tiltak i Neveråa).

-Nyansering av grenseverdier for bruk av den rasjonelle formel ut fra bl. a. feltets egenskaper (geografisk beliggenhet, naturlige felt med ulike forhold, urbane felt).

-Avrenning fra snøsmelting kan gi store vannmengder, det hadde vært interessant å ha tallfestet noe nærmere om dette, og ved hvilke situasjoner det bør tas hensyn til dette. I en periode rundt 1990 ble det foretatt en del målinger av snøsmelting og snøsmeltingsintensitet. COWI AS var involvert i dette i Østfold/Follo-området og det foreligger noen opplysninger fra dette. I ”Retningslinje for flomberegning” (NVE 2002) beskrives en formel for beregning av snøsmelting basert på bl.a. lufttemperatur.

Det er viktig å være klar over ulike terminologi hos NVE og veg-/VA-ingeniører. Dette kan føre til misforståelser i kommunikasjonen og gjelder bl. a.:

-Definisjoner av små/store felt (hva er f. eks. 8,6 km² som i Neveråa?) Dette er særlig aktuelt i forbindelse med valg av beregningsmetode(r), for eksempel den rasjonelle formel.

-Tydeliggjøre terminologi i forhold til flombegrepet:

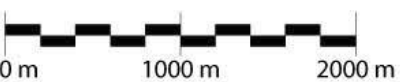
NVE opererer ofte med døgnmiddel-flom, momentanverdier må avklares ved dimensjonering av drengssystem som dimensjoneres for spissverdier.

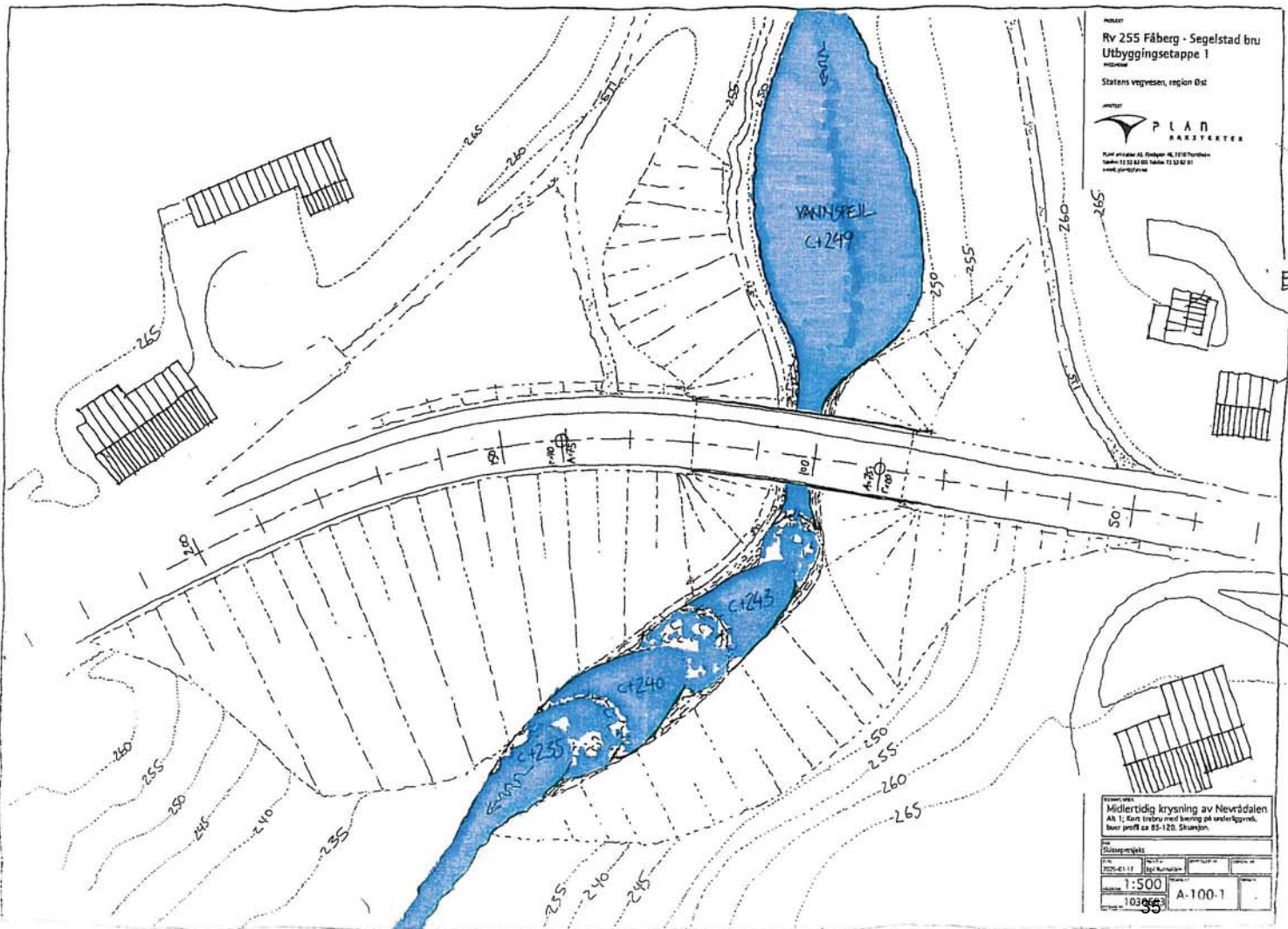
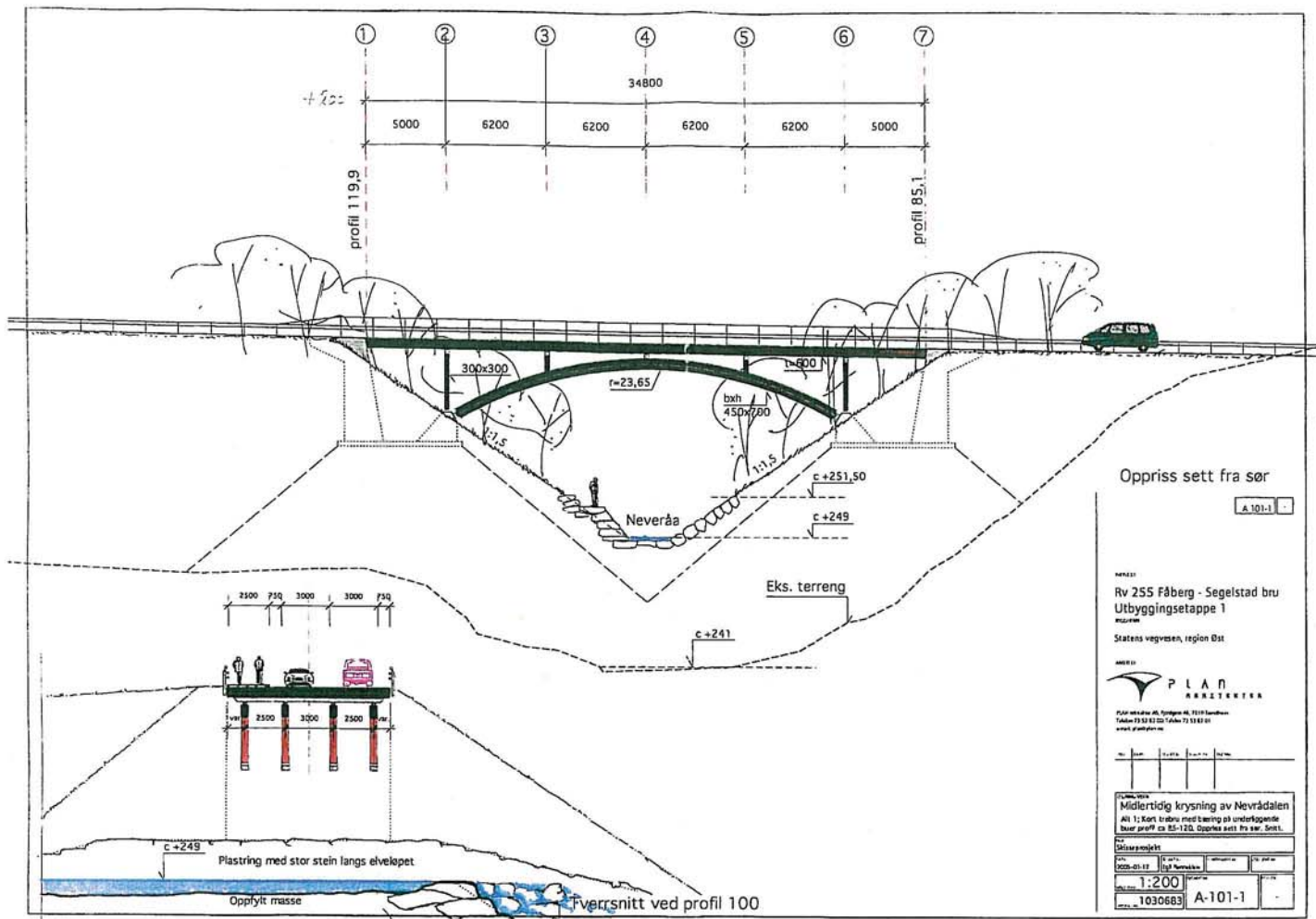
Veg-/VA-planleggere opererer med spissverdier direkte basert på returperiode for nedbør.

-Det bør arbeides videre med tidsoppløsningen ved både nedbør- og vannføringsmålinger. Timesverdier er ønskelig.

9. Vedlegg

- 1 Oversiktskart nedslagsfelt
- 2 Skisseprosjekt for kryssing av Neverådalen (Plan Arkitekter AS)
- 3 Skjema vannstandsmåling
- 4 Skjema vannføringsberegning
- 5 Nomogram stikkrenner med innløpskontroll
- 6 NVE's vannføringsanalyse
- 7 Spissverdier små felt (”Flomberegning og kulvertdimensjonering”)
- 8 Sammenlikning nedbør/vannføring
- 9-11 Tegninger G100, K200, V202
- 12-18 Bilder



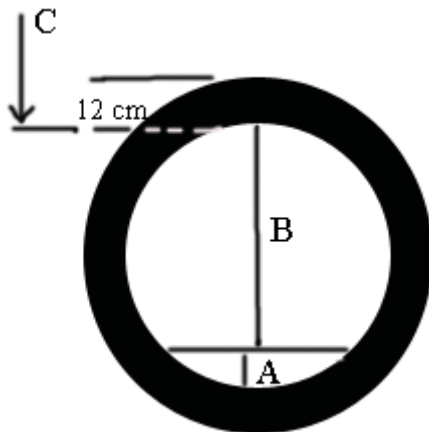


Målinger vannstand Nevroa 2008.

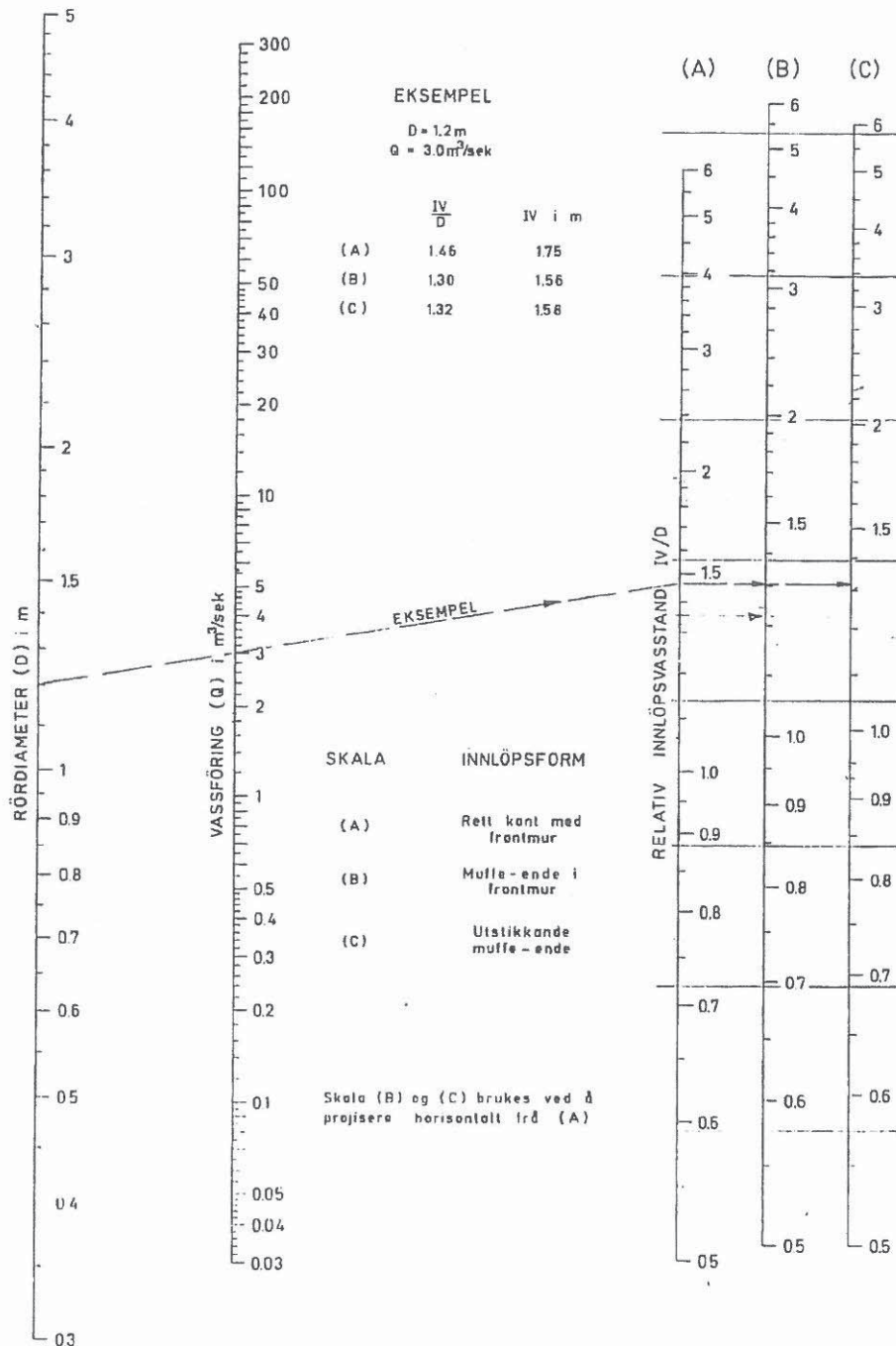
Målingene blir utført 2 til 3 ganger i uken. Om røret ikke tar alt vannet og vannstand øker over rørintak, vil målinger bli utført på målestav merket C.

- Rørdimensjon er 120 cm innvendig rør ($A + B = 120$ cm)
- Tykkelse på rør er 12 cm.

Dato	Kl.	Temp	Vannhøyde A i cm	Mål B i cm	Vannhøyde C i cm	Merknader
10.04.2008	20:00	2	19	101		
14.04.2008	19:00	8	25	95		
18.04.2008	20:00	10	30	90		
20.04.2008	19:00	12	42	78		
22.04.2008	18:00	12	50	70		
24.04.2008	18:00	14	62	58		
27.04.2008	21:00	15	95	25		
29.04.2008	21:00	15			22	
02.05.2008	16:00	10			100	Halv time etter denne målingen tettet røret seg, slik at 16:30 var det ca 4 meter med vann over rør.
04.05.2008	20:00	12	115	5		Denne målingen er tatt etter at rørgate ble åpnet igjen, normal gjennomstrømning.
08.05.2008	20:00	15			32	
12.05.2008	17:00	10	102	18		
25.06.2008	17:00	15	18	102		
02.07.2008	21:00	20	10	110		



NOMOGRAM 2



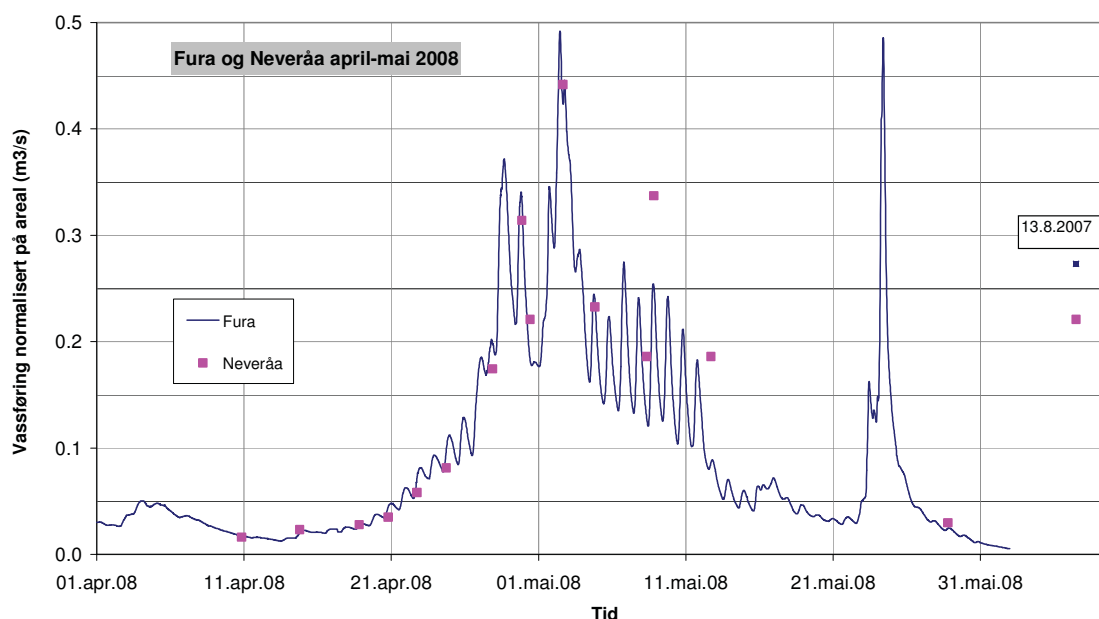
T. 5 Nomogram for rørstikkrenne av betong med innløpskontroll. (After U.S. Bureau of Public Roads (15))

Vurdering av flomstørrelse og gjentaksintervall i Neveråa, Gausdal.

Fra Hallgeir Elvehøy, NVE, Hamar 29. august 2008

Jeg har sammenlignet Neveråa (8,6 km², 270-720 moh., 13,5 l/skm²) med Fura i Løten (ca 45 km², 350-760 moh., 11,8 l/skm²). Fura ligger om lag 65 km sørøst for Neveråa. Fura har vannføringsmålinger siden 1970.

Normalisert vannføring (vannføring delt på feltareal) i Fura i april-mai 2008 er sammenlignet med normalisert vannføring i Neveråa. I tillegg er verdier for 13. august 2007 lagt inn. Sammenligningen viser at det i denne perioden er ganske like forhold i de to vassdragene.

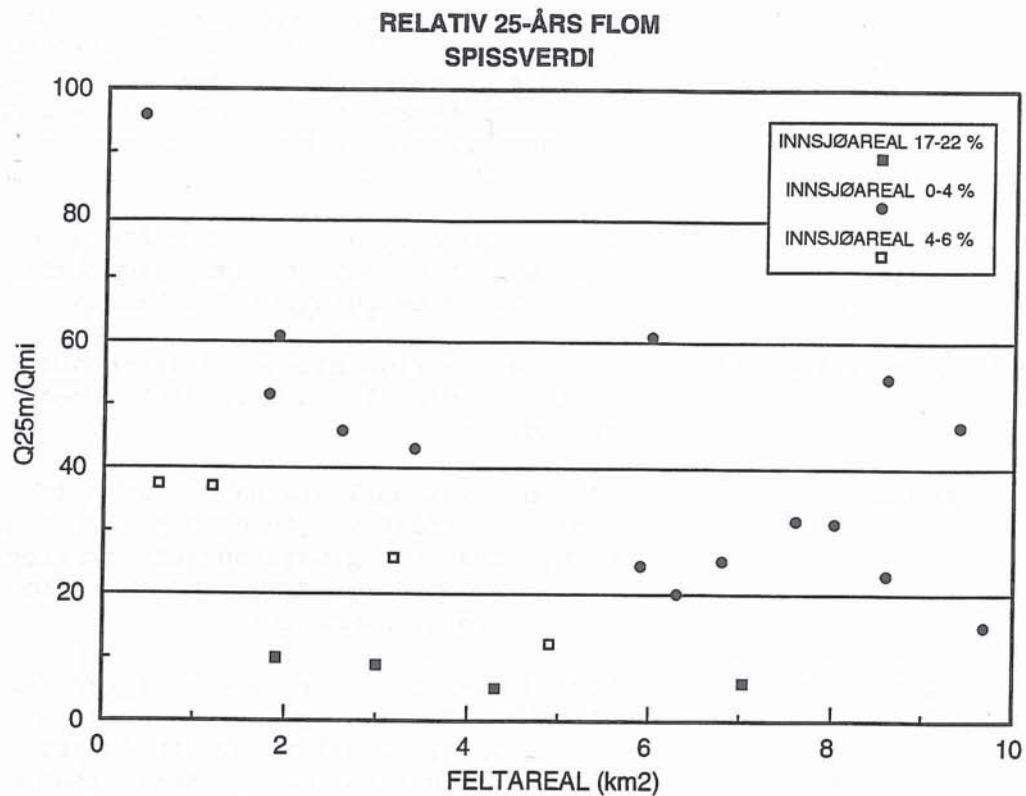


Flomstatistikk for Fura 1970-2007 (døgnmiddelverdi – m³/s):

Medianflom	11,8
5-års flom	16
10-års flom	19
50-års flom	24
100-års flom	26
200-års flom	28

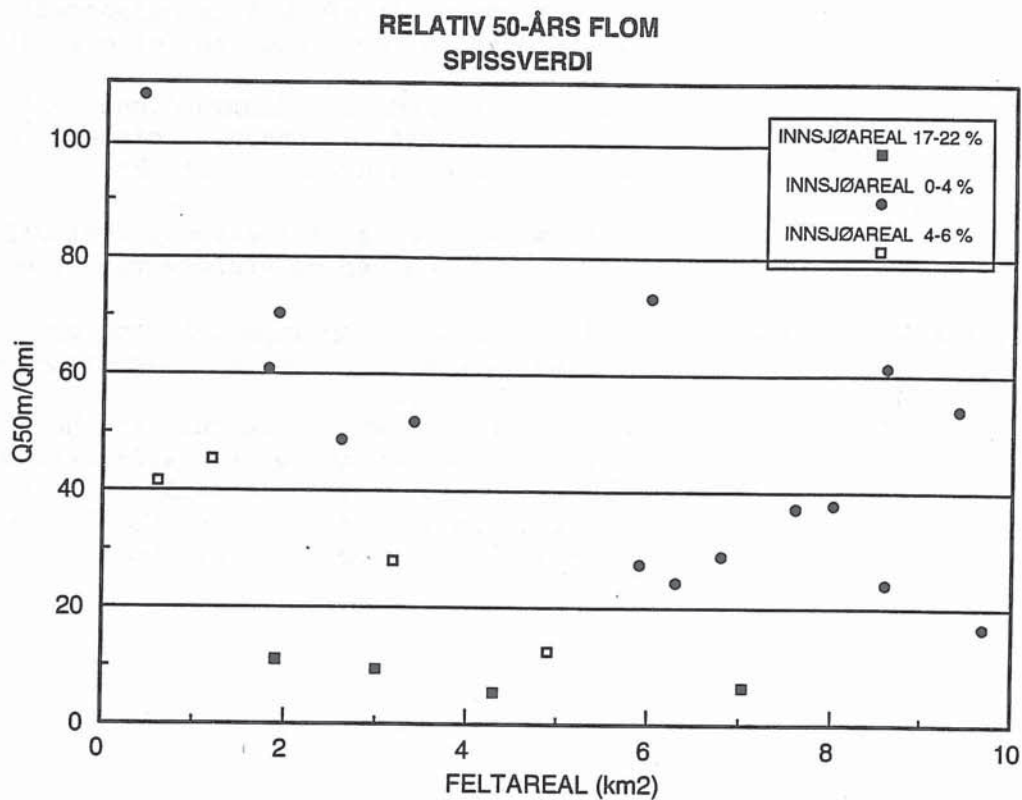
I Fura var det flomtopp den 2. mai 2008 kl 1100 (22,1 m³/s). Døgnmiddelverdien var 18,1 m³/s som er i underkant av 10-års flom. Dersom flomfrekvensene for Fura areal-skaleres for Neveråa, blir en 10-års flom i Neveråa 3,8 m³/s. Siden den målte momentanverdien 2.mai 2008 var 3,8 m³/s, var døgnmiddelflommen trolig noe mindre enn en 10-årsflom. Den areal-skalerte 200-års flommen i Neveråa blir 5,6 m³/s (døgnmiddel). Forholdet mellom døgnmiddelflom og momentanflom vil variere. For en del flomtopper i Fura i perioden 2004-2007 varierte forholdet mellom døgnmiddelverdi og momentanverdi mellom 1,5 og 4. Disse flommene var i utgangspunktet mellom medianflom og 5-års flommer bortsett fra 15/8-2007 da døgnmiddelvannføringen var relativt lav i Fura (3,01 m³/s) mens flomtopp rundt kl 2000 var 12,4 m³/s (faktor 4).

Med forholdstall mellom 1,5 og 4 i Neveråa blir momentanverdi ved 200-års flom mellom 8,4 og 20 m³/s. Det knyttes stor usikkerhet til disse tallene!!



Figur 3.3.

Relativ 25-årsflom (spissverdi) for de 23 feltene.



Figur 3.4.

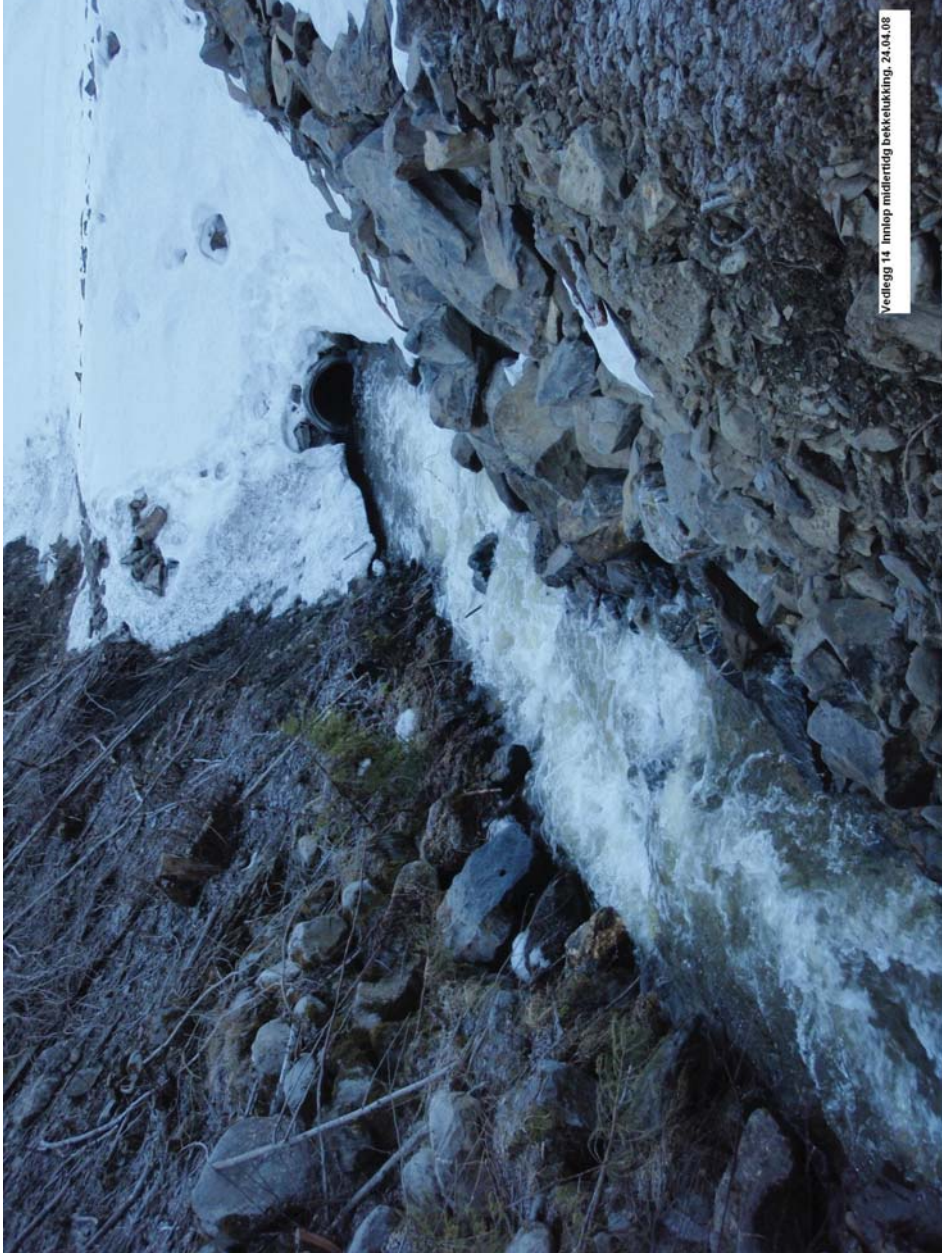
Relativ 50-årsflom (spissverdi) for de 23 feltene.

Neveråa ved ny Rv. 255, sammenlikning vannføring/nedbør								
Dato	vannføring m3/s	nedbør *) mm	Temp.	Antatt bidrag fra snøsmelting	nedbør Lilleh.	nedbør Skogli	nedbør v. Gausdal	
13.08.2007	1,9	70 ****)		ingen	38	29	18,1	
21.09.2007	0,09	0		ingen				
14.04.2008	0,2	12	8	liten (?)	8	12,5	7	
24.04.2008	0,7	2	14	middels	2	2	2	
29.04.2008	2,7	8	15	stor	3,7	8,1	2	
30.04.2008	1,9	<1	?	stor	<1	<1	<1	
02.05.2008	3,8	27	10	stor	15	27,5	16,2	
08.05.2008	1,6	<1	15	stor	<1	<1	<1	
12.05.2008	1,6	<1	10	stor	<1	<1	<1	
25.06.2008	0,14	8	15	ingen (?)	6,7 **)	8,4 **)	4,8 **)	
02.07.2008	0,09	12	20	ingen	15,2 ***)	11,8 ***)	21,6 ***)	
		*) døgnverdi målt kl. 07.00						**)
								23.06.2008
								***)
								30.06.2008
								****)
								12. og 13.08.07
Formål: Vise sammenheng mellom nedbør, snøsmelting og vannføring								
Grunnlag: Nedbørdata er hentet fra eKlima (met.no). Vannføringer er beregnet ut fra vannstandsmålinger ved innløp til midlertidig kulvert under vegfylling.								
Konklusjon: Vannføringer våren 2008 skyldes vesentlig snøsmelting, men med et bidrag fra nedbør den 02.05.08. Flomvannføring den 13.08.07 har kun tilførsel fra nedbør (70mm på 48 timer). Vurdering av returperiode for vannføring ut fra returperiode for nedbør kunne vært av interesse med tilstrekkelig oppløsning på nedbørdata. Dette er ikke utført.								





Vedlegg 13 Innløp midlertidig bekkelukking, 21.09.07



Vedlegg 14 Innløp midlertidig bekkeutløsing, 24.04.08



Vedlegg 15 Unnp midlertidig bekkeutking, 24.04.08





Vedlegg 17 Utep midleridig bekkekuking, 29.04.08



Vedlegg 18 Innlep midlertidig bekkelukking under tilstopping av innløpet, 02.05.08

Vedlegg A



Delprosjekt 3 Sikring mot flom og erosjon

Delprosjektet omfatter utredning av behov og muligheter for tilpasning til endret klima, både gjennom dimensjonering av drenering, erosjonssikring eller vegen og ved endringer i kriterier for valg av løsninger. Målet er å formulere forslag til endringer i retningslinjer for prosjektering, tilstandsvurdering og vedlikehold. Et titalls pilotprosjekter brukes til utprøving og demonstrasjon.

Delprosjektet er organisert i følgende aktiviteter:

- 3-1 Drenering
- 3-2 Erosjonssikring mot strømmende vann
- 3-3 Sikring mot bølgeerosjon
- 3-4 Miljøeffekt av endret klima
- 3-5 Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp (2010)

Drenering ser på følgende tema:

- metoder og datagrunnlag for beregning av nødvendig dreneringskapasitet,
- for nye veger: bedre verktøy for prosjektering og valg av drensløsninger for vegkroppen og omgivelsene
- for drift/vedlikehold og eventuell oppgradering av eksisterende veger: tilstandsvurdering, tilstandsdata til bruk i kontrakter

Erosjonssikring mot strømmende vann ser på utfordringer knyttet til prosjektering og sikring av brufundamenter samt beskyttelse av vegens omgivelser og sikring av vegskråninger.

Sikring mot bølgeerosjon ser på utfordringer knyttet til veger, ferjekaier, tilløpsfyllinger for bruer og deres sikring mot bølgeerosjon og overskylling.

Miljøeffekt av endret klima har som mål å utvikle et bedre og klimatilpasset grunnlag for valg og prosjektering av renseløsninger for avrenningsvann fra veg.

Overvann: fordrøyning, drenering og vanngjennomløp er en koordinerende aktivitet i 2010 som har som mål å utvikle grunnlag for en håndbok med vannhåndtering som tema.

Delprosjektleder: Frode Oset, Vegdirektoratet.

Fagsekretær for delprosjektet: Kristine Flesjø, Vegdirektoratet

Vedlegg B



Prosjektrapporter fra 'Klima og transport' – pr mai 2011

Rapportnr.	Tittel	Utarbeidet av
2519	Klimapåvirkning av vegbyggingsmaterialer State of the art studie	Bjørn Ove Lerfald og Inge Hoff, SINTEF Byggforsk
2520	Vurdering av EDB-system for beregning av nedbrytning av veg	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2542	Status og problemstillinger for grusvegnettet ved endret klima	Per Otto Aursand og Joralf Aurstad, Statens vegvesen og Ivar Horvli, ViaNova Plan og Trafikk AS
2566	Pilotprosjekt på stikkrenner E 136 Dombås - Ålesund	Kristine Flesjø og Hilde Hestangen, Statens vegvesen og Than Ngan Nguyen, NTNU student
2573	Rensing av overvann fra vei i fremtidens klima, 2071-2100	Thorkild Hvitved-Jacobsen, Jes Vollertsen og Svein Åstebøl, COWI
2582	Modellforsøk med flomskred mot bruer Virkning av bruåpning og ledevoller	Priska Heller og Lars Jenssen Institutt for vann- og miljøteknikk, NTNU
2586	Utvikling og uttesting av skredrisikomodel for vegnettet i Norge	Heidi Bjordal og Martin Weme Nilsen, Statens vegvesen
2560	Erosjonsskader ved Middøla bru: årsak og tiltak	Lars Jenssen, NTNU, Erik Holmqvist og Kari Svelle Reistad, NVE
2599	Klimaets påvirkning på tilstandsutvikling for vegdekker – E136	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og Trafikk AS
2600	Risikovurdering av steinsprangfare på Oppdølsstranda Samling av bakgrunnsmateriale	Heidi Bjordal, Statens vegvesen
2609	RV362 Bitu bru, Vinje kommune, Telemark, Pilotprosjekt erosjonssikring	Øyvind Armand Høydal,NGI
2610	Veger og drivsnø Håndbok om planlegging og drift av veger i drivsnøområder - Høringsutgave	Harald Norem og Espen Thøring, Statens vegvesen, Skuli Thordarson, Vegsýn
VD 4	Ny prioriteringsmodell for rassikringsplanene	Viggo Aronsen, Statens vegvesen m.fl.
VD 17	Pilotprosjekt på stikkrenner Casestudier Bulken, Sagelva og Neveråa	Jon Erling Einarsen, ViaNova Plan og Trafikk AS, Lena Tøfte (SINTEF), Øyvind Simonsen og Eivind Hesselberg, COWI AS
VD 18	Pilotprosjekt på stikkrenner Kapasitetsberegning E136 Dombås - Ålesund	Espen Arntzen, Egil Andersen, Multiconsult AS
VD 19	Databehov ved trinnsvis varsling av snøskredfare Erfaringer fra lokal og regional varsling i Møre og Romsdal mars 2010	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 20	NVDB som grunnlag for klimatilpasning Vurdering av datamodeller og data	Knut Jetlund, Statens vegvesen

VD 21	Samordning av vær- og klimadata Hvordan oppnå bedre utnyttelse av data fra statens værstasjoner?	Tore Humstad, Statens vegvesen m.fl.
VD 22	Kartportal FørVar Oppsummering ved prosjektets slutt	Tore Humstad, Statens vegvesen
VD 23	ROS-analyser av bruer mht værrelaterte hendelser	Arne Gussiås, Hans Olav Hagen, Statens vegvesen
VD 24	ROS-analyser av stikkrenner mht værrelaterte hendelser	Skuli Thordarson, Vegsýn, Steinar Myrabø, Jernbaneverket og Øystein Myhre, Statens vegvesen
VD 25	ROS-analyser av vegoverbygning mht værrelaterte hendelser	Ivar Horvli, ViaNova Plan og trafikk AS /Statens vegvesen
VD 26	Tilstandsutvikling på vegnettet Virkninger av endret klima på sporutvikling på veger med bituminøst dekke	Ragnar Evensen, ViaNova Plan og trafikk AS
VD 27	Veger og snøskred Håndbok om sikring mot snøskred - Høringsutgaven	Harald Norem, Statens vegvesen
VD 28	Beredskapsplan for driftskontraktene Forslag til ny mal for beredskapsplan ved uvær og naturfarer	Tore Humstad, Solveig Kosberg, Statens vegvesen
VD 30	Miljøeffekt av endret klima Oversikt over mulige problemstillinger	Ola Nordal, Asplan Viak AS



Statens vegvesen

Statens vegvesen Vegdirektoratet
Publikasjonsekspedisjonen
Boks 8142 Dep.
N-0033 Oslo
Tlf. (+47 915)02030
E-post: publvd@vegvesen.no

ISSN: 1892-3844