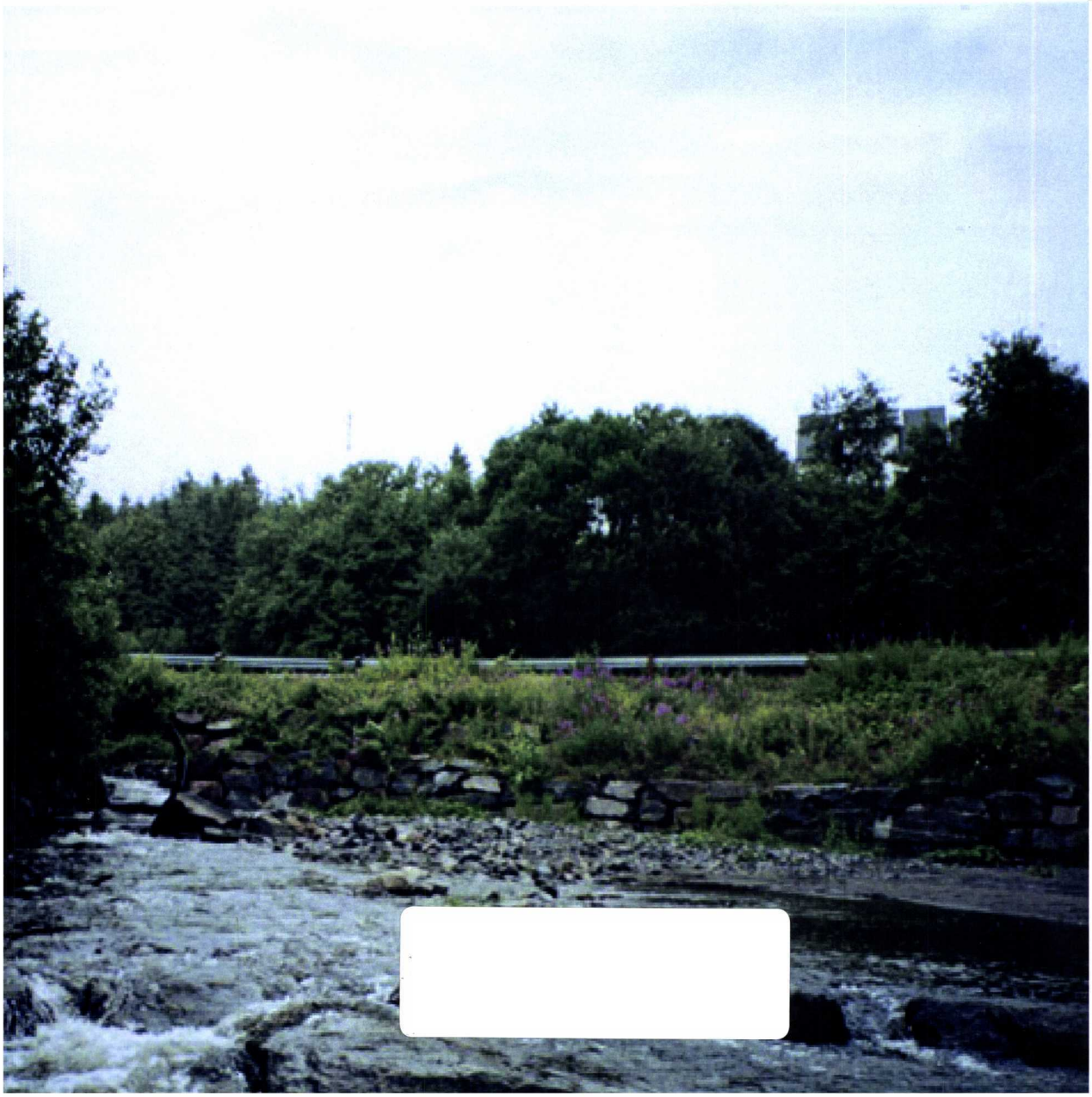
NVE

Lukking av Mosvoldelva

Kapasitetsberegninger for kulvertsystem

Øyvind Lier

8
2000



OPPDRAGSRAPPORT

Oppdragsapport nr 8

Lukking av Mosvoldelva

Oppdragsgiver: Meløy kommune

Forfatter: Øyvind Lier

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 10

Forsidefoto: Øyvind Lier

Sammendrag: Det er utført en modellering av lukking av Mosvoldelva for Meløy kommune. Det er beregnet om kulvertens kapasitet overstiger en vannføring på 23 m^3/s for fire alternative løsninger. Dette tilsvarer et hendelsesforløp med nominelt gjentaksintervall på 200 år. Det er i tillegg tatt høyde for at det skal være en høy vannstand i sjøen samtidig. Beregninger viser at en løsning hvor dagens eksisterende kulvertsystem forlenges er å foretrekke. En mindre god løsning er å legge forlengelsen i to rør, begge med en diameter på 2 m.

Emneord: Vannlinjer, kulvert, dimensjonerende flom

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

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

NORGES
VASSDRAGS- OG ENERGIDIREKTORAT
BIBLIOTEK

Oktober 2000

Innhold

Forord 3

Områdebeskrivelse 4

Grunnlagsdata 6

1.1 Hydrologisk beregning 6

1.2 Vannstand i sjøen ved Ørnes 6

1.3 Dimensjoner på eksisterende kulvertsystem 7

Hydraulisk modellering 8

1.4 Verktøyet, HEC-RAS 8

1.5 Scenarier 8

1.6 Dagens situasjon 9

1.7 Resultater av modellkjøring, scenario en 10

1.8 Resultater av modellkjøring, scenario to 11

1.9 Resultater av modellkjøring, scenario tre 12

1.10 Resultater av modellkjøring, scenario fire 13

1.11 Modellens følsomhet for variasjoner 14

1.11.1 Endret vannføring 14

1.11.2 Endret innløpsutforming 14

1.11.3 Endring i ruhetstallet, n. 14

1.11.4 Økt strømningstap ved knekk i kulverten 14

1.11.5 Vannstand i sjø 14

1.12 Usikkerheter ved modelleringen 15

1.13 Kontroll 16

Konklusjon 17

Referanser 18

1. Forord

Meløy kommune ønsker å fylle igjen dagens åpne basseng mellom den kommunale veien (gammelveien) og dagens kulvertsystem (åpningen avbildet på forsiden). I tillegg er det er planlagt å forlenge kulverten 20 m ut i sjøen i forbindelse med utfylling av området.
Etter en oversvømmelse høsten 1999 oppstod et ønske om å lukke dagens åpne basseng. I tillegg er de nye arealene ønsket disponert. Konkret medfører dette at Mosvoldelva blir lagt i kulvert fra Gammelveien og ned til sjøen. I den sammenheng er det gjort en analyse av kapasiteten til det nåværende og det planlagte kulvertsystemet.

