

Norsk Vann

Rapport

204 | 2014



Åpne flomveger i bebygde områder



Norsk Vann

Norsk Vann Rapport

Det utgis tre typer rapporter:

Rapportserie A

Dette er de opprinnelige hovedrapportene.

Dette kan være:

- Rapportering av prosjekter som er gjennomført innenfor organisasjonens eget prosjektsystem
- Rapportering av spleiselagsprosjekter hvor to eller flere andelseiere i Norsk Vann BA samarbeider for å løse felles utfordringer
- Rapportering av prosjekter som er gjennomført av andelseiere eller andre.
Rapporten vil i slike tilfeller kunne være en ren kopi av originalrapporten eller noe bearbeidet

Fortløpende nummer xx-årstall

Rapportserie B

Dette er en serie for «enklere» rapporter, for eksempel forprosjekter, som vil være grunnlag for videre prosjektvirksomhet mm.

Fortløpende nummer Bxx-årstall

Rapportserie C

Dette er rapporter delfinansiert av Norsk Vann, men som er utgitt av andre.

Fortløpende nummer Cxx-årstall



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no



Prosjekresultatene fra Norsk Vann Rapport (serie A og B) kan fritt benyttes internt i egen organisasjon. Når prosjekresultatene benyttes i skriftlig materiale, må kilde oppgis. Videre salg/ formidling av resultatene utover dette er kun tillatt etter skriftlig avtale med Norsk Vann BA.

Norsk Vanns rapporter utarbeides i samspill mellom rådgiver, styringsgruppe og referansegruppe for prosjektet og er ikke behandlet i Norsk Vanns styrende organer. Norsk Vann har ikke ansvar for feil eller ufullstendigheter som måtte forekomme i rapporten og kan ikke stilles økonomisk eller på annen måte til ansvar for problemer som måtte oppstå som følge av bruk av rapporten.

Norsk Vann Rapport

Ekstrakt

Når det regner mer enn det ordinære overvannssystemet er dimensjonert for er det behov for en alternativ flomveg for å sikre en kontrollert avledning av flomvannet. Denne veiledningen beskriver metoder for kartlegging av flomveger og viser gode eksempler på etablering og bruk av flomveger. Veiledningen har som mål å være en motivasjon for kommuner som berøres av overvann og flomveger til å prioritere arbeidet med åpne flomveger i bebygde områder slik at en kan forebygge skader eller redusere omfanget av skader ved ekstremvær. Arbeidet med rapporten om åpne flomveger i byer har i hovedsak vært å sammenstille eksisterende informasjon og beskrive gode eksempler og prosesser som allerede er blitt gjennomført. Mange kommuner er allerede godt i gang med arbeidet. Etablering av sikre flomveger forutsetter at ulike kommunale etater/avdelinger må samarbeide. Dette inkluderer de klassiske VA-miljøene (typiske medlemmer i Norsk Vann), men minst like viktig er andre kommunale avdelinger slik som arealplan, byggesak, geodata/GIS, veg osv. Det er altså mange berørte som må forholde seg til problemstillingene. Veiledningen har således som mål også å virke motiverende og inspirerende for alle disse viktige aktørene.

Norsk Vann BA

Adresse: Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Telefon: 62 55 30 30
E-post: post@norsk vann.no
Internettadresse: norsk vann.no

Rapportens tittel

Åpne flomveger i bebygde områder

Forfatter

Jon Røstum og Stian Bruaset (SINTEF)
Trond Sekse, Berit Bjørnsen, Carolina Uribe og
Einar Markhus (NORCONSULT AS)

Rapportnummer: 204 - 2014

ISBN 978-82-414-0354-5

ISSN 1504-9884 (trykt utgave)

ISSN 1890-8802 (elektronisk utg.)

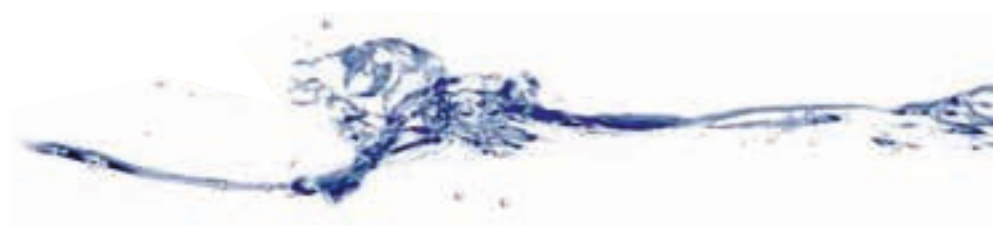
Emneord, norske

Flomveg, klima, overvann

Emneord, engelske

Flood way, climate change, storm water

Forord



Stadig flere tettsteder og kommuner har i den senere tid hatt flomsituasjoner der vann har forårsaket store materielle skader på infrastruktur, hjem og bygninger, som en følge av at eksisterende overvannssystem ikke har kunnet ta unna for de til dels ekstreme vannmengder. Det er med andre ord et åpenbart behov for en alternativ flomveg for å sikre en kontrollert avledning av overvannet. Denne veiledningen beskriver metoder for kartlegging av flomveger og viser gode eksempler på etablering og bruk av flomveger. Veiledningen har som mål å være en motivasjon for kommuner som berøres av overvann og flomveger til å prioritere arbeidet med åpne flomveger i urbane områder slik at en kan forebygge skader eller redusere omfanget av skader ved ekstremvær.

Etablering av sikre flomveger forutsetter at ulike kommunale etater/avdelinger må samarbeide. Dette inkluderer de klassiske VA-miljøene (typiske medlemmer i Norsk Vann), men minst like viktig er andre kommunale avdelinger slik som arealplan, byggesak, geodata/GIS, veg osv. Det er altså mange berørte som må forholde seg til problemstillingene. Veiledningen har således som mål også å virke motiverende og inspirerende for alle disse viktige aktørene.

Denne rapporten omhandler ikke ansvar for og finansiering av kartlegging, etablering, drift og vedlikehold av flomvegene. Disse problemstillingene forventes avklart i utredningen til det regjeringsoppnevnte lovutvalget på overvannsområdet.

Delvis parallelt med prosjektet om åpne flomveger i bebygde områder har Norsk Vann gjennomført et prosjekt i samarbeid med Vegdirektoratet og KS med tittelen «Håndtering av overvann fra urbane veger». Resultatet finnes i Norsk Vann Rapport 200/2014. Det har vært en viss koordinering mellom disse prosjektene

for å unngå unødvendig overlapping. Denne rapporten vil også være relevant inn mot flomveger i bebygde områder.

«Det er med andre ord et åpenbart behov for en alternativ flomveg for å sikre en kontrollert avledning av overvannet.»

Arbeidet med rapporten om åpne flomveger i byer har i hovedsak vært å sammenstille eksisterende informasjon og beskrive gode eksempler og prosesser som allerede er gjennomført. Mange kommuner er allerede godt i gang med arbeidet, for eksempel som en del av arbeidet i Fremtidens byer hvor kommunene Trondheim, Oslo, Asker, Bærum har fokusert på utvikling av aktsomhetskart ved bruk av GIS. Dette arbeidet er beskrevet i rapporten, men vil i tillegg bli publisert som en egen rapport via Fremtidens byer.

Jon Røstum, Trond Sekse, Berit Bjørnsen, Carolina Uribe, Einar Markhus og Stian Bruaset har utarbeidet rapporten i fellesskap.

Takk til alle som har bidratt til denne rapporten, spesielt til styringsgruppen, som har bestått av Marianne Gjerv Dahl, Drammen kommune, Cecilie Bråthen, VAV, Oslo kommune, Birgitte Gisvold Johannessen, Trondheim kommune, Ole Petter Skallebakke, Fredrikstad kommune og Knut Bjarne Sætre, Bærum kommune.

I referansegruppen har disse deltatt og gitt innspill: Gry Backe, DSB, Bent Braskerud, Eli Katrina Øydvin og Turid Bakken Pedersen, alle fra NVE, Mia Ebeltoft, Finans Norge, Ingunn Lindeman, Miljødirektoratet, Synnøve Folkvord, Naturskadepoolen, Stein Furru, Bergen kommune, Torbjørn Krogstad, Porsgrunn kommune, Oddvar Lindholm, NMBU, Gunnar Mosevoll, Skien kommune, Eli Aubert, Røyken kommune, Kari-Anne Simenstad, DIBK og Webjørn Finsland, Plan- og bygningsetaten, Oslo kommune.

Hamar, 11. juli 2014
Arne Haarr
Prosjektleder Norsk Vann

Sammendrag

Når det regner mer enn det ordinære overvannssystemet er dimensjonert for er det behov for en alternativ flomveg for å sikre kontrollert avledning av flomvannet. Veiledningen beskriver metoder for en systematisk kartlegging av de åpne flomvegene slik at en kan iverksette tiltak for å redusere konsekvensene av vann på avveier. Her beskrives både enkle metoder, men også mer avanserte metoder som også angir utbredelsen av flomvegene og hyppighetene av oversvømmelsene. Rapporten omhandler åpne flomveger i byer/tettsteder, men vil også kunne være relevant i mindre, tettbygde områder som er utsatt for oversvømmelser.

Veiledningen bygger videre på Norsk Vann sin rapport 162 – 2008 Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering (Lindholm m.fl., 2008) hvor det anbefales en 3-ledds strategi ved utforming og dimensjonering av overvannsanlegg. 3-ledds strategien tilsier at når ledningsnettets blir overbelastet eller svikter, skal det finnes et avrenningssystem på overflaten for overvannet - en flomveg.

Utarbeidelse av aktsomhetskart for flomveger anbefales for å kartlegge fare for oversvømmelser og unngå fremtidige overvannsskader. Dette vil bli enda viktigere i årene fremover som en følge av andre faktorer slik som: kapasitetsproblemer ved dagens infrastruktur, forventede klimaendringer, demografiske endringer, økte krav fra samfunnet osv.

Formalisering av aktsomhetskart anbefales slik at det blir juridisk gjeldende. Dette kan man enten gjøre via etablering av hensynssoner med bestemmelser eller bare ved bruk av bestemmelser i kommuneplanens arealdel. Det er viktig at det spres informasjon om, og utarbeides gode rutiner, for å sikre bebyggelse og infrastruktur mot oversvømmelse og samtidig sikre at flomvegene opprettholdes.

Flomvegene må gjøres tilgjengelig og implementeres i den kommunale forvaltningen som et eget aktsomhetskart om de skal få betydning for overvannshåndteringen. Utsjekk av flomveger bør bli en naturlig del av kommunal saksbehandling der hvor dette er en aktuell problemstilling. For å sikre en framtidig god håndtering av overvann bør det knyttes bestemmelser til dette i kommuneplanens arealdel. Aktsomhetskartet over dreneringslinjer bør inngå enten som hensynssoner, eller ved at det lages generelle bestemmelser om overvannshåndtering med henvisning til aktsomhetskartet.

Utarbeidelse av aktsomhetskart kan være omfattende for mindre og mellomstore kommuner. Samarbeid mellom ulike kommuner ved utarbeidelse av aktsomhetskart bør derfor vurderes.

Under flere av kapitlene er det også gitt ulike praktiske eksempler fra kommuner som har kommet i gang med å kartlegge flomveger og innføre aktsomhetskart, og hvordan hensynet til flom og flomveger er implementert i kommunale planbestemmelser.

English summary

This report is published in Norwegian by Norwegian Water BA (Norsk Vann BA).

Address: Vangsvegen 143, NO-2321 Hamar,
Norway
Phone: + 47 62 55 30 30
E-mail: post@norskvann.no
Website: www.norskvann.no

Report no: 204 - 2014
Report title: Open floodways in settled areas
Date of issue: Dec. 2014
Author: Jon Røstum og Stian Bruaset (SINTEF)
Trond Sekse, Berit Bjørnsen,
Carolina Uribe og Einar Markhus
(NORCONSULT AS)

ISBN 978-82-414-0354-5
ISSN 1504-9884 (printed edition)
ISSN 1890-8802 (electronic edition)

When rainfall exceeds the capacity of the stormwater system alternative floodways are required to ensure the controlled diversion of stormwater. The guidance describes methods for mapping floodways in order to implement measures so as to avoid the negative impacts of uncontrolled distribution of stormwater.

In addition to basic methods, more advanced methods are described, which also indicate the prevalence of floodways and frequencies of flooding. The report covers the open floodways in cities and towns, but will also be relevant in less densely populated areas.

The guidance builds on the Norwegian Water's report 162 - 2008 Guidance on climate adapted stormwater management (Lindholm et al, 2008) where a 3-step strategy is recommended. One element of the 3-step strategy is to provide a safe surface drainage system, a floodway, when the sewer system is overloaded or fails. Susceptibility mapping of floodways is recommended to assess areas at risk of flooding and for preventing future storm damage. This will become even more important in the future, as a result of factors such as capacity problems of the current infrastructure, expected climate change, demographic change, increased safety demands from society etc..

The formalization of susceptibility maps is recommended, and to make them legally binding. This can either be done by zoning with special regulations or simply using the provisions of the municipal land-use plans. It is important to spread information, and to develop best practices, to safeguard buildings and infrastructure from flooding while ensuring that the floodways are maintained.

Maps of floodways must be made available and implemented in the municipal administration as separate susceptibility maps, in order to have an impact on the stormwater management. Where relevant, a check of the floodways must be part of the municipal administrations daily routine. To ensure the future good management of stormwater, these should be linked to the provisions of the municipal land-use plans. The map of floodways should be included either as special zones with their own regulations, or by the creation of general rules concerning water management with regard to the susceptibility map.

Preparation of susceptibility maps can be labour intensive for small and medium-sized municipalities. Cooperation between municipalities in preparing the susceptibility maps should be considered.

Various practical examples from municipalities that have begun to introduce susceptibility maps and map floodways and how they have implemented this information into in municipal planning provisions are given in several chapters.

Definisjoner og forkortelser

Aktsomhetskart	Aktsomhetskart for flom viser områder hvor det potensielt kan være fare for flom/hvor en skal være aktsom overfor flom. Aktsomhetskartet tallfester ikke sannsynlighet for hendelsen eller angir noe gjentakintervall. Et aktsomhetskart for flomveg vil følgelig ikke si noe hvor ofte en får oversvømmelse, men bare angi hvor det kan komme vann på avveier. Et aktsomhetskart kan være grunnlaget for en hensynssone.
Dreneringslinjer	«Linjer» hvor senterlinjen for vannveiene går. Sier ikke noe om utstrekning, dvs. hvor bred flomsonen vil være. GIS rutinene som er beskrevet i rapporten beregner dreneringslinjer.
DTM	Digital terrengmodell
Farekart/faresonekart	Et farekart for flom viser flomutbredelsen for ulike gjentakintervall av flommen. Utover hva som er innholdet i et aktsomhetskart er det i tillegg også utført sannsynlighetsberegninger som sier noe om hvor ofte hendelsen vil kunne oppstå (gjentakintervall) på arealet som berører av hendelsen.
FKB-data	Felles kartdatabase – Norges offentlige kartverk i digital form.
Flomsonekart	Kart som viser hvilke områder som oversvømmes ved ulike flomfrekvenser. Et flomsonekart er et faresonekart for temaet flom.
Flomveg	Lavpunkt/-strekninger i terreng eller bebygde områder hvor vannet kan avledes ved flom.
GIS	Geografiske informasjonssystemer (datamaskinbaserte)
Hensynssone	Angir avgrensede områder i kommuneplanens arealdel hvor ulike ting må tas hensyn til ved planlegging og utnytting av et areal/område (PBL § 11-8). Hensynssonen vil kunne angi bestemmelser på bruken av arealet.
Risikokart	Et risikokart for flom sammenstiller informasjonen fra et farekart (sannsynlighet og utbredelse) med de tilhørende direkte kostnader og andre sosialøkonomiske konsekvenser av hendelsen (flommen).
VA	Vann og Avløp

Innhold

1. Innledning	9	3. Planprosesser og plangrep knyttet til flomveger	39
1.1. Problembeskrivelse	9	3.1. Generelt om planlegging av flomveger	39
1.2. Eksempler	10	3.2. Kommunens ansvar	39
1.3. Relevante offentlige utredninger	11	3.3. Lovgrunnlag og retningslinjer	40
1.4. Status i kommuner	13	3.4. Kunnskapsgrunnlag	41
1.5. Målet med veiledningen	14	3.5. Planlegging etter PBL	41
1.6. Hvorfor økt bruk av åpne flomveger	15	3.5.1. Kommunal planstrategi	41
2. Metoder for kartlegging av flomveger	17	3.5.2. Medvirkning	42
2.1. Innledning metoder	17	3.5.3. Kommuneplan	42
2.2. Krav til nøyaktighet i datagrunnlag og beregninger i forhold til hva en ønsker å oppnå	17	3.5.4. Reguleringsplan	45
2.3. Enkle analyser av flomveger	18	3.5.5. Byggesak	47
2.4. Digitale terrengmodeller (DTM) for kartlegging av flomveger	18	3.6. Samarbeid og tilgjengeliggjøring av informasjonen	49
2.4.1. Flomveg kart basert på bruk av åpen kildekode	18	4. Flomveger - Utforming og drift/vedlikehold	51
2.4.2. GIS prosedyre utviklet og testet ut av Fremtidens byer	20	4.1. Flomveger som normalt er vannførende (elver og bekker som har en viss vannføring hele tiden)	51
2.4.3. Eksempel fra Oslo og Trondheim på kartlegging av flomveger ved bruk av digitale terrengmodeller	21	4.1.1. Eksempel Veumbekken i Fredrikstad - en bekkeåpning i en urban kontekst	51
2.5. Hydrologiske og hydrauliske modeller	24	4.1.2. Eksempel på utfordringer knyttet til gjenåpning av bekker	53
2.5.1. Hydrologiske beregninger	24	4.2. Flomveger som normalt er tørre	54
2.5.2. Beregning av kapasitet til kulverter og stikkrenner	25	4.3. Utforming av flomveger i kaldt klima	55
2.5.3. Hydrauliske 1-dimensjonale (1D) modeller	26	4.4. Når utgjør flomvegen en fare?	57
2.5.4. Hydrauliske 2-dimensjonale (2D) modeller	26	4.5. Drift og vedlikehold av flomveger	58
2.5.5. Kombinerte hydrologiske og hydrauliske modeller hvor en også tar hensyn til ledningsnettets kapasitet	26	Referanser	62
2.6. Sammenligning av resultater fra ulike metoder - eksempel Trondheim kommune	29	Vedlegg A - Flytskjema for etablering og bruk flomsonekart i bebygde områder	65
2.7. Verifisering av resultatet av aktsomhetskart for flomveger	30	Vedlegg B - Grenseverdier for fare for mennesker	66
2.8. Kartlegging av flomveger - praktiske eksempler	32	Tidligere utgitte rapporter	67
2.8.1. Mulige bruksområder for kart over flomveger	32		
2.8.2. Erfaringer med bruk av flomberegninger og flom i reguleringsplaner i Porsgrunn	35		
2.8.3. Kartlegging av primære og sekundære flomveger i Drammen	36		
2.9. Flytskjema for etablering og bruk av flomsonekart i urbane områder	38		

1. Innledning



1.1. Problembeskrivelse

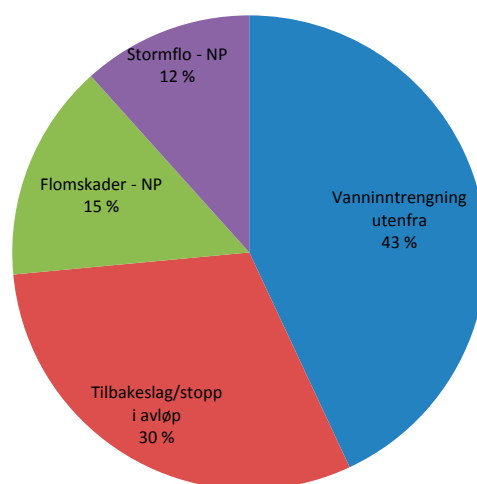
Jevnlig hender det at vann kommer på avveier og finner alternative strømningsveier på overflaten. Overvannsproblemene handler om at vannet ikke har noe naturlig sted å gjøre av seg i asfalterte og «tette» byer og tettbygde strøk.

Klimaendringene vil medføre hyppigere og mer intense nedbørhendelser og følgelig økt bruk av de åpne flomvegene. Denne veiledningen omhandler flomveger i bebygde områder som er planlagte vannveier hvor vannet renner ved ekstrem nedbør og/eller ved snøsmelting. Flomvegene skal sikre en trygg bortledning av vannet og derved redusere konsekvensene av oversvømmelser.

Når ledningssystemet blir overbelastet, tiltettet eller ødelagt, bør det finnes et avrenningssystem som kan lede bort overvannet på overflaten uten at det gjør skade. Konsekvensene ved oversvømmelse vil kunne være store og det er viktig at en kartlegger eksisterende og eventuelle potensielt nye problemområder.

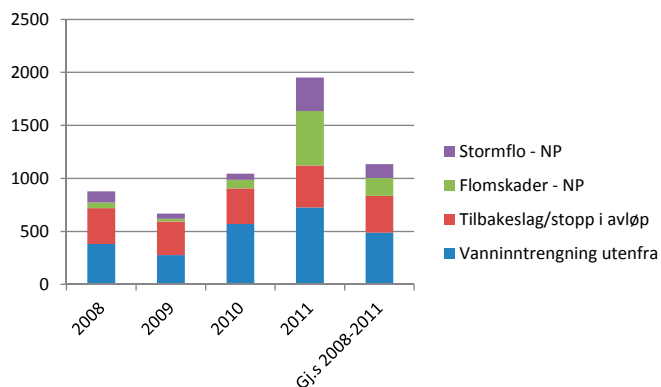
Veiledningen omhandler ikke flom i større vassdrag, men tar for seg oversvømmelser i mindre bekker eller lavbrekk i terrenget, hvor det til vanlig ikke renner vann, men hvor det til tider kan samles opp større vannmengder.

Samlet sett utgjør utbetalingserstatninger for oversvømmelse pga overvann en større andel enn skadene fra de store elveflommene - som gjerne får mest omtale i media. Finans Norge har sammenstilt klimarelaterte forsikringsutbetalinger i Norge, og funnet at «vanninntrengning utenfra» (dvs overvann som strømmer inn i bygninger) utgjør 43 % av skadeutbetalingene for perioden 2008 – 2011. I tillegg bidrar tilbakeslag/stopp i avløp med 30 % (se Figur 1).



Figur 1. Gjennomsnittlig årlig erstatning for ulike klima-relaterte skadeårsaker for perioden 2008 – 2011 (Finans Norge, 2013). I figuren betyr «NP» skader som er dekket under Norsk Naturskadepool.

Figur 2 viser årlig utvikling av forsikringsutbetalinger for perioden 2008 – 2011. Figuren viser at det for perioden har vært en økning i samlet forsikringsutbetalinger relatert til vær og klima.



Figur 2. Årlig utvikling av forsikringsutbetalinger (millioner kr) for ulike skadeårsaker for perioden 2008 – 2011 (Finans Norge, 2013)



Figur 3. Oversvømmelse i Bjørndalen i Trondheim 12. august 2013¹⁾

1) <http://www.adressa.no/nyheter/trondheim/article8082815.ece>

1.2. Eksempler

- I august 2013 kom det unormalt store nedbørmengder på kort tid i Stavanger. Vann og avløpsetaten anslo gjentakintervall for det kortvarige intense regnskyll til å være om lag 300 år. Ledningsnett er ikke dimensjonert for slike gjentakintervall (og skal heller ikke være det) og vannmassene fant alternative strømningsveier.
- Mandag 12. august 2012 ble det målt 61,7 mm nedbør i løpet av 24 timer på Saupstad i Trondheim. Dette var den nest største augustnedbøren på 24 timer som noen gang er registrert i Trondheim og en må helt tilbake til 1940 for å finne et døgn med mer nedbør i august i Trondheim. Som en følge av nedbø-

ren ble blant annet veien gjennom Bjørndalen i Trondheim stengt i perioder pga mye overvann på veien (Figur 3).

I november 2013 medførte stormen Hilde store oversvømmelser, og i Bergen fikk dette store følger for trafikkavviklingen. Figur 4 viser et eksempel på dette hvor en også ser at vann strømmer opp fra en kum og videre på vegbanen. Selv om Bergen har mye og ofte regn, blir ikke skadene av oversvømmelsene nødvendigvis større enn andre steder. Dette skyldes forhold som kort vei til sjø/vassdrag, kommune og innbyggere har øvd seg/tilpasset seg til store nedbørmengder osv.



Figur 4. Stormen «Hilde» forårsaket oversvømmelser i Bergen i november 2013. Avløpsvann strømmer opp gjennom kum og videre på vegen (Foto: TV2.no)



Figur 5. Slagmark i Krokstadelva etter stormen Frida 6. – 7. august 2012. (Foto: Drammens Tidende/Rune Folkedal)

Stormen Frida rammet særlig Nedre Eiker 6. – 7. august 2012 (se Figur 5) og i løpet av få timer kom det lokalt 70 – 100 mm nedbør. Forsikringsutbetalingene knyttet til Frida beløp seg til mer enn 300 millioner kr og i tillegg kom skader på offentlig infrastruktur som veier, jern-

bane, VA-anlegg, dammer osv. Nedbørtilfellet ble varslet, men ikke med et slikt omfang og med de store lokale variasjoner i nedbørmengde som inntraff.

1.3. Relevante offentlige utredninger

I de senere år har det kommet flere utredninger og meldinger som er relevant for arbeidet med veiledningen om åpne flomveger. Dette gjelder særlig NOU

2010 – 10 («Tilpasning til eit klima i endring») og den oppfølgende Stortingsmelding nr. 33 («Klimatilpasning i Norge»).



NOU 2010 pekte på behovet for styrking av klimatilpassningsarbeidet inn mot plansystemet og anbefalte også at kommunene fikk øremerkede midler for å styrke plankapasitet og plankompetanse. En viktig påpekning var også behovet for fastsettelse av en nasjonal overvannsmyndighet.

Overvatt og havnivåstiging er to område som manglar klar forankring og plassering av nasjonal fagmyndigheit. Utvalet tilrår at det nasjonale ansvaret for dette blir plassert snarast, og at ein særleg vurderer om Noregs vassdrags- og energidirektorat (NVE) kan ta eit slikt ansvar. Det er nødvendig at den eller dei styresmaktene som får eit slikt ansvar, tilførast ressursar for å kunne ta vare på desse oppgåvene.

Anbefaling NOU 2012 – 10, side 17.

I skriftlig versjon av Stortingsmeldingen er den manglende nasjonale overvannsmyndighet omtalt: «KLIF (nå Miljødirektoratet) skal koordinere klimatilpasningen på direktoratsnivå, herunder havnivåstigning og overvannshåndtering». I oversendelsesbrevet fra Statsråden til Stortinget er dette derimot slettet og erstattet med «Regjeringen vil i forbindelse med statsbudsjettet for 2014 redegjøre nærmere for hvordan arbeidet med klimatilpasning på direktoratsnivå koordineres.»

Stortingsmelding nr. 33 har hovedfokus på «flom» som gjelder større vassdrag og lite vekt på «oversvømmelser» som skyldes «vann på avveier». Det pekes dog på at NVE vil starte et arbeid knyttet til utarbeidelse av retningslinjer og prosedyrer for planlegging av trygge flomveger også knyttet til overvann. Veiledningen om åpne flomveger passer godt med dette kommende arbeidet.



NVE skal utarbeide retningslinjer for kartleggingen, slik at denne følger gode, enhetlige prosedyrer. NVE kan også gi tilskudd til kommunenes kartlegging i vassdrag innenfor rammen av det statlige farekartleggingsprogrammet. Kommunene må se dette i sammenheng med kartlegging av fare knyttet til overvann og planlegging av trygge flomveger.

Klimatilpasning i Norge. Stortingsmelding 33 (2012–2013), s. 57

Klimatilpasningsmeldingen ble sluttbehandlet i Stortinget 19. juni 2013¹⁾. De politiske diskusjonene fra denne behandlingen viser at politikerne har god innsikt i problemstillingene knyttet til klimatilpasning, overvann og viktigheten av robuste overvannsløsninger. Noen utvalgte sitater:

Samfunnsendringer vil påvirke vår sårbarhet for klimaendringer. En økende andel av den norske befolkningen bor i byområder, og det er forventet at byene vil fortsette å vokse. De største byene i Norge ligger ved kysten eller inntil vassdragene. Større og mer intense nedbørsmengder stiller større krav til overvannshåndtering i byene.

Stortingsrepresentant under høring om Klimatilpasningsmeldingen

Kommunene har i dag et generelt ansvar for å ta vare på innbyggerne og ansvar for den lokale flom- og skredberedskapen. Ansvarsfordelingen mellom utbygger, kommune, fylkeskommune og stat knyttet til utbygging av ny bebyggelse og infrastruktur er klart definert i lovverket gjennom reglene for arealplanlegging og byggesaksbehandling – men det er altså ny bebyggelse. Når det gjelder ansvaret for eksisterende bebyggelse, er det noe mer uklart. Jeg registrerer at det i meldingen står at departementet har startet arbeidet med å avklare det ansvaret kommunene har for flom- og skredforebygging ved eksisterende bebyggelse.

Stortingsrepresentant under høring om Klimatilpasningsmeldingen

I Statsbudsjettet²⁾ for 2014 ble det endelig fastslått at Miljødirektoratet får myndighetsansvar for koordinering av klimatilpasningsarbeidet generelt, og for overvann og havnivåstigning spesielt.

1) <http://www.stortinget.no/nh/Saker-og-publikasjoner/Publikasjoner/Referater/Stortinget/2012-2013/130619/8/>

2) <http://www.regjeringen.no/nb/dep/fin/dok/statsbudsjettet.html?id=445181>



På den internasjonale arena viser den nylig utgitte IPCCs (Intergovernmental Panel on Climate Change) femte hovedrapport fra 2013 fra FNs klimapanel (IPCC, 2013) at det er ingen tvil om at klimasystemet er under oppvarming og at hvis verden fortsetter å slippe ut som i dag, kan den globale temperaturen i 2100 bli mer enn 4 grader høyere enn i dag. Klimamodellene som danner grunnlag for prognosene er også blitt kontinuerlig bedre og usikkerheten er blitt mindre enn tidligere, men konklusjonene er ellers de samme som tidligere.

1.4. Status i kommuner

I de senere år har flere norske kommuner arbeidet mye med problemstillinger knyttet til håndtering av overvann og oversvømmelser i byer. Dette gjelder for eksempel arbeid i regi av Framtidens byer, overvannshåndtering blir inkludert i hovedplaner, det utarbeides egne bestemmelser knyttet til overvann i forbindelse med kommuneplaner, kommunedelplaner, reguleringsplaner og byggesaker. I tillegg har enkelte kommuner begynt å vurdere finansiering av overvann via en splitting av VA-gebyret i en spillvannsdelt og en overvannsdelt.

Fortsatt er det likevel mange kommuner som har gjort lite på dette området, og som derfor må ta med flom og

oversvømmelser i arbeidet med arealplanlegging. Mange kommuner har inntil de senere år tillatt bygging innenfor flomsoner og uten å stille særskilte krav til flomsikring (Figur 6). Flomhendelser de siste 5 årene har medført en langt strengere byggesaksbehandling mhp. flomvurderinger.

Mange kommuner har allerede kommet langt i arbeidet med kartlegging av åpne flomveger. Et eksempel på dette er Oslo kommune som har laget et detaljert aktsomhetskart over Oslo som viser flomvegene. Denne metoden er nærmere beskrevet i kapittel 2.



Figur 6. Faksimile Teknisk Ukeblad nr. 29/2013.



Slik skal Oslo stoppe flommen

Styrtregnet faller stadig oftere over Oslo. Det fører til dyre ødeleggelser. Men det finnes en plan.

Figur 7. Eksempel fra oversvømmelse i Oslo sommeren 2013 hvor Oslo kommune i etterkant forteller om deres systematiske arbeid med å kartlegge flomveger¹⁾.

1) <http://www.osloby.no/nyheter/Slik-skal-Oslo-stoppe-flommen-7279522.html#Ugy-odIGFo,email>

1.5. Målet med veiledningen

Hovedmålet med utarbeidelsen av denne veiledningen om åpne flomveger i bebygde områder er å hjelpe kommuner med å:

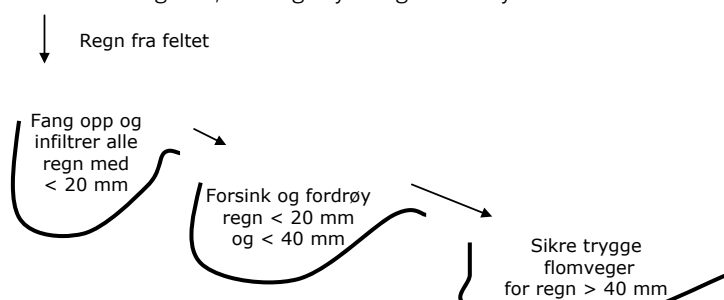
- Beskrive metoder for kartlegging/identifisering av flomveger i urbane områder.
- Etablere flomveger gjennom planprosesser og arealplaner i kommunen.

Rapporten vil gi gode eksempler på etablering og bruk av flomveger, samt gi råd om drift og vedlikehold av flomveger.

Veiledningen vil således kunne være en motivasjon for kommuner for å prioritere arbeidet med åpne flomveger i urbane områder slik at en forebygge skader eller redusere omfanget av skader ved ekstremvær. Målgruppen for veiledningen er kommunale fagetater som berøres av overvann og flomveger.

Veilederen beskriver metoder for en systematisk kartlegging av de åpne flomvegene i forkant av slike hendelser slik at en kan iverksette tiltak for eventuelt å redusere konsekvensene av at vann kommer på avveier. Arbeidet inkluderer både enklere metoder, men også mer avanserte metoder som også angir utbredelsen av flomvegene og hyppighetene av oversvømmelsene. Rapporten tar for seg åpne flomveger i byer/tettsteder, men vil også være relevant i mindre tettbygde områder.

I Norsk Vann sin veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering (Lindholm m.fl., 2008) anbefales en 3-ledds strategi ved utforming og dimensjonering av overvannsanlegg (se figur under). 3-ledds strategien tilsier at når ledningsnettets blir overbelastet eller svikter, skal det finnes et avrenningssystem på overflaten for overvannet. Rapporten «Åpne flomveger i bebygde områder» omhandler følgelig høyre del av figuren, men også ytterligere til høyre dersom



Tre-ledds strategi for håndtering av overvann (Lindholm m.fl., 2008)

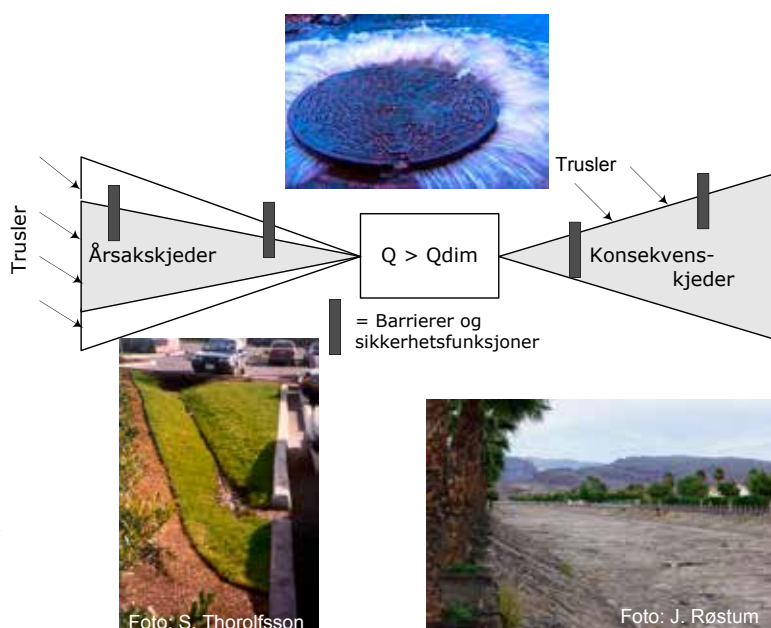
komponenter (rister, kulverter) av de åpne flomvegene svikter. Vannet vil da finne andre veier og disse veiene må identifiseres om konsekvensene av slike hendelser er store. Vannet skal også håndteres på en god nok måte i en slik situasjon.

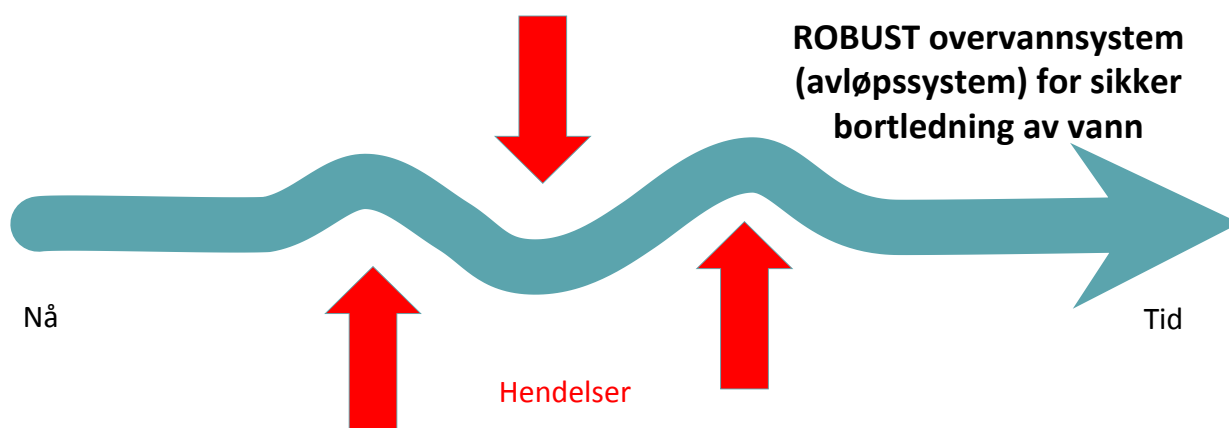
Veiledningen omtaler ikke tiltak i nedbørfeltet som reduserer overvannsavrenningen (grønne tak, regnbred, infiltrasjon av overvann osv), men tar for seg sikker avledning av vannet når det for eksempel regner mer enn ledningsnettets har kapasitet til. Kommunenes arbeid med helhetlig overvannshåndtering må selvfølgelig omfatte både årsaks-siden (venstre del av Figur 8) og konsekvenssiden (høyre del).

Tiltak på konsekvenssiden knyttet til åpne flomveger er:

- flomsone kartlegging (hvor renner vannet?)
- hvordan skal flomvegene utformes
- hvordan tilpasse eventuell bebyggelse som ligger i/ved flomvegene.

Figur 8. Veiledningen omhandler konsekvenssiden (høyre side) av bow-tie modellen.





Figur 9. Illustrasjon som viser et robust overvannssystem

Gode åpne flomveger vil således bidra til et mer robust overvannssystem som både tåler fremtidige klimaendringer, endringer i befolkning og arealbruk og samtidig oppnås en sikker transport av vann som kommer på avveier (Figur 9).

Rapporten vil kunne bidra til kartlegging av eksisterende flomveger og til planlegging av nye, åpne flomveger i flest mulig kommuner slik at ulike former for vann på avveier (overvann, samt vann fra vannledningsbrudd og, tilstopping av avløpsledninger) vil kunne ledes sikkert bort uten at det oppstår for store konsekvenser for samfunnet.

1.6. Hvorfor økt bruk av åpne flomveger

Allerede i dag er det stor oppmerksomhet i mange kommuner på oversvømmelse og flom i urbane områder. I det følgende beskrives en del trender/årsaker i samfunnet (ikke i rangert rekkefølge) som ytterligere vil øke behovet for kartlegging og helhetlige analyser av flomveger.

- **Kapasitetsproblemer ved dagens infrastruktur.** En del anlegg har kapasitetsproblemer allerede i dag. Det er ofte de samme områdene som får hendelser med vann på avveier.
- **Forfall av VA-anlegg** påvirker også behovet for alternative flomveger. Ved svikt av avløpsledninger (inkludert overvannsledninger) vil vannet måtte finne nye alternative strømningsveier. Slikt avløpsvann på avveier vil følge de åpne flomvegene, inntil de eventuelt finner tilbake til avløpsnettets. Manglende vedlikehold og fornyelse av avløpsnettets vil også kunne føre til redusert hydraulisk kapasitet. Tilsvarende gjelder for vannledninger. Ved brudd på vannledninger, kan mye vann komme på avveie. Vannet vil måtte følge naturlige åpne flomveger.
- **Forventede klimaendringer** vil gi store utfordringer for VA-sektoren på grunn av økt overflateavrenning. For VA-ledningsnettets påvirker dette i første rekke avløpsnettets som en følge av fremtidig økning i ned-

børintensitet/økt avrenning og stigning av havnivå. Dette vil medføre økt omfang av kjelleroversvømmelser og økte utslipp av urensset avløpsvann til nærliggende vassdrag. Klimaendringene inneholder også et element av usikkerhet. I områder hvor det tidligere er observert flomhendelser vil en kunne oppleve hyppigere og større oversvømmelser. Det faktum at det kan ta lang tid å få innført løsninger, tilsier at en må forberede seg allerede i dag for fremtidige endrede belastninger/hendelser.

- **Demografiske endringer** i en del kommuner (økt befolkningsvekst, endret bosettingsmønster, arealbruksendringer, urbanisering osv). Dette kan medføre press på dagens infrastruktur ved at andelen tette flater øker, noe som resulterer i økt avrenning, større fart på vannet, og fare for kapasitetsproblemer på avløpsnettets.
- **Myndighetspålagte krav.** Fra myndighetshold har det de seinere år vært stor oppmerksomhet på klimatilpasning, for eksempel NOU 2010-10 og påfølgende Stortingsmelding nr. 33. Lov om kommunal beredskapsplikt gir også ansvar til kommunene når det gjelder hendelser som går på tvers av ansvarsområder slik som gjerne vann på avveier representerer. Både kommunene selv, men også tilsynsmyndigheter (f.eks. Fylkesmenn), har begynt å sette krav til helhet-

lig overvannsforvaltning og innføring av blå/grønne konsepter for overvannshåndtering.

- **Samfunnets økte krav** til sikker bortledning av overflatevann og vann på avveier. Sikker bortledning av vann på avveier kan sees på som en kritisk samfunnsfunksjon (kritisk infrastruktur). Storsamfunnet forlanger at infrastrukturen fungerer og leder bort vann på en sikker måte i de aller fleste situasjoner. De krav som samfunnet og innbyggerne stiller til VA-tjenestene øker også som en del av velferdsøkningen generelt i samfunnet. Det som var godt nok før, er ikke lenger godt nok. Dette gjelder også hendelser som krever en helhetlig planlegging og struktur.
- **Konsekvenser for annen infrastruktur** (veg, bane, bygninger). Store vannmengder på avveier, vil også kunne medføre uønskede konsekvenser for annen infrastruktur. Dette gjelder både bygninger som fylles med vann og medfører materielle og økonomiske skader, men også for veier, jernbane, trikk hvor en får problemer med trafikkavviklingen.
- **Konsekvenser for liv og helse.** I ytterste konsekvens kan mangelfull sikring av flomveger medføre fare for liv og helse.
- Flomveger og håndtering av overvann **åpner muligheter for positiv utvikling av byer og tettsteder.** Ønske fra befolkningen om mer aktiv bruk av elver og vassdrag til friluftsliv, bading og fiske er også en viktig driver for å bruke overvannet på en positiv måte. Eksempler på dette er Alnavassdraget i Oslo og Ilavassdraget/Ilaparken i Trondheim.
- **Sterkere søkelys på naturlige vannveier** og overvannets betydning for innbyggerne. Gjenåpning av tidligere bekkelukkinger innføres flere steder.
- **Nylige historiske hendelser med oversvømmelser/** vann på avveier. Årvisst oppstår det hendelser knyttet til oversvømmelser som synliggjør behovet for åpne og robuste flomveger.

2. Metoder for kartlegging av flomveger

2.1. Innledning metoder

I det følgende beskrives ulike metoder for kartlegging og analyse av åpne flomveger. Metodene som beskrives er fra enkle kartbaserte metoder til mer avanserte hydrologiske/hydrauliske modeller hvor en kombinerer både ledningsnettets kapasitet og overflateavrenning. Følgende metoder beskrives:

- Enkle metoder: erfaringsrelatert og kartbasert
- Terrengmodeller: GIS metoder med kommersiell programvare og GIS analyse med fri kildekode
- Kombinerte hydrologiske og hydrauliske modeller for avrenning på terrengoverflate (håndberegning, 1D og/eller 2D hydrauliske modeller, flomsonekartlegging)

- Kombinerte hydrologiske og hydrauliske modeller hvor en også tar hensyn til ledningsnettets kapasitet

Prisen og krav til ekspertise øker med kompleksiteten til metodene. Noen av metodene setter krav til spesiell programvare, mens det for andre metoder finnes gratis programvare eller det er nok med manuelle beregninger. Valg av metode vil være avhengig av de mål og krav en har satt seg for analysene og vil også være avhengig av tilgjengelige data og hvor mye ressurser en ønsker å bruke på analysene. Det er viktig å velge metode ut fra hva analysen skal brukes til.

2.2. Krav til nøyaktighet i datagrunnlag og beregninger i forhold til hva en ønsker å oppnå

Ulike metoder for kartlegging gir ulik kvalitet på resultatet, det er derfor viktig å avklare hva resultatene skal brukes til.

- Enkle metoder basert på erfaring, tidligere hendelser og lokal kunnskap kan i mange tilfeller være en god nok metode.
- Bruk av terrengmodeller bidrar til en systematisk gjennomgang og vil samtidig kunne identifisere mulige løsninger og tiltak.
- Sannsynlighet for oversvømmelse finnes ved bruk av hydrologiske beregninger kombinert med hydrauliske beregninger, og kan brukes som grunnlag for å vurdere oversvømmelsesfare. Disse typer analyser kan også brukes for å designe løsninger. Dersom ledningsnett er et viktig element for å lede bort flomvann (og man har data for modellering) vil det være en fordel å inkludere dette.

Det finnes en del informasjon tilgjengelig på nettet som kan være nyttig for analyse av flomveger:

- NVEs Atlas: REGINE (nedbørfelt), avrenningskart, elvenett, flomsonekart og fareområder (kvikkleire, skred, ras osv.). (<http://atlas.nve.no/ge/Viewer.aspx?Site=NVEAtlas>)
- NVEs Lavvannskart: enkel analyse av nedbørfelt og nedbørfeltets karakteristika (<http://atlas.nve.no/GE/Viewer.aspx?Site=Lavvann>).
- NVEs hydrologiske database: Hydra II (tilgang krever abonnement)

- Meteorologisk Institutt (MI): registrerer og utarbeider værdata (inkludert nedbør) (<http://met.no/>). eKlima er portalen til Meteorologisk institutts klimadatabase som er åpen for alle og er gratis å bruke. Her kan man hente Intensitet-Varighet-Frekvens (IVF) kurver (http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL).
- Norgeskart: FKB data om høydekurver, ledningsnett, vanntemaer (hav, elver og innsjøer), veinett, osv. data må bestilles gjennom «Norge digitalt avtalepartner» (<http://www.statkart.no/> <http://159.162.103.4/geovekst/datasett.jsp?komm=0500>).
- NGIs løsmassekart (<http://geo.ngu.no/kart/losmasse/>).
- NVE (2011). Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. Deborah Lawrence og Hege Hisdal. (http://webby.nve.no/publikasjoner/report/2011/report2011_05.pdf)

2.3. Enkle analyser av flomveger

Enkle analyser av flomveger baseres på observasjoner og lokalkunnskap (personer, gamle kart osv.). Driftsansvarlige i kommunen vil vanligvis kjenne til tidligere oversvømmelseshendelser. Ut fra observasjoner i terrenget kan man identifisere hvor vannet vil strømme under en flomepisode. Ofte finnes der fysiske barrierer som endrer veien overflateavrenning tar til resipienter (naturlige bekker, elver, havet).

Kartlegging av tidligere hendelser vil være svært nyttig både for å identifisere eksisterende problemer og for

kalibrering av eventuelle hydrauliske modeller. Opplysninger som bør registreres er blant annet beskrivelse av hendelse, stedfesting (på kart, koordinater), evt. bilder, dato og mulige årsaker.

Ut fra slike enkle analyser vil en kunne identifisere en del problemer, usikkerheter og tiltak. En kan for eksempel oppdage behov for å etablere kunstig høybrekk ved inngang til parkeringskjeller, etablering av ledevegger for å føre vannet bort fra områder hvor det kan gjøre større skade osv.

2.4. Digitale terrengmodeller (DTM) for kartlegging av flomveger

Bruk av digitale terrengmodeller (DTM) i dette kapittelet er basert på analyser utført med GIS-verktøy, men tilsvarende analyser kan utføres med annen programvare som håndterer terrengmodeller. En analyse av terrenget kan enkelt brukes til for eksempel å vise fordypninger utsatt for oversvømmelse ved sterk nedbør, området nær havet utsatt for oversvømmelse ved flo, samt identifisere barrierer som hindrer avrenning mot resipienten.

Som en del av Fremtidens byer samarbeidet har kommunene Trondheim, Oslo, Asker, Bærum utviklet rutiner for halvautomatisk identifisering av flomveger basert på GIS-analyser hvor en bruker kommersiell tilgjengelig GIS-programvare. Dette kan gjøres med rutiner som er utviklet innen ArcGIS: «Spatial analyst – hydrology toolset» eller «Arc Hydro Tools Version 2.0»³⁾. Et lignende arbeid er gjennomført i prosjektet ExFlood (Bratlie, 2013) hvor en har utviklet en metode for å finne flomveger basert på gratis tilgjengelig GIS-programvare. Metoden er testet ut i med Nedre Eiker som case.

I det følgende beskrives disse to metodene. For detaljert gjennomgang refereres til de enkelte prosjektrapporter.

2.4.1. Flomveg kart basert på bruk av åpen kildekode

Som en del av Exflood⁴⁾ prosjektet er det utviklet en GIS-metode for beregning av flomveger på eiendomsnivå ved hjelp av åpen kildekode (Bratlie, 2013). Metoden forutsetter tilstrekkelig nedbør til at flomvannet renner fritt oppå terrenget, eller at eksisterende

overvannsanlegg er satt ut av drift som følge av tilstopping eller sabotasje. Vannet følger lavbrekk i terrenget. Når man beveger seg nedover et lavbrekk i bakenforliggende areal akkumuleres fortløpende. Ved å beregne dette arealet som benevnes akkumulert tilrenningsareal, får en et estimat på størrelsen på arealet som drenerer til ethvert punkt på dreneringslinjen. Ved å multiplisere disse arealene med ønsket nedbør per time får en så et estimat over hvor stor vannføringen er. I ExFlood prosjektet har en anvendt GIS-verktøyet GRASS.

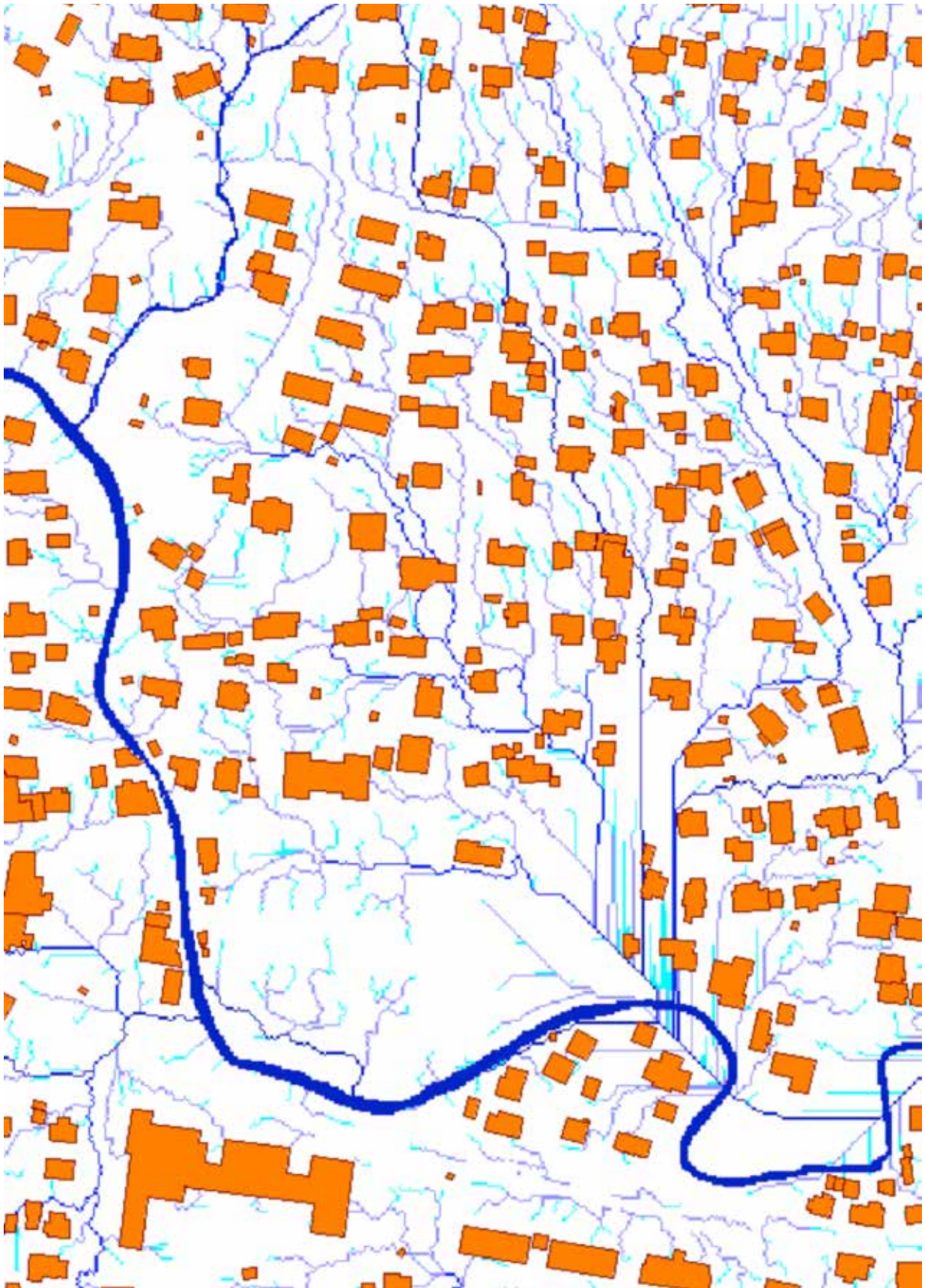
Exflood prosjektet har foreslått en praktisk tilnærming av ansvarsnivå for å sikre tilstrekkelig overvannskapasitet i arealplanleggingen. Basert på erfaringene fra Nedre Eiker kommune har en i Exflood prosjektet fastsatt følgende grenseverdier for oppstrøms areal av nedbørfeltet/akkumulert tilrenningsareal og tilhørende ansvarlig instans:

- Inntil 200 m²: den enkelte eiendomsbesitter er ansvarlig
- 200-5.000 m² Kommunens byggesaksavdeling er ansvarlig
- 5.000-50.000 m² Kommunens arealplanavdeling er ansvarlig
- Over 50.000 m² Kommuneplanprosessen i samarbeid med nasjonale og regionale myndigheter

I hvilken grad den enkelte eiendomsbesitter, byggesaksavdeling og arealplanavdeling faktisk besitter den nødvendige kompetanse for å kunne utføre slike vurderinger kan dog diskuteres. Vannfaglig kompetanse i kommunene er nok i de fleste kommuner lokalisert til vann- og avløpsetaten og denne må være en viktig premissleverandør knyttet til flomveger.

3) Arc Hydro Tools Version 2.0 er en tilleggsmodul som kan lastes ned gratis fra ArcGIS Online på linken; <http://www.arcgis.com/home/item.html?id=a801e0c3435f4744b3e6f90491317649>. Den forutsetter Spatial Analyst extension, er designet av hydrologer og har et veldig enkelt og intuitivt grensesnitt.

4) http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/prosjekt/hovedtema?p_dimension_id=22783&p_menu_id=22793&p_sub_id=22784&p_dim2=22785



Figur 10. Flomveger fordelt på ulike plannivåer. Jo mørkere blåfarge jo mer overordnet plannivå er ansvarlig (Bratlie, 2013).

2.4.2. GIS prosedyre utviklet og testet ut av Fremtidens byer

I det følgende presenteres et sammendrag av prosedyren for å beregne dreneringslinjer ut fra en terrengmodell utarbeidet av Fremtidens byer. Som en del av Fremtidens byer prosjektet vil det bli utarbeidet en detaljert beskrivelse av metoden i løpet av 2014. Dette notatet forventes å bli gjort tilgjengelig via Fremtidens byer sine hjemmesider. <http://www.regjeringen.no/nb/sub/framtidensbyer/forside.html?id=551422>

- Prosessen baseres på beregninger ved hjelp av en digital terrengmodell (DTM) og derfor er modellens nøyaktighet svært viktig for å oppnå en tilfredsstillende beskrivelse av de aktuelle forhold. Denne metoden analyserer terrenget ut fra utforming og helning for å finne veier (kalt dreneringslinjer) der vannet vil samles og strømme nedover. Analysen forutsetter bare overflatestrømning og inkluderer ikke hydrauliske eller hydrologiske beregninger. Beregningsmetoden er utviklet for ArcGIS i forbindelse med analyse av nedbørfelt ved hjelp av terrengmodeller. Til denne analysen brukes som oftest terrengmodeller som raster digitale høydemodeller (DEM). DEM er et datasett som representerer et område med celler som har en høyde per celle.
- Alle DTM raster-beregninger forutsetter at vannet renner nedover og vil renne til den laveste av de 8 nabocellene. De første regneoperasjoner på terrengmodellen vil resultere i en strømretningsraster som viser veien som vannet vil renne. Flate områder kan være en utfordring og man bør ha et godt presisjonsnivå på høydegrunnlaget for å oppnå en tilfredsstillende representasjon av terrenget. En annen utfordring er naturlige fordypninger i terrenget eller unaturlige fordypninger pga. feil i høydegrunnlaget eller bearbeiding av terrengmodellen.
- For å gjøre analysen av dreneringsområder mer presis bør fordypninger fjernes og ArcGIS har inkludert en rutine som fyller fordypninger. Rutinen differensierer ikke naturlige fordypninger fra unaturlige, derfor bør det utføres en egen vurdering av den opprinnelige terrengmodellen om den bør forbedres. Neste regneoperasjon på terrengmodellen gir som resultat en representasjon av avrenningsakkumulasjon i rastercellene, dvs. dreneringsareal til hver celle. Celler med et dreneringsareal over en viss grense vil være representert med dreneringslinjer. Det er også mulig å reklassifisere dreneringslinjer for å representere forskjeller i dreneringsarealer.

Utarbeidelse av digital terrengmodell - DTM

Modellen kan lages ved hjelp av laser høydedata, FKB – grunnkartsdata eller en kombinasjon av disse, avhengig av hvilket datagrunnlag man har tilgjengelig. Terrengmodellen må fange opp terrengformer som leder vannet slik som fortauskanter, grøfter, fartshumper osv. Har man laserdata med høy punkttetthet og lager en terrengmodell med høy romlig oppløsning, vil dette fanges opp direkte, slik det vises i eksempelet fra Oslo kommune. Ved lavere punkttetthet kan man supplere med tilleggsinformasjon fra FKB-data slik som Trondheim kommune har gjort under prosjektet for Fremtidens byer.

Bygninger må heves for å fremstå som barrierer i terrengmodellen. I eksemplene fra Trondheim og Oslo er dette løst ved at man har hevet terrenget x antall meter fra grunnflaten til alle bygg. Kulverter, underganger og bruer er områder som bør vies ekstra oppmerksomhet i terrengmodellen, da disse har stor påvirkning på hvordan vannet drenerer. I de fleste tilfeller bør kulverter, underganger og bruer «senkes» for å tillate at vannet renner fritt gjennom disse. Hvis man ikke senker kulvertene bygges det en terrengmodell der kulvertene er helt tilstoppet. Dette er også en nyttig analyse, der man kan vurdere flomveger der kulvertene ikke har nok kapasitet.

Terrengmodellen må også være «hydrologisk korrekt» og ikke ha hull eller forsengkninger (sinks). Ved beregning av dreneringslinjer vil dreneringen stoppe opp da vann renner inn, men ikke ut av slike forsengkninger. Før beregning av dreneringslinjer må man derfor fylle alle forsengkninger. Områdene som fylles angir forsengkninger som potensielt kan oversvømmes ved nedbørsmengder. Men mange forsengkninger vil også være naturlige deler av et dreneringsnett slik som bekkeløp osv.

Identifisering av forsengkninger i terrenget

Forsengkninger kan identifiseres ved å beregne differansen mellom terrengmodellen med fylte forsengkninger og den «originale» terrengmodellen. Man må imidlertid være bevisst på naturlige forsengkninger som er en del av dreneringsnettet.

Beregning av dreneringslinjer

Raster terrengmodeller har celler av en viss størrelse med en høyde som egenskap. Det beregnes hvilke av de 8 nabocellene som ligger lavest og det forutsettes at alt vannet drenerer til denne cellen. Dette er en grov forenkling, spesielt i flate områder. Erfaringer viser imidlertid at feilene denne forenklingen forårsaker reduseres når oppløsningen på terrengmodellen bedres. Dreneringslinjene defineres ved at en celle må motta

vann fra et gitt antall høyereliggende celler. Terskelverdien man setter avgjør hvor høyt oppe i nedbørfeltet dreneringslinjene starter og hvor fin inndeling man får på del-nedbørfeltene. Nedbørfeltene avgrenses ved at de ikke mottar drenering fra andre celler.

Bruk av aktsomhetskart for flomveger – dreneringslinjer

De beregnede dreneringslinjene må gjøres tilgjengelig og implementeres i den kommunale forvaltningen om de skal få betydning for overvannshåndteringen. Det anbefales at dette gjøres ved hjelp av et eget aktsomhetskart. Som for alle andre temakart er det viktig med god informasjon om hva kartet viser og ikke viser, samt hvordan det bør brukes. For å sikre en framtidig god håndtering av overvann bør det knyttes bestemmelser til dette i kommuneplanens arealdel. Aktsomhetskartet over dreneringslinjer bør inngå enten som hensynssoner, eller ved at det lages generelle bestemmelser om overvannshåndtering med henvisning til aktsomhetskartet. Aktsomhetskartet kan også brukes for å identifisere potensielle problemområder i dagens situasjon, samt bidra til å visualisere mulige løsninger.

2.4.3. Eksempel fra Oslo og Trondheim på kartlegging av flomveger ved bruk av digitale terrengmodeller

I det følgende er en sammenstilling av metodene som ble brukt i henholdsvis Oslo kommune og Trondheim kommune vist. Oslo kommune har brukt en metode basert på Arc Hydro Tools Version 2.0, mens Trondheim kommune har brukt en metode basert på Spatial analyst - hydrology toolset.

Oslo kommune

Oslo kommune har laget en terrengmodell basert på kun laserdata. Det anbefales en kvalitetssjekk av data og klassifisering av punktene. For å redusere prosesserings-tiden og unngå problemer anbefales å dele laserdata i mindre felt. Det er viktig med overlappende områder mellom de ulike feltene for å unngå manglende data i overgangsområder. Det lages raster av alle laser-data-settene. Alle bygg ble hevet for å skape fysiske barrierer i terrenget.

Kontrollere terrengmodellen:

- Sammenligne høyde fra høydemodellen med kjente høydepunkt, som f.eks. fastmerker.
- Kontroller at terrengmodellen fanger opp terrengformer som leder vannet slik som fortauskanter, grøfter osv.

Beregne dreneringslinjer med Arc Hydro Tools Version 2.0: ESRI Resource Center har et eget diskusjonsforum for hydrologi, som tar for seg ulike hydrologiske problemstillinger.

<http://resources.arcgis.com/en/communities/hydro/index.html>. Surface Water modulen er en samling av hydrologiske verktøy satt sammen i et logisk og brukervennlig grensesnitt.

Kjør følgende verktøy:

- Fill Sinks
- Flow Direction
- Flow Accumulation
- Stream Definition
- Stream Segmentation
- Catchment Grid Delineation
- Catchment Polygon Processing
- Drainage Line Processing
- Adjoint Catchment Processing
- Drainage Point Processing

Trondheim kommune

Trondheim kommune har laget en terrengmodell ved å kombinere laserdata og FKB-data. Denne metodikken brukes når punkttettheten i laserdataene ikke er så høy (2 – 5 pkt per kvadratmeter). Det er da nødvendig å forbedre modellen med høydeinformasjon fra FKB data. Det anbefales å bruke dataformatet «terrain» i ArcGIS, som er godt egnet for å håndtere store datamengder og legge inn egendefinerte breaklines fra FKB data.

Fremgangsmåte:

Velge ut relevante FKB data som er egnet som breaklines for å supplere terrengmodellen:

- Vann-linje: «OBJTYPE» IN ('ElvBekk', 'ElvBekkKant', 'ElveElvSperre', 'Innsjøkant', 'KanalGrøft', 'KanalGrøftKant', 'Kystkontur', 'KystkonturTekniskeAnlegg')
- Vann-flate: «OBJTYPE» IN ('Havflate', 'Innsjø')
- Veg-linje: «OBJTYPE» IN ('AnnetVegarealAvgrensning', 'Fortauskant', 'FortauskantYtre', 'GangSykkelvegkant', 'GangfeltAvgrensning', 'Gangvegkant', 'Lysløype', 'ParkeringsområdeAvgrensning', 'Sti', 'Trafikkøykant', 'Traktorveg', 'Vegdekkekant', 'VeggrøftÅpen', 'VegkantAnnetVegareal')

Eventuelt kan data klippes til et område litt større enn analyseområdet. Det er viktig å sjekke at høydedata er riktig. Dette kan gjøres med 3D visualiseringsverktøy.

Forberede laserdata:

- For å integrere Laserdata i ESRIs «terrain» filformat, må de foreligge i multipunkt format.
- I utgangspunktet brukes kun klassene bakkepunkt og vann. Men dersom du har bygninger i en egen klasse i laserdatasettet (class 6) kan disse brukes direkte.
- Sjekk om bruer kommer med i bakkepunkter. Hvis ja, må du senke dem ned etterpå.

Lage en terrengmodell med breaklines: i denne arbeidsoperasjonen integreres laserdata (i form av multipunkt) og FKB data (i form av breaklines) til en terrengmodell for hele kommunen. Deretter konverteres terreng til raster format.

- Eventuelt kan man lage en terrengmodell kun med bruk av FKB-data, basert på metodikken ovenfor.

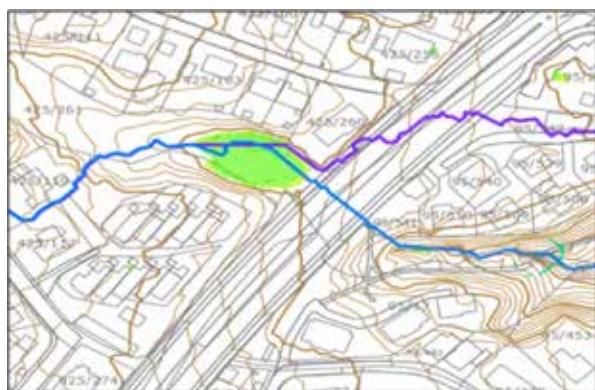
I stedet for å bruke laserdata som massepunkt, brukes høyde-punkt og høydelinjer fra FKB data som kilde for bakkepunkt-høydeinformasjon. Dessuten vil det være nyttig å inkludere flere FKB data (veg, anlegg o.l.) om de inneholder høydeinformasjon med tilstrekkelig nøyaktighet.

Prosessering av terrengmodell:

- Heve bygninger
- Senke kulverter, vegunderganger og bruer

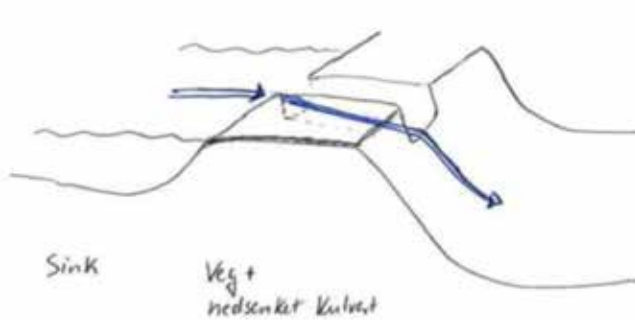
Objekter som i utgangspunktet er hindringer i terrenget, men hvor vannet kan renne gjennom, som f. eks. bruer og store kulverter, krever ekstra oppmerksomhet - se illustrasjon nedenfor.

Figur 11 Utsnitt av flomvegkart med to scenarioer (kilde: Fremtidens byer, prosessbeskrivelse urbane flomveger)



Med nedsenket kulvert (blå flomveg)

Uten nedsenket kulvert (fiolett flomveg)



Dersom man ønsker at vannet skal følge bekkeløp, slik det normalt gjør, må kulverter og stikkrenner senkes som illustrert over til venstre. Ønsker man derimot å simulere hvordan vannet vil renne om kulverten/ stikkrennen er tett lar man være å senke terrengmodellen som vist over til høyre.

Beregne dreneringslinjer med Spatial analyst

– **hydrology toolset.** Analysen av dreneringslinjer omfatter følgende funksjoner som utføres etter hverandre:

