



NOTAT

Nr. 3

1999



Thomas Skaugen

Norges vassdrags- og energidirektorat.

Kvantifisering av usikkerhet i meteorologiske og hydrologiske prognoser

Sammendrag av delprosjekter



HYDRA - et forskningsprogram om flom

HYDRA er et forskningsprogram om flom initiert av Norges vassdrags- og energiverk (NVE) i 1995. Programmet har en tidsramme på 3 år, med avslutning medio 1999, og en kostnadsramme på ca. 18 mill. kroner. HYDRA er i hovedsak finansiert av Olje- og energidepartementet.

Arbeidshypotesen til HYDRA er at summen av alle menneskelige påvirkninger i form av arealbruk, reguleringer, forbygningsarbeider m.m. kan ha økt risikoen for flom.

Målgruppen for HYDRA er statlige og kommunale myndigheter, forsikringsbransjen, utdannings- og forskningsinstitusjoner og andre institusjoner. Nedenfor gis en oversikt over fagfelt/tema som blir berørt i HYDRA:

- ◆ Naturgrunnlag og arealbruk
- ◆ Tettsteder
- ◆ Flomdemping, flomvern og flomhandtering
- ◆ Skaderisikoanalyse
- ◆ Miljøvirkninger av flom og flomforebyggende tiltak
- ◆ Databaser og GIS
- ◆ Modellutvikling

Sentrale aktører i HYDRA er; Det norske meteorologiske institutt (DNMI), Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB), Jordforsk, Norges geologiske undersøkelse (NGU), Norges Landbrukshøgskole (NLH), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Norges vassdrags- og energiverk (NVE), Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS), Norsk institutt for vannforskning (NIVA), SINTEF, Stiftelsen for Naturforskning og Kulturminneforskning (NINA/NIKU), Norsk Regnesentral (NR), Direktoratet for naturforvaltning (DN), Østlandsforskning (ØF) og universitetene i Oslo og Bergen.

HYDRA - a research programme on floods

HYDRA is a research programme on floods initiated by the Norwegian Water Resources and Energy Administration (NVE) in 1995. The programme has a time frame of 3 years, terminating in 1999, and with an economic framework of NOK 18 million. HYDRA is largely financed by the Ministry of Petroleum and Energy.

The working hypothesis for HYDRA is that the sum of all human impacts in the form of land use, regulation, flood protection etc., can have increased the risk of floods.

HYDRA is aimed at state and municipal authorities, insurance companies, educational and research institutions, and other organization.

An overview of the scientific content in HYDRA is:

- ◆ Natural resources and land use
- ◆ Urban areas
- ◆ Databases and GIS
- ◆ Risk analysis
- ◆ Flood reduction, flood protection and flood management
- ◆ Environmental consequences of floods and flood prevention measures
- ◆ Modelling

Central institutions in the HYDRA programme are; The Norwegian Meteorological Institute (DNMI), The Glommens and Laagens Water Management Association (GLB), Centre of Soil and Environmental Research (Jordforsk), The Norwegian Geological Survey (NGU), The Agriculture University of Norway (NLH), The Norwegian University of Science and Technology (NTNU), The Norwegian Water and Energy Administration (NVE), The Norwegian Institute of Land Inventory (NIJOS), The Norwegian Institute for Water Research (NIVA), The Foundation for Scientific and Industrial Research at the Norwegian Institute of Technology (SINTEF), The Norwegian Institute for Nature and Cultural Heritage Research (NINA/NIKU), Norwegian Computing Center (NR), Directorate for Nature Management (DN), Eastern Norway Research Institute (ØF) and the Universities of Oslo and Bergen.