Narvik, oktober 2000

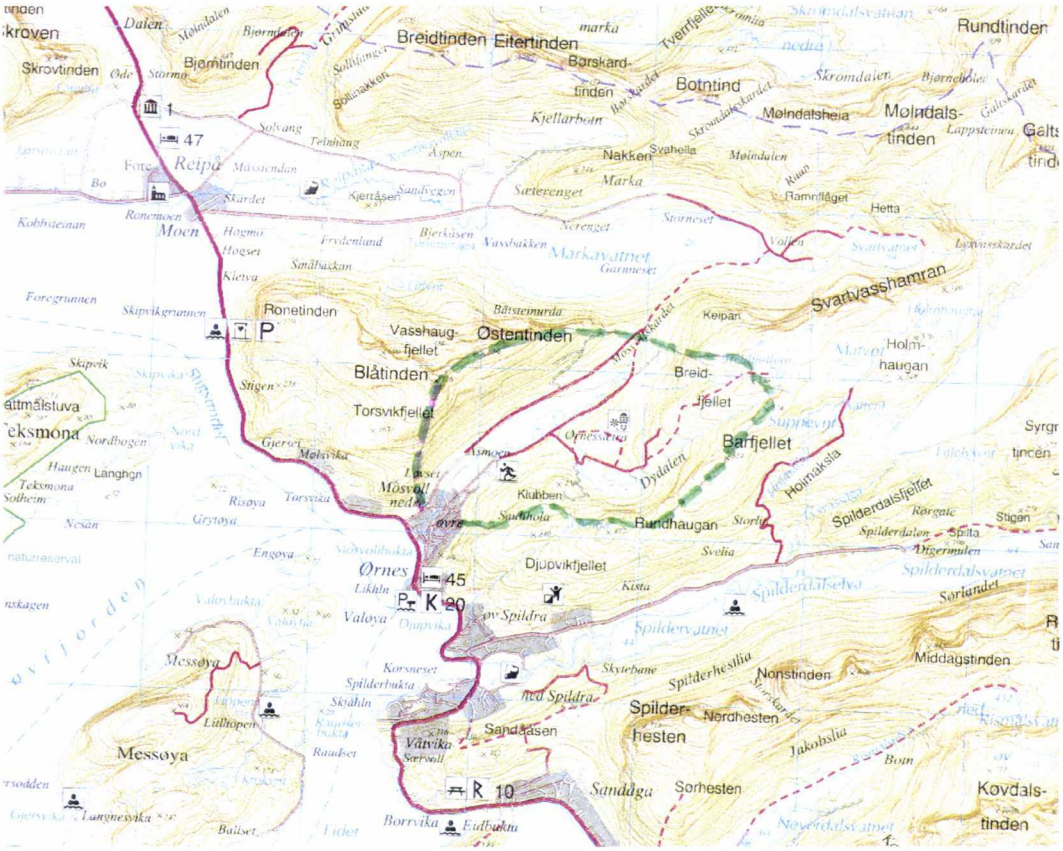
Are Mobæk
regiondirektør

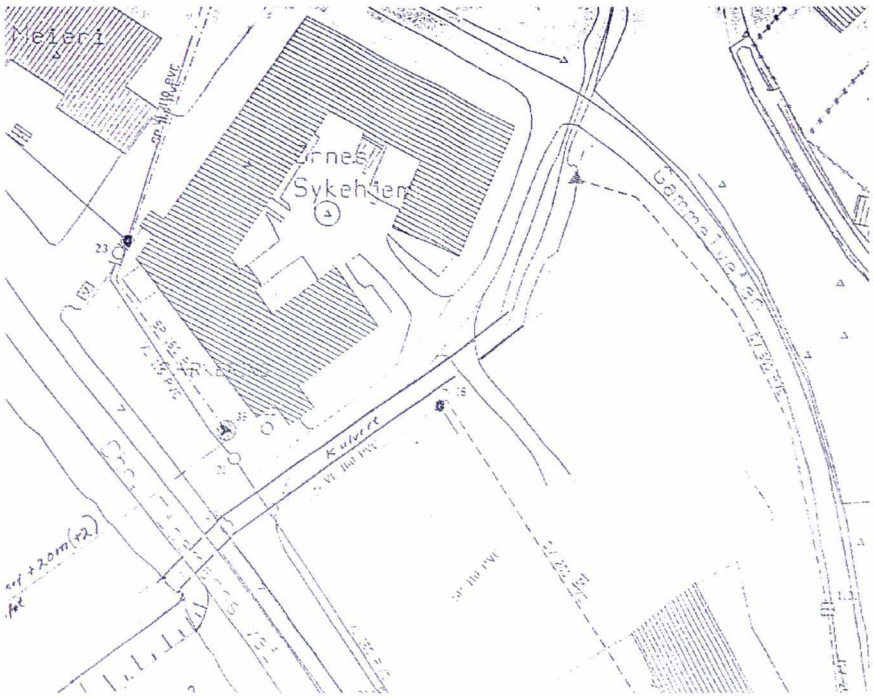
Aage Josefsen
regionsjef

2. Områdebeskrivelse

Kapittelet beskriver det aktuelle området.

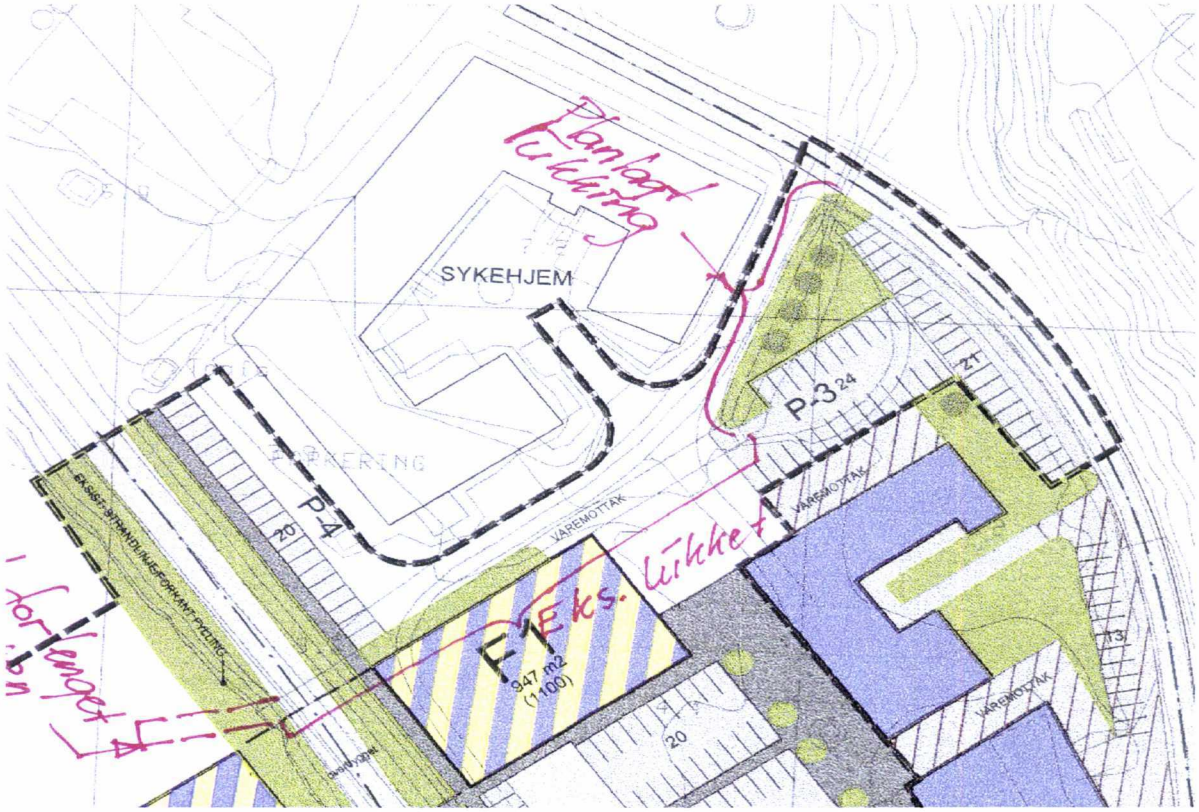
Nedbørsfeltet har en størrelse på 9.2 km^2, og avgrenses av vannskillet mellom Barfjellet, Blåtinden og Østentinden. Som kartet viser (Bilde 1, nedenfor) inneholder nedbørsfeltet relativt store gradienter,


Breidtinden
Eitertinden
Rundtinden
Skrovtinden
Bjørntinden
Botntind
Molndalsheia
Molndals-
tinden
Reipå
Moen
Markavatnet
Svartvasshamran
Ronetinden
Vasshaug-
fjellet
Østentinden
Blåtinden
Torsvikfjellet
Barfjellet
Rundhaugan
Djupvikfjellet
Ørnes
Spilderdalsfjellet
Spilder-
hesten
Nonstinden
Middagstinden
Sandåsen
Sandåga
Sørhesten
Kovdals-
tinden
Messøya
Våtvika
Borrvika
Klubben
Mosvoll
nedre
øvre
Spildervatnet
Spilderdalselva
Spildra
Nakken
Kjellarbotn
Marka
Hetta
Keipan
Breid-
fjellet
Holm-
haugen
Hoimakslia
Dydalen
Svelia
Kista
Skytebane
Spilderheslia
Nordhesten
Jakobslia
Sørlandet
Stigen
Rørgalc
Spilderdalen
Spilta
Digerimulen
Spilderdalsvatnet
Svarvasskardet
Nevendalsvatnet
Lappsteinen
Ramnflåget
Storneset
Sæterenget
Nerenget
Vassbakken
Bjerkåsen
Kjerråsen
Sandvegen
Aspen
Telnhaug
Solvang
Skjærdet
Massendan
Fotø
Kobbsteinan
Ronemoen
Høgmo
Høgset
Kietva
Småbakkan
Frydenlund
Foregrunnen
Skipvikgrunnen
Skipvik
Stigen
Gjerset
Molnvika
Risøya
Torsvika
Grytøya
Engøya
Nesan
Nordbogen
Langhgn
Haugen
Tekmona
Solheim
Valøybukta
Valøya
Djupvika
Korsneset
Spilderbukta
Skjåhln
Lillhopen
Raudset
Langnesvika
Balset
Lidet
Eidbukta
Bjørnetinden
Grytøyna
Naturreservat
Øvrfjorden
Nordskagen
Bjørnhaugen
Bjørnskardet
Skromdalsvatnet
Skromdalen
Skromdalskardet
Molndalen
Galtskardet
Galts
tind
Svartvatnet
Lysvassskardet
Volten
Tvernfjellet
Tvernfjellskardet
Bråsteinurda
Mosvollskardet
Ørnessvika
Supnevegn
Kamen
Tillehvet
Syrgr
tinden
Ørnes
Likhln
Valøy
Øvr Spildra
Ned Spildra
Sæbvoll
Vågen
Sandvika
Sørlandet
Nordmoen
Kjerstad
Ytterdalen
Ytterdalsvatnet
Ytterdalselva
Ytterdalsfjellet
Ytterdalsskardet
Ytterdalsskardet
Ytterdalsskard



Bilde 2, Eksisterende kulvertsystem, Ørnes. Merk at det er kulvert under gammelveien i tillegg.

Vist i Bilde 3 nedenfor viser det eksisterende kulvertanlegget samt området som ønskes lukket og lagt i kulvert.



Bilde 3, Kommunens reguleringsplan for det aktuelle området.

Her foreslås det lukking nedenfor og imellom dagens eksisterende kulverter.

3. Grunnlagsdata

Beskrivelse av modellens grunnlagsdata; hydrologiske, geometriske og hydrauliske data.

3.1. Hydrologisk beregning

Mosvoldelva har flere likhetstrekk med Breidvikelva ved Holmsundfjord, ved å benytte flomberegninger for dette området (Sværd, 2000) kombinert med avrenningskart (NVE, 1987) har det vært mulig å komme frem til en flomberegning for Mosvoldelva etter gjeldende retningslinjer. Feilmarginen på disse beregningene er i en størrelsesorden på 20-30%. Resultatet for disse beregningene er da som følger:

Flomstørrelse	Faktor	Spissverdi (m^3/s)
Q10	1.5	15
Q50	1.9	19
Q100	2.1	21
Q200	2.3	23

Tabell 1, Flomstørrelser Mosvoldelva ved utløp, etter beregninger.

I nyere tid er oversvømmelsene høsten 1999 og 1988 som er de største. I 1988 gikk det et jordras ved Åsmoen som demmet opp elva. Oversvømmelsen kom etter at dammen brast. Det er derfor valgt å konsentrere seg om oversvømmelsen i 1999, som kom som følge av intens nedbør.

3.2. Vannstand i sjøen ved Ørnes

Det er beregnet vannstand ved Ørnes, og den mest ekstreme av disse er lagt inn i beregningene.

Situasjon	Høyde (NN 1954)
Middel spring høyvann	1.14 m
Høyeste observerte vannstand	3.01 m
Høyeste observerte de siste 26 år	2.30 m
Vannstand ved beregninger	3.01 m

Tabell 2 , Ekstremvannstander for Ørnes.

3.3. Dimensjoner på nåværende kulvertsystem

Det eksisterende kulvertsystemet består av tre deler. Nederst er det en hvelv-kulvert (3.85 m x 2.5 m). Gulvet består av betongsviller.

Bilde 4, nedre del av kulvert under RV 17.

Bilde 5, øvre del av kulvert under Parkeringsplass.

I tilknytning til denne ligger en kvadratisk kulvert (4.0 m x 2.5 m). Denne delen består av segmenter/moduler, som til dels er dårlig skjøtet sammen.
Oppstrøms dette ligger et basseng, som ender i en oval kulvert bestående av Svalbard-rør (3.25 m x 2.84 m).

Bilde 6, Basseng.

Bilde 7, Øvre kulvert under Gammelveien.

Kulvert	Bilde #	Dimensjon bredde/høyde (m)	Lengde (m)	Fall (m/m)
Nedre kulvert	Bilde 4	Hvelvet; 4.4 x 1.6	16	0.0425
Øvre kulvert	Bilde 5	Rektangulær; 4 x 2.5	67.5	0.0296
Kulvert u/Gammelveien	Bilde 7	Oval; 3.25 x 2.84	15.5	0.0103

Tabell 3, Oppsummering av data for eksisterende kulvertsystem.

4. Hydraulisk modellering

Det er utført en hydraulisk modellering av fire forskjellige løsninger m.h.p. lukking av Mosvoldelva.

I modelleringen av Mosvoldelva er det vurdert fire scenarier. Ut fra retningslinjer for arealbruk i flomutsatt områder (NVE, 1999) skal større offentlige institusjoner ikke være utsatt for en 200 års flom. I dette tilfellet er det kun tatt høyde for materielle skader, da Mosvoldelva ikke er bratt nok til å kunne medføre fare for menneskeliv under påregnelige situasjoner. Modellen tar sikte på å garantere kulvertsystemets kapasitet for en ekstrem situasjon, der 200 års flom kombineres med en høy vannstand i sjøen.

4.1. Verktøyet, HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center–River Analysis System), er modelleringsverktøyet som er benyttet. Denne er en robust endimensjonal modell som ble laget av det amerikanske ingeniørvåpenet på 1960-tallet. Modellen har vært under kontinuerlig utvikling siden, og det er versjon 2.2 som er benyttet. Grunnlaget for modellen er energilikningen, eller Bernoulli. Dette gir et godt bilde av prosesser i elva under flomvannstander. RAS er også egnet til å analysere kulverter, som her.

4.2. Scenarier

Det er vurdert fire løsninger på lukking.

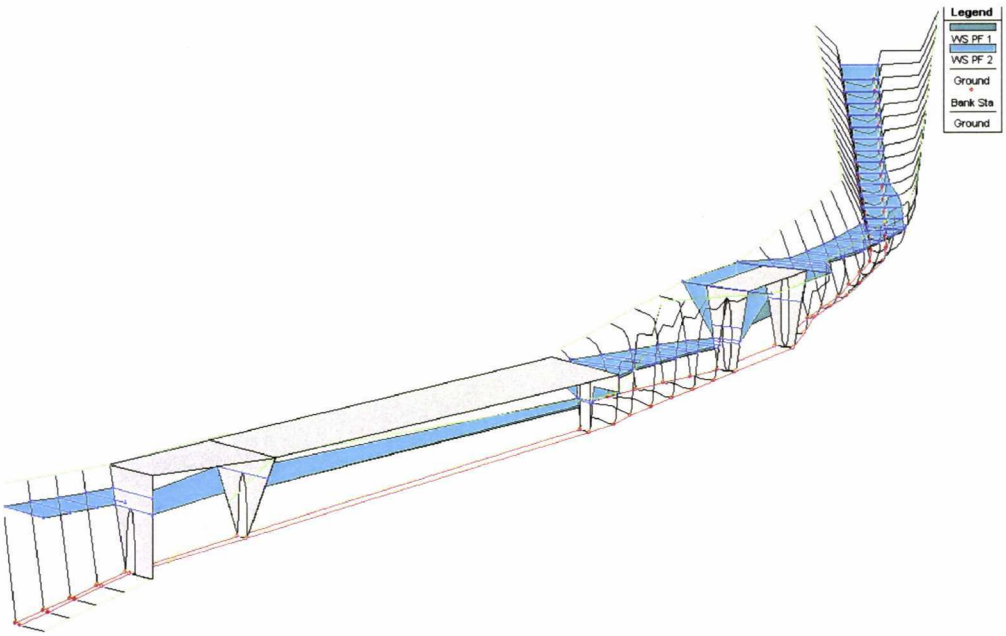
Scenario	Beskrivelse
1	Lukking av dagens åpne basseng med en kvadratisk kulvert (forlenget fra den eksisterende). Svalbardrøret beholdes.
2	Forlengelse av dagens kvadratiske kulvert under Gammelveien. Svalbardrøret fjernes.
3	Et GUP-rør med diameter på 2.5 m legges som en forlengelse fra den kvadratiske kulverten og gjennom Gammelveien.
4	To GUP-rør, med diameter på 2 m legges som en forlengelse fra den kvadratiske kulverten og gjennom Gammelveien.

Tabell 4, Oversikt over scenarier som er modellert.

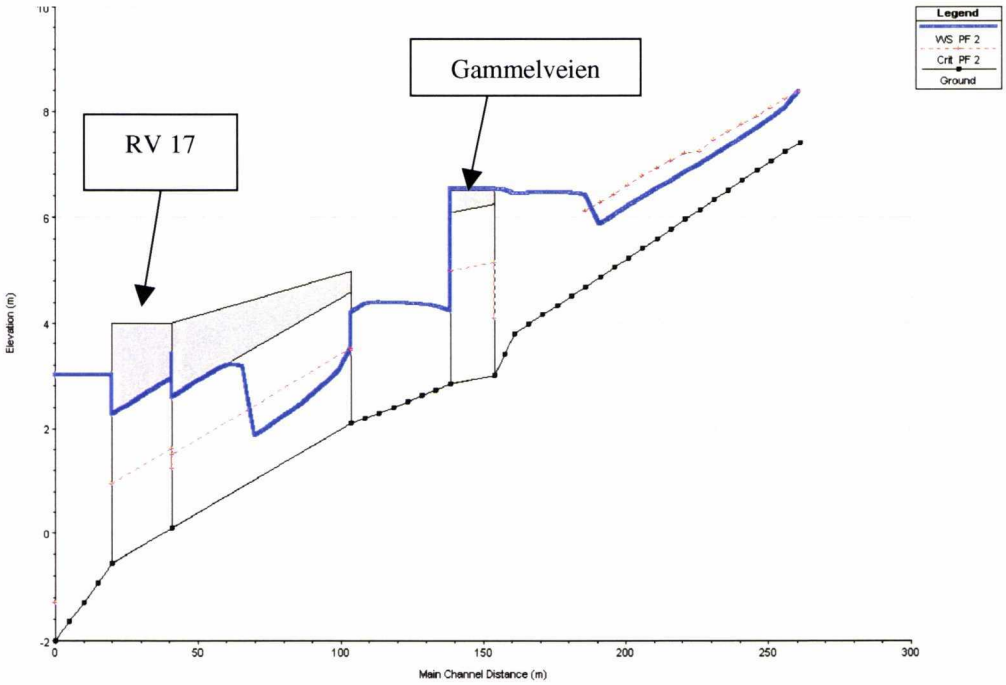
I Tabell 4 ovenfor er de modellerte scenariene beskrevet. Felles for alle modellene er vannføringen, vannstand i sjøen samt at avløpet er forlenget ut under den planlagte fyllingen, j.f. Bilde 3. Denne forlengelsen er av samme dimensjon som dagens nedre kulvert, se Tabell 3.

4.3. Dagens situasjon

Dagens situasjon som forklart i 3.3. Som en kan se vil dagens system ikke ha tilstrekkelig kapasitet for en 200 års flom, noe som er gjenspeilet i tidligere oversvømmelser.



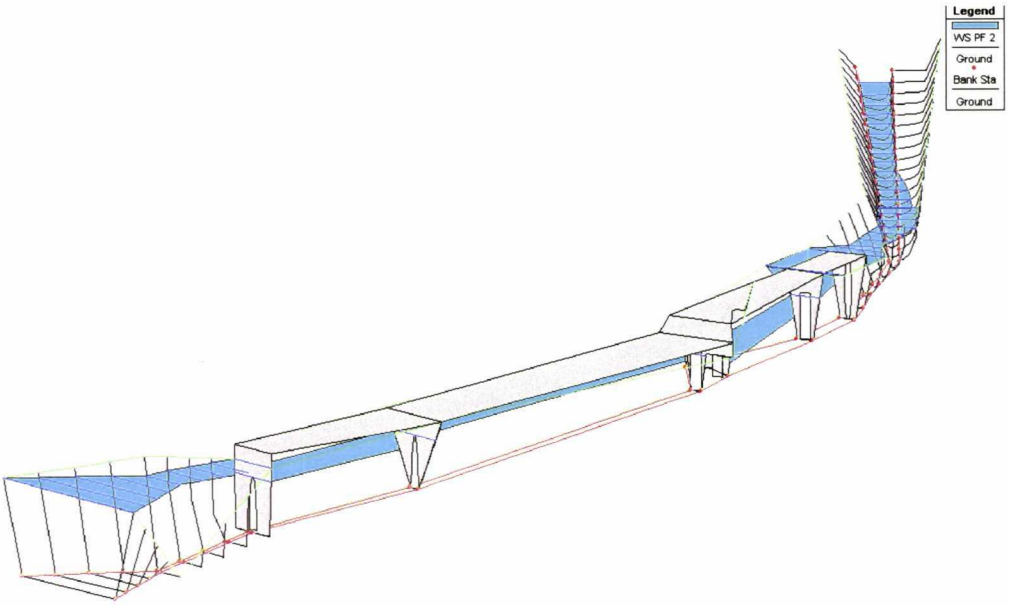
Figur 1, Dagens geometri.



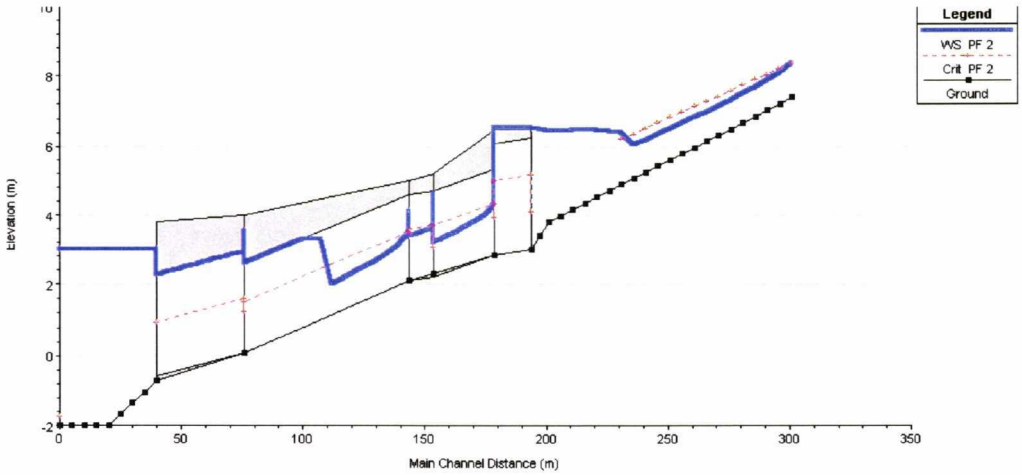
Figur 2, Vannlinje for Q_{200}, dagens kulvertsystem.

4.4. Resultater av modellkjøring, scenario en

Det eksisterende kulvertsystemet blir forlenget med en kvadratisk kulvert opp til Gammelveien (Svalbard-røret beholdes).



Figur 3, Geometri for modellen.

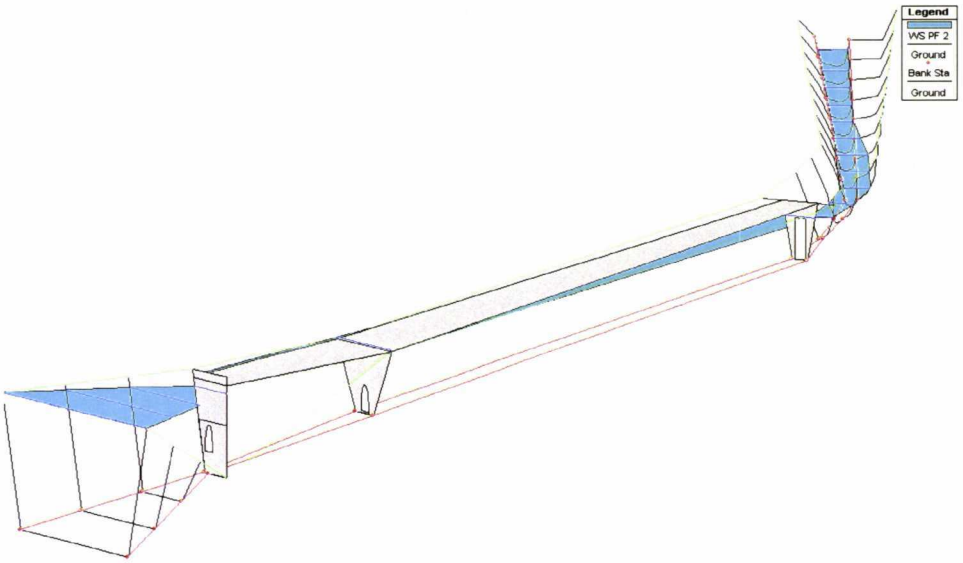


Figur 4, Vannlinje for 200 års flom gjennom det nye kulvertsystemet.

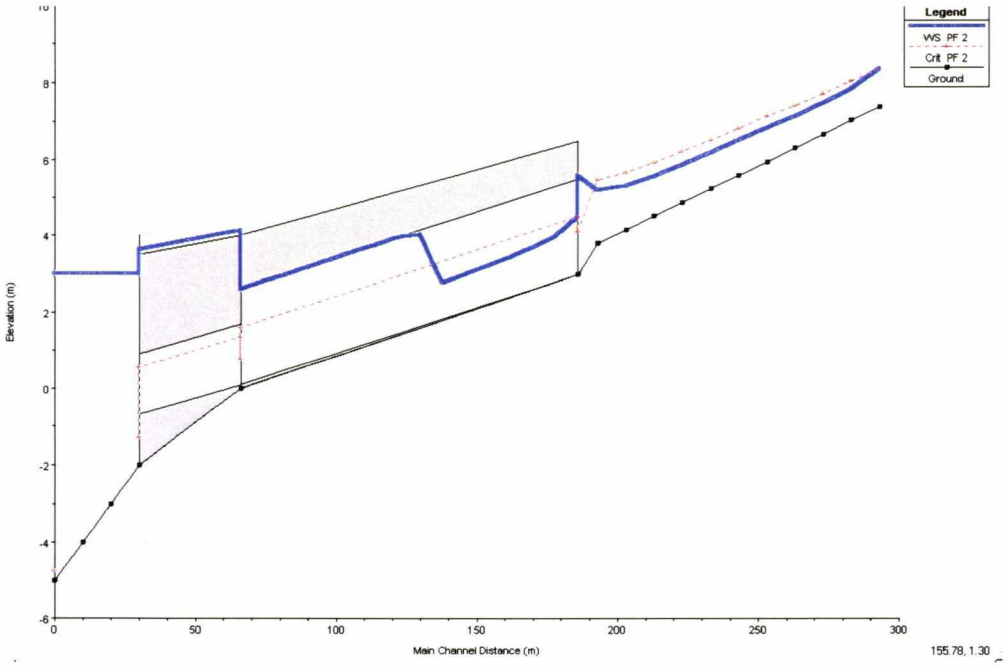
Alternativet bygger på dagens løsning, som mangler kapasiteten til å ta unna en 200 års flom. Den kvadratiske kulverten har større kapasitet enn dagens Svalbard-rør, og vi får en oppstrøms kontroll. Med andre ord vil Svalbardrøret virke oppstuvende.

4.5. Resultater av modellkjøring, scenario to

Det eksisterende kulvertsystemet blir forlenget med en kvadratisk kulvert under Gammelveien (Svalbard-røret byttes ut). Som illustrert i Figur 5 og Figur 6 medfører dette en tilstrekkelig vannføringskapasitet for kulvertsystemet. Dette alternativet gir den beste situasjonen med hensyn på vannstand, selv om det forekommer noe oppstuvning, er situasjonen bedre enn dagens da vannstanden ligger godt under veinivå.



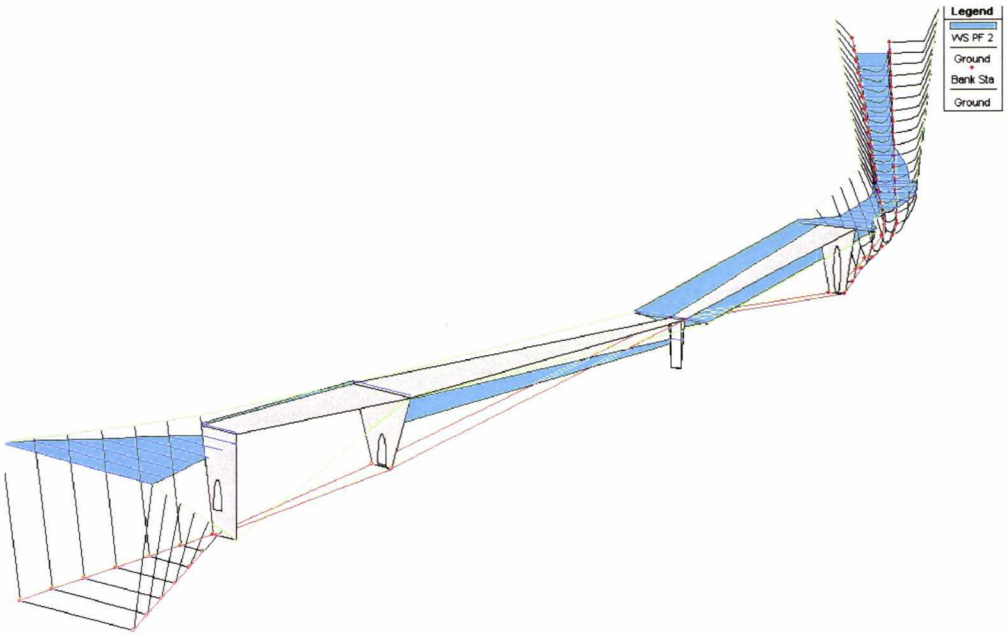
Figur 5, Kulvertutforming scenario nummer to.



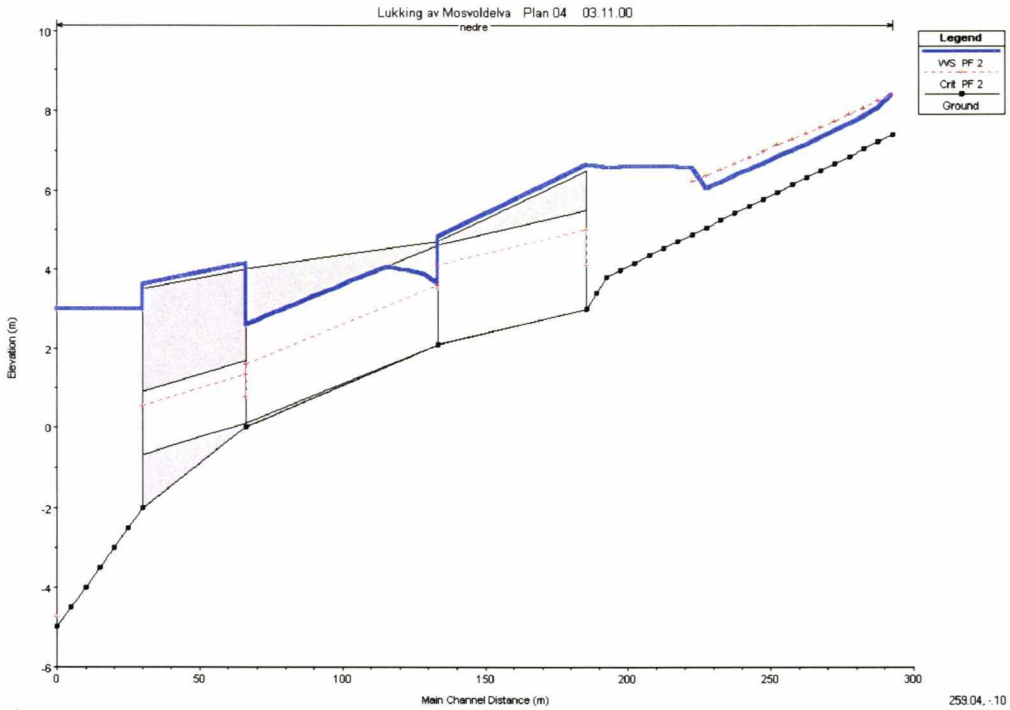
Figur 6, Vannlinje ved scenario nummer to. Den kvadratiske kulverten forlenges og erstatter Svalbardrøret under Gammelveien.

4.6. Resultater av modellkjøring, scenario tre

Det eksisterende kulvertsystemet blir forlenget med en sylindrisk kulvert over Gammelveien (Svalbard-røret byttes ut). Den nye kulverten har en diameter på 2.5 m. Som man kan se av Figur 8 er kapasiteten for lav ved denne løsningen.



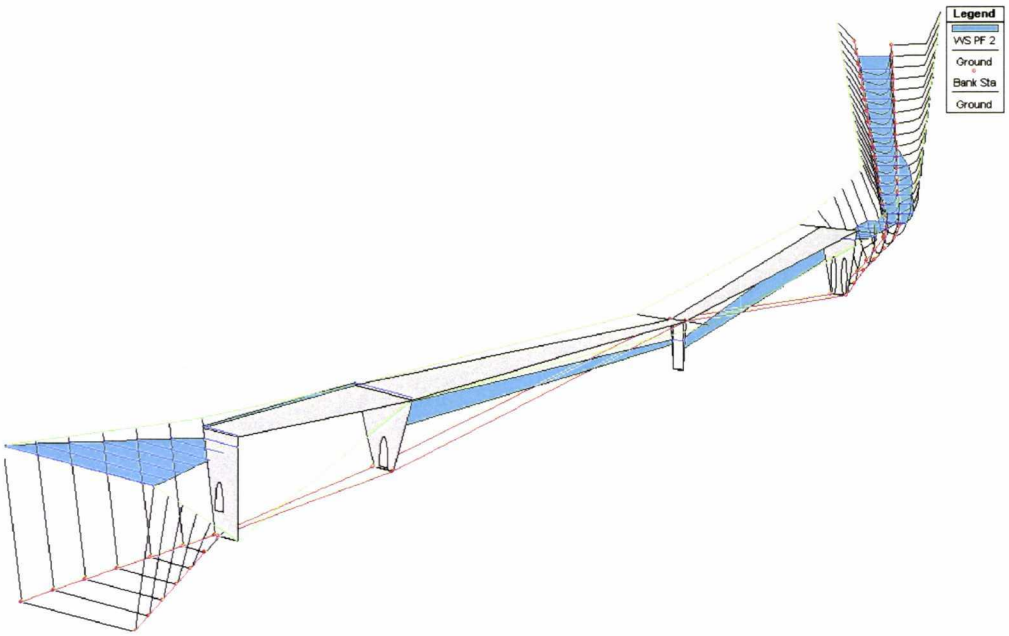
Figur 7, Kulvertutforming scenario nummer tre.



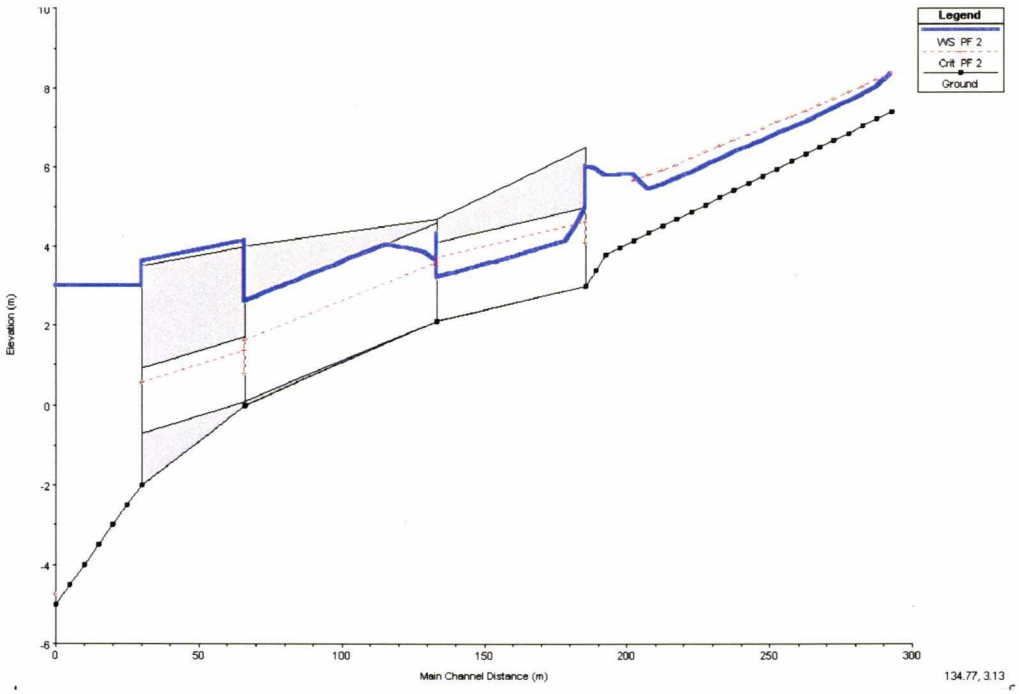
Figur 8, Vannlinje ved scenario nummer tre.

4.7. Resultater av modellkjøring, scenario fire

Det eksisterende kulvertsystemet blir forlenget med to sylindriske kulverter under Gammelveien (Svalbard-røret byttes ut). De nye kulvertene har begge en diameter på 2.0 m. Som det fremgår av Figur 10, medfører denne løsningen en fare for overtopping. Denne løsningen er derfor mindre gunstig enn scenario to.



Figur 9, Kulvertutforming scenario nummer fire.



Figur 10, Vannlinje ved scenario nummer fire.

4.8. Modellens følsomhet for variasjoner

Man kan oppsummere variasjonene i modellen med følgende faktorer:

1. Endret vannføring (feil i vannføringen)
2. Endret innløpsutforming
3. Feil i ruhetstallet, n.
4. Økt strømningstap ved knekk i kulverten
5. Vannstand i sjø

Det viktigste resultatet ved endring av modellen er at strømningen i kulverten vil kunne skifte fra å være innløpskontrollert til å være utløpskontrollert. Dette bestemmer kulvertens kapasitet og hva som avgjør kapasiteten.
Alle følsomhetsanalyser er gjort for scenario to, der den rektangulære kulverten forlenges forbi Gammelveien.

4.8.1. Endret vannføring

Endret vannføring vil ikke endre modellens resultat utover at det vil øke oppstuving ved innløpet. Det er forsøkt med en vannføring som ligger 30% høyere enn det forventede for en 200 års flom (29 m^3/s), og dette ga ingen overtopping.

4.8.2. Endret innløpsutforming

Innløpet på kulverten er meget sensitivt for endringer, dette skyldes primært at kulverten er innløpskontrollert. Et hydraulisk utformet innløp vil øke kulvertens kapasitet drastisk.

4.8.3. Endring i ruhetstallet, n

Mannings n ble forsøkt økt til 200% av den forventede verdien. Dette gir ikke utslag på vannhøyde ved innløp. Dette skyldes at modellen er innløpskontrollert. Ved 300% av original ruhet går modellen over til å bli utløpskontrollert. Dette er uaktuelle verdier for en kulvert av denne typen.

4.8.4. Økt strømningstap ved knekk i kulverten

Det er foreslått å knekke utløpet av kulverten ved sjøen. Dette er tatt med i beregningene for alle alternativer. Et høyere tap her vil ikke påvirke modellen i nevneverdig grad i og med at den er innløpskontrollert.

4.8.5. Vannstand i sjø

Det er kjørt et forsøk med en sjøvannstand på 4.0 m. Dette ga heller ingen nevneverdig effekt på modellen oppstrøms av de samme årsaker som nevnt tidligere.

4.9. Usikkerheter ved modelleringen

Det er usikkerheter ved flomberegningen som betyr mest. Her kan man regne med en feilmargin på 20-30%.

Ruheten i modellen, representert ved Mannings tall, n, kan variere noe med hensyn til kulvertens innvendige finish. Ved ujevne overganger mellom elementene kan falltapet øke ytterligere. I utgangspunktet ligger modellen på n=0.015, men dette kan variere mellom 0.03 (verst, grov stein) og 0.0015 (best, pusset betong).

Vannstand i sjø er et annet element som gir variasjon. Her er det usikkert hvilke feilmarginer Sjøkartverket opererer med, men fra liknende beregninger (Hansen og Roald, 2000) er det en relativt liten økning i vannstanden på økende gjentaksintervall.

4.10. Kontroll

For å sjekke modellens holdbarhet er det blitt utført en beregning for hånd. Strømningen ved innløpet vil være kritisk når $h_{innløp} > 1.2*h_{kulvert}$, som er tilfelle for Q_{100} og Q_{200}. Dette gir en innløpskontroll og medfører dermed en vanskelig beregning. I kontroll-beregningene er det antatt at kulverten går full. Dette medfører at utløpet bestemmer kapasiteten og Bernoulli kan benyttes. Ved å summere falltapene kan en da få en kontroll på modellen. For scenario 2 får man da:

$$\Delta h = \Sigma h_f + h_{innløp} + h_{overgang} + h_{knekk} + h_{utløp} = (0.62+1.37+0.13+0.13+0.13+0.27)\text{m} = 2.67 \text{ m}$$

Dette stemmer godt overens med resultatet fra RAS, og bekrefter modelleringen.

4.11. Utforming av kulverten

Det er anbefalt at Meløy kommune engasjerer VA-teknisk konsulent til å utforme kulverten med tanke på god strømningsmessig utforming. Kort sagt bør inntaket og utløpet avrundes i kantene.
Et gitter bør plasseres ved kulvertens innløp. Dette vil hindre personer og større drivgods fra å komme inn i systemet.
Falltapet gjennom risten blir av følgende størrelsesorden (forutsatt runde riststaver, forhold åpning/tykkelse av stavene 10:1 og ristas helningsvinkel $\varphi=70^\circ$ (Vassdragshåndboka, 1998)):

$$\Delta h = 1.79*0.1^{4/3}*2.5^2/20*\sin\varphi = 0.02 \text{ m}$$

Som man kan se vil en ren rist med god utforming øke vannstanden ved innløpet minimalt.

5. Konklusjon

Det anbefales at dersom Mosvoldelva skal bygges igjen bør den eksisterende kvadratiske kulverten forlenges. Kulverten under Gammelveien bør også byttes ut. Det er spesielt viktig å utforme kulvertens innløp.

Ut ifra analysen som er gjort vil scenariene rangeres som følger:

1. Scenario nummer to. Dagens kvadratiske kulvert forlenges helt opp forbi Gammelveien.
2. Scenario nummer fire. To (GUP) rør legges i forlengingen under Gammelveien.

Scenario nummer en og tre bør unngås. Det er viktig at utformingen av innløpet til kulverten er hydraulisk god. Dette er spesielt viktig siden strømningen er innløpskontrollert. En VA-teknisk konsulent bør kontaktes.
Det anbefales å bygge et gitter over inntaket for å ivareta sikkerheten, slik at personer og større drivgods ikke kommer inn i systemet. Risten må renskes innimellom, dette er spesielt viktig i flomsituasjoner.
Selve kulverten bør legges slik at skarpe vinkler unngåes og skjøtene bør være så glatte som mulig. Det er viktig at elementene ikke står skjevt plassert i forhold til hverandre, noe som vil minske kulvertens kapasitet.
I modelleringen er skjøtene forutsatt glatte. I tillegg bør utløpet også utformes avrundet.

6. Referanser

Litteratur som er benyttet som grunnlag for vurderinger

1. "Flomberegning for Breivikelv ved Holmsundfjord", Roger Sværd, NVE, 2000.

2. "Arealbruk og sikring i flomutsatte områder", Publikasjon NVE 1/1999, 1999.

3. "Open Channel Flow", Henderson F.M., 1960.

4. "Beregning av overvann i små umålte felt", Magne Wathne, SINTEF-NHL rapport juni 1993.

5. "Vassdragshåndboka", Sæterbø, Syvertsen og Tesaker, Tapir forlag, 1998.

6. "Tidevannstabeller", Statens Kartverk: Sjøkartverket, Stavanger, 2000.

7. "Ekstremvannsanalyse i sjø ved utvalgte stasjoner", Publikasjon NVE 11/2000, 2000.

Denne serien utgis av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

Utgitt i Oppdragsrapportserien i 2000

Nr. 1 Bjarne Krokli: Dimensjonerende flom for Mjøsa.
Dynamisk ruting gjennom Mjøsa og Vorma (37 s.)

Nr. 2 Hans Christian Udnæs: Flomberegning for Skramsvatn dam, 091.12 (12 s.)

Nr 3 Tor Simon Pedersen, Even Gillebo, Eli Alfnes, Anne Kristine Søvik:
Lysimetergrop II Moreppen. Beskrivelse av felt og installasjoner (65 s.)

Nr 4 Bjarne Krokli: Dambruddsbølgeberegning for Svanfoss dam i Vorma
Dynamisk ruting av dambruddbølger fra Svanfoss til Rånåsfoss (18 s.)

Nr 5 Birger Heidenstrøm, Panagiotis Dimakis, Tor Simon Pedersen:
Grunnvarmepotensialet ved Alvdal sentrum (15 s.)

Nr 6 Lars-Evan Pettersson: Vannforsyning i Ny-Ålesund (18 s.)

Nr 7 Erik Holmqvist: Analyse av flomvannstander og tørrårstilsig i Tyrifjorden (012.E) (15 s.)

Nr 8 Øyvind Lier: Lukking av Mosvoldelva. Kapasitetsberegninger for kulvertsystem (19 s.)