Innhold

1. Introduksjon

2. Delprosjekter innenfor F7

2.1 Usikkerhet i meteorologiske prognoser

2.2 Usikkerhet i hydrologiske prognoser og stokastisk modell for usikkerhet i avløpsprognoser

2.3 Forbedrede nedbørsprognoser ved bruk av ensemble prognoser

2.4 Arealnedbørsestimater og hydrologiske prognosefelts representativitet

2.5 Nedbørsestimering ved hjelp av fjernmålte data

3. Oppsummering og konklusjon

Referanser

1. Introduksjon

Delprosjekt HYDRA F7, "Kvantifisering av usikkerhet i hydrologiske og meteorologiske prognoser", ble delvis initiert på bakgrunn av de store avvik mellom prognosene fra flomvarslingen på NVE og Glommens og Laagens Brukseierforening (GLB) for flommen i Glomma, Juni 1995. Uten verktøy for å tallfeste usikkerheten i prognosene ble det for publikum, og for hydrologene, vanskelig å ta stilling til, og handle ut i fra to sterkt avvikende prognoser. I tillegg ble det klart at man manglet kunnskap om hva som skapte usikkerheten i prognosene. En vannføringsprognose har mange kilder til usikkerhet, feil i den hydrologiske modellen, feil i data for oppdatering av den hydrologiske modellen, feil i initialbetingelser for hydrologisk- og atmosfæremodell, ikke-representative meteorologiske data og prognoser og feil i de meteorologiske prognosene. Det er helt nødvendig å få kvantifisert og sammenlignet feilene fra de forskjellige feilkildene for å kunne forbedre metoder og rutiner for avløpsprognosering. En siste motivasjon for å igangsette et slikt prosjekt er at for fremtidens flomvarsling kan det være av større interesse for beslutningstakere i krisesituasjoner å få vite hva sannsynligheten for overskridelse av vannføringer med tilhørende kjent skadepotensial er, i stedet for bare å få presentert prognosert vannføring.

Prosjektet har hatt en økonomisk ramme på 1 125 000 NOK fordelt over 1997 (495 000) og 1998 (630 000). Flere institusjoner har vært involvert i dette prosjektet. NVE initierte og har administrert prosjektet. Norsk regnesentral (NR) har utviklet en stokastisk modell for å kvantifisere usikkerheten i vannføringsprognoser og Det Norske Meteorologiske Institutt (DNMI) har studert usikkerheten i nedbørsprognoser, spredning i meteorologiske prognoser basert på kjøring av atmosfære modell med variable initial verdier og studert representativiteten av sanntidsstasjonene som anvendes for oppdatering av de hydrologiske modellene.

Dette notatet vil kort beskrive de enkelte delprosjektene med referanse til aktuelle rapporter i HYDRA-notat serien. Siste kapittel inneholder en oppsummering og konklusjoner for prosjektet.

2. Delprosjekter innenfor F7

2.1 Usikkerhet i meteorologiske prognoser

Temperatur

For to nedbørsfelt Knappom (1625 km²) og Røykenes (50 km²) ble residualene mellom prognosert og observert temperatur antatt av Follestad og Høst (1998) til å være Gaussisk fordelt. De fant videre ut at variabiliteten til residualet var temperaturavhengig og med en meget større variabilitet for negative temperaturer. Residualene har en autoregressiv struktur slik at hadde man en stor feil i går har man typisk en stor feil i dag. Den stokastiske modellen for temperatur tar, som følge av dette, hensyn til feilen som ble gjort ”i går” samt om prognosert verdi er større eller mindre enn 0 °C for hvert tidssteg fra 1 til 6 dagers prognose.

Nedbør

Nedbør er vanskeligere å modellere i og med at de er ikke-negative og at en tidsserie inneholder mange nuller. Både Follestad og Høst (1998) og Bremnes (1998) tar hensyn til dette problemet ved å dele opp problemet til å modellere sannsynligheten for nedbør, og videre modellere mengde nedbør betinget av at det faktisk har regnet. Follestad og Høst (1998) har tradisjonelt valgt en gamma fordeling for å modellere positiv nedbør, mens Bremnes (1998) har uortodokst valgt en trunkert normal fordeling (trunkert mot venstre). For å bestemme parameterne i modellen som gir sannsynlighet for, og mengde nedbør anvender Follestad og Høst (1998) prognoserte verdier for 1 til 6 dager forut, mens Bremnes (1998) anvender resultater fra tre forskjellige atmosfæremodeller for å sette parameterene i simuleringsmodellen. De to rapportene presenterer plott hvor konfidensgrenser og modus for simulerte nedbørsverdier er plottet sammen med observert nedbør. Begge

fremgangsmåtene gir plausible bilder av hvordan usikkerheten i nedbørsestimater varierer og at usikkerheten typisk er større når de prognoserte nedbørsmengdene øker.

2.2 Usikkerhet i hydrologiske prognoser og stokastisk modell for usikkerhet i avløpsprognoser

Usikkerhet i HBV modellen

NRs strategi for å konstruere en modell for total usikkerhet i avløpsprognosene medførte at total usikkerheten ble assosiert med henholdsvis usikkerheten i meteorologiske prognoser (beskrevet i 2.1) og usikkerheten forbundet med HBV modellen. I Langsrud et al. (1998a) er usikkerheten forbundet med HBV modellen modellert ved å anvende observerte meteorologiske data som meteorologiske prognoseverdier. Det simulerte avløpet ble så sammenlignet med observert avløp for samme dag og avviket ble analysert. Således fikk HBV modellen nær "perfekte" meteorologiske prognoser, og avviket mellom observert og prognosert avløp ble isolert til å skrive seg fra usikkerhet i HBV modellen. Denne undersøkelsen ble også gjort for nedbørsfeltene Knappom og Røykenes. Variabiliteten i avviket var typisk en funksjon av størrelsen på vannføringen, og medførte at en logtransformasjon var hensiktsmessig. Det ble også fastslått at det fantes en autoregressiv struktur på avviket som var mye mer betydningsfull for Knappom enn for Røykenes. Dette kan ha sammenheng med både størrelsen på feltene og de forskjellige hydrologiske regimer. At Knappom er et meget større felt (1625 km²) enn Røykenes (50 km²), samtidig som det er et typisk innlandsregime med langvarig smeltesesong, skulle tilsi at vannføringen og feilen som ble prognosert "i går" skulle ha innvirkning på vannføringen og feilen som blir gjort "i dag". Den autoregressive strukturen på avviket medførte at modellen for vannføring faktisk prognoserte bedre enn HBV modellen for Knappom feltet. Modellen er en autoregressiv modell av første orden som anvender "gårsdagens" verdier av observert og prognosert avløp samt dagens prognoserte avløp. Dertil er det et feilledd som er normal fordelt

med varians betinget av meteorologiske forhold (temperatur, snødekke, nedbør).

Modell for total usikkerhet i vannføringsprognoser

Metodikken som beskriver usikkerheten i meteorologiske prognoser (Follestad og Høst, 1998) (se 2.1) og usikkerheten i HBV modellen (Langsrud et al. 1998a) ble koplet sammen for å gi en modell for total usikkerhet i vannføringsprognoser. Metoden, beskrevet i Langsrud et al. (1998b) kan rutinemessig simulere usikkerhet i vannføringsprognoser for opptil 6 dager frem etter følgende formel:

$$(Q_{OBS}(t) - Q_{FOR}^{(j)}(t)) = (Q_{OBS}(t) - Q_{SIM}(t)) + (Q_{SIM}(t) - Q_{FOR}^{(j)}(t))$$

hvor Q_{OBS} er observert vannføring, $Q_{FOR}^{(j)}$ er prognosert vannføring for j dager frem, Q_{SIM} er simulert vannføring for observert nedbør og temperatur og t er tidsindeksen. Første term på høyre side er feilen gjort av HBV modellen mens den andre termen er feil fremkommet av usikkerheten i de meteorologiske prognosene. Vi kan generere 1000 verdier av sannsynlige utfall for vannføring og beregne konfidensgrenser for denne fordelingen og beregne sannsynlighet for overskridelse av kritiske verdier. Simuleringsrutinene er skrevet i S-plus, en meget anvendt og anerkjent statistikk programvare, som NVE også har anskaffet. Med tilgjengelig maskinkapasitet ved NVE tar det ca 10 minutter å generere 1000 sett med 6 dagers verdier (verdier for ett felt). For de to feltene metodikken er testet for, finner vi at hovedkilden til usikkerhet varierer. For Knappom er usikkerhet i HBV modellen det mest dominerende, mens det for Røykenes er usikkerheten i de meteorologiske prognosene.

2.3 Forbedrede nedbørsprognoser ved hjelp av ensembleprognoser

Ved hjelp av ensemble prognoser (ensemble prognoser er resultater fra en numerisk atmosfære modell kjørt flere ganger med små perturbasjoner i

initialtilstanden. Utfall av kjøringene antas å være like sannsynlige) og antakelser om at lokalt nedbørmønster/værregime er korrelert med storskala vindretning (ved 1000 hPa) beregner Jensen (1998) en sannsynlighet for værregime og dermed sannsynlig nedbørsfordeling. Ved å kjenne til hvilket væreregime som er typisk for flomsituasjoner i et spesifikt felt, kan flomvarslingen få en indikasjon om følsomme vær-situasjoner og samtidig et begrep om graden av usikkerheten i prognosene.

Ødegaard (1998) anvender ensemble prognosene som sannsynlige initialbetingelser for en atmosfæremodell med vesentlig høyere romlig oppløsning. Ensemble prognose modellen har en oppløsning på ca 85 km mens den finoppløselige modellen har en oppløsning på 20 km. Geografiske områder hvor sannsynligheten for overskridelse for nedbør med valgt terskel (f. eks. 1, 5, 10, 20 mm) og prognoselengde kan beregnes både fra ensemble prognosene og den finoppløselige modellen. Det har vært vanskelig å verifisere om graden av presisjon blir høyere ved å anvende den finoppløselige modellen. Man får, imidlertid, generert meteorologiske felter med høyere variabilitet og dermed bedre representasjon av ekstremverdier.

2.4 Arealnedbørsestimater og hydrologiske prognosefelts representativitet

Tveito og Førland (1998) diskuterer i sin rapport valg av interpolasjonsmetoder for å beregne arealnedbør. Thiessen polygoner, lineær interpolering (lineær gradient mellom observasjonene) og kriging er de metoder som er analysert. Resultatene fra de forskjellige interpoleringsmetodene varierte lite og den tradisjonelle Thiessen metoden fungerte tilfredsstillende. I flomvarslingen anvendes synoptiske stasjoner (rapporterer i nær sann tid) som har ett nettverk med mye lavere oppløsning enn DNMI's nedbørstasjoner som imidlertid bare rapporterer for hver 9-10 dag. For små og mellomstore nedbørsfelt kan forskjellen i beregnet arealnedbør bli vesentlig hvis arealnedbøren beregnes ved henholdsvis synoptiske eller nedbørstasjonene. Dette problemet følges videre opp i Tveito (1998) hvor avviket mellom arealnedbør beregnet vha synoptiske stasjoner og

nedbørstasjoner blir analysert for 10 HBV prognose felt. Et gjennomgående trekk er at arealnedbøren beregnet ved nedbørstasjonene gir høyere verdier enn for synoptiske stasjonene. Dette tilskrives at høydefordelingen i feltene blir bedre representert og dermed den orografiske nedbørsforsterkningen.

I Fjelstad (1997) søkes det objektive metoder for å kvantifisere representativiteten til HBV prognosefeltene som anvendes av flomvarslingen. Analyser av den romlige korrelasjonsstruktur for samtidighet av flommer ved hjelp av clusteranalyse og semivariogramanalyse ble foretatt, men det ble ikke funnet konstante geografiske regioner som kunne representeres av spesifikke modellfelt.

2.5 Nedbørsestimering ved hjelp av fjernmålte data

Godøy (1998) er en litteraturgjennomgang av forskjellige metoder for å estimere nedbør og nedbørens romlige variabilitet vha fjernmålte data.

Godøy (1998) diskuterer metodikk for å utnytte informasjon fra meteorologiske satellitter og det potensiale som ligger i værradar. En metodikk som tar sikte på å identifisere geografiske områder med nedbør vha AVHRR (NOAA) data er beskrevet og validert mot synoptiske stasjoner. Denne metoden gir ikke alene kvantitative estimater av arealnedbør, men kan bidra med nødvendige data til en metode for estimering av arealnedbør som det arbeides med ved NVE. Dette vil være et forskningsprosjekt for 1999.

3. Diskusjon og konklusjoner

Dette prosjektet ble initiert av flere grunner. Uttalt i prosjektbeskrivelsen var:

- Å kvantifisere usikkerheten i nedbør og temperaturprognoser tilpasset flomvarslingsformål.
- Å kvantifisere usikkerheten i de eksisterende hydrologiske modeller

- Å utarbeide metodikk for å kvantifisere usikkerheten i vannføringsprognoser
- Kompetanseoppbygning i NVE på usikkerhetsbeskrivelse
- Prototype programvare

Med den overstående beskrivelsen av de forskjellige delprosjekter, kan vi si at målene med prosjektet i stor grad er oppfylt. Med dette prosjektet har vi fått beskrevet metodikk og filosofi for å analysere usikkerhet. Utgangspunktet er å forsøke å modellere prosessen som analyseres. Videre tilpasser man statistiske fordelinger til elementer av modellen, for så, enten analytisk eller ved simuleringer, å bestemme en statistisk fordeling til modellens resultater.

Videre kan vi anvende vanlige statistiske analyser på den resulterende statistiske fordeling som å analysere variabilitet (konfidensgrenser) og beregne sannsynlighet for overskridelse av kritiske verdier. Det rent praktiske resultat av dette prosjektet vil, for NVE, være at vi i 1999 skal implementere programvaren (forhåpentligvis for 10 prognosefelt), og rutinemessig (daglig) få beregnet sannsynlighet for overskridelse av middelflom og 10 årsflom.

Dagen situasjon for flomvarsleren er at hennes/hans subjektive vurderinger av HBV modellens presisjon og kvaliteten av de meteorologiske prognosene blir lagt til grunn, og "korrigerer" til en viss grad HBV modellens prognoser. Med prosjektets forslag til modell for usikkerhet vil mye av denne subjektive vurderingen ha blitt avlastet av usikkerhetsmodellens objektive vurdering av sannsynlighet for kritiske verdier. Erfaringer med usikkerhetsmodellen vil gi oss svar på om den objektive vurderingen av sannsynlighet for kritiske verdier korresponderer, eller kanskje også er bedre, enn vakthavende hydrologs subjektive vurderinger. Videre vil erfaring avdekke flere kilder til usikkerhet som modellert kan forbedre flomvarslers vurdering av flomfare.

DNMIs arbeid med ensembleprognoser virker lovende. Resultatene foreligger ikke i dag som noe produkt anvendbart for operativ flomvarsling. Det må også gjøres et arbeid for å få validert usikkerhetsestimatene.

Det forventes at flomvarslingen vil ha stor nytte av DNMIs analyse om synoptiske stasjonenes representativitet i forhold til arealnedbør beregnet ved alle tilgjengelige nedbør stasjoner. Dette medfører en større grad av

detalj kunnskap om de hydrologiske prognosefeltene som kan bidra til å forbedre oppdateringen av tilstandene i HBV modellen.

Referanser

Bremnes, J. B., Statistical forecasting of precipitation conditional on numerical weather prediction models, Hydra notat, 8, 1998

Fjelstad, K. Metoder for kvantifisering av hydrologiske prognosefelts representativitet, Hydra notat, 1, 1997

Follestad, T., og G. Høst, A statistical model for the uncertainty in meteorological forecasts, with applications to the Knappom and Røykenes catchments, Hydra notat, 11, 1998

Godøy, Ø., Precipitation estimation using satellite remote sensing, Hydra notat, 13, 1998

Jensen, M. H. Bruk av ensemble-prognoser til estimering av usikkerhet i lokale nedbørsprognoser, Hydra notat, 1, 1998

Langsrud, Ø., A. Frigessi og G. Høst, pure model error of the HBV-model, Hydra notat, 4, 1998a

Langsrud, Ø., G. Høst, T. Follestad, A. Frigessi og D. Hirst, Quantifying uncertainty in HBV runoff forecasts by stochastic simulations, Hydra notat, in press 1998b

Tveito, O.E. og E. J. Førland, Areal precipitation for flood forecasting, DNMI klima report, 8, 1998

Tveito, O. E., Døgnarealnedbør for flomvarsling, Hydra notat, in press, 1998

Ødegaard, V., High resolution rpecipitation forecasting with initial and boundary conditions from ensemble forecasts, Hydra notat, 14, 1998

UTGITTE NOTAT I HYDRA-SERIEN

- 1/97 **Metoder for kvantifisering av hydrologiske prognosefelts representativitet.**
Kai Fjelstad, NLH (diplomarbeid).
- 2/97 **Effekter av flomsikringstiltak. En gjennomgang av litteraturen.**
Magne Wathne, SINTEF.
- 3/97 **Virkingen av lokal overvannsdiskonering på tettstedsflommer.**
Dag Rogstad og Bjørn Vestheim, NLH (hovedoppgave).
- 4/97 **Forslag til kravspesifikasjon av vassdragsmodell.**
Lars A. Roald, NVE.
- 5/97 **A note on floods in high latitude countries.**
Lars A. Roald, NVE.
- 6/97 **Climate change and floods.**
Nils Roar Sælthun, NIVA.
- 7/97 **Flomdemping i Gudbrandsdalslågen. Programstruktur og systembeskrivelse.**
Magne Wathne og Knut Alfredsen, SINTEF.
- 8/97 **Klima, arealbruk og flommer i perspektiv.**
Arnor Njøs, Jordforsk.
- 9/97 **Flood forecasting in practice.**
Dan Lundquist, GLB.
- 1/98 **Bruk av ensembleprognoser til estimering av usikkerhet i lokale nedbørprognoser.**
Marit Helene Jensen, DNMI.
- 2/98 **LANDSKAP OG ESTETIKK –et kulturelt perspektiv.**
Oddrun Sæter, Byggforsk.
- 3/98 **Betydning av vårflommens størrelse for tetthet av laks- og ørretunger i Saltdalselva.**
Arne J. Jensen og Bjørn Ove Johnsen, NINA.
- 4/98 **Pure Model Error of the HBV-model.**
Øyvind Langsrud, Arnaldo Frigessi and Gudmund Høst, Norwegian Computing Center
(Norsk Regnesentral)
- 5/98 **Analyse av effekter av urbanisering og avrenningsutjevneende tiltak i Svebestadfeltet – Sandnes kommune.**
Jadranka Milina, SINTEF.
- 6/98 **Virking av urbanisering på avrenningsforhold i Storånavassdraget.**
Jadranka Milina, SINTEF.
- 7/98 **Metodebeskrivelse for flomsoneanalyse med eksempler fra Flisa og Kirkenær.**
Søren Elkjær Kristensen og Astrid Voksø, NVE.
- 8/98 **Statistical Forecasting of Precipitation Conditional on Numerical Weather Prediction Models.**
John Bjørnar Bremnes, DNMI
- 9/98 **1995-flommens volum, stigningstid og varighet i Gudbrandsdalslågen.**
Jan Ove Søderholm (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).

- 10/98 **Vårflommer i Glomma. Modellering av maksimalvannføringen på bakgrunn av volum og flomhydrogrammets form.**
Grete Orderud Solberg (Hovedfagsoppgave ved Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo, våren 1998).
- 11/98 **Flomvolum Østlandet våren 1995. Frekvens og regional fordeling.**
Grete Orderud Solberg og Kjell Nordseth. Geografisk Institutt, Universitetet i Oslo.
- 12/98 **A Statistical Model for the Uncertainty in Meteorological Forecasts, with Applications to the Knappom and Røykenes Catchments.**
Turid Follestad og Gudmund Høst. Norwegian Computing Center (Norsk Regnesentral)
- 13/98 **Precipitation estimation using satellite remote sensing.**
Øystein Godøy, Det norske meteorologiske institutt.
- 14/98 **High Resolution Precipitation Forecasting with Initial and Boundary Conditions from Ensemble Forecasts.**
Viel Ødegaard, Det norske meteorologiske institutt.
- 1/99 **Døgnarealnedbør for flomvarsling.**
Ole Einar Tveito, Det norske meteorologiske institutt.
- 2/99 **Quantifying uncertainty in HBV runoff forecasts by stochastic simulations.**
Øyvind Langsrud, Gudmund Høst, Turid Follestad, Arnaldo Frigessi og David Hirst, Norsk Regnesentral.
- 3/99 **Kvantifisering av usikkerhet i meteorologiske og hydrologiske prognoser.**
Thomas Skaugen, Norges vassdrags- og energidirektorat.



Kontaktpersoner

formann i styringsgruppen: Ola Skauge

Tlf. 73 58 05 00

E-post: ola.skauge@dirnat.no

programleder: Arnor Njøs

Jordforsk

Tlf. 64 94 81 70 (Jordforsk)

Tlf. 22 95 90 98 (NVE)

E-post: arnor.njos@jordforsk.nlh.no

E-post: xarn@nve.no.

naturgrunnlag og arealbruk: Arne Grønlund

Jordforsk

Tlf. 64 94 81 09

E-post: arne.gronlund@jordforsk.nlh.no

Noralf Rye

Universitetet i Bergen

Tlf. 55 58 34 98

E-post: noralf.rye@geol.uib.no

tettsteder: Oddvar Lindholm

Norges Landbrukshøgskole

Tlf. 64 94 87 08

E-post: oddvar.lindholm@itf.nlh.no

flomdemping, flomvern

og flomhandtering: Dan Lundquist

Glommens og Laagens

Brukseierforening

Tlf. 22 54 96 00

E-post: danlund@sn.no

skaderisikoanalyse: Nils Roar Sælthun

Norsk institutt for vannforskning

Tlf. 22 18 51 21

E-post: nils.saelthun@niva.no

miljøvirkninger av flom og

flomforebyggende tiltak: Olianne Eikenæs

Norges vassdrags- og energiverk

Tlf. 22 95 92 24

E-post: oli@nve.no

databaser og GIS: Lars Andreas Roald

Norges vassdrags- og energiverk

Tlf. 22 95 92 40

E-post: lars.roald@nve.no

modellarbeid: Ånund Killingtveit

Norges teknisk-naturvitenskaplige universitet

Tlf. 73 59 47 47

E-post: aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no

programadministrasjon: Olianne Eikenæs

Norges vassdrags- og energiverk

Tlf. 22 95 92 24

E-post: oli@nve.no

Hjemmeside: <http://www.nve.no>

Per Einar Faugli

Norges vassdrags- og energiverk

Tlf. 22 95 90 85

E-post: pef@nve.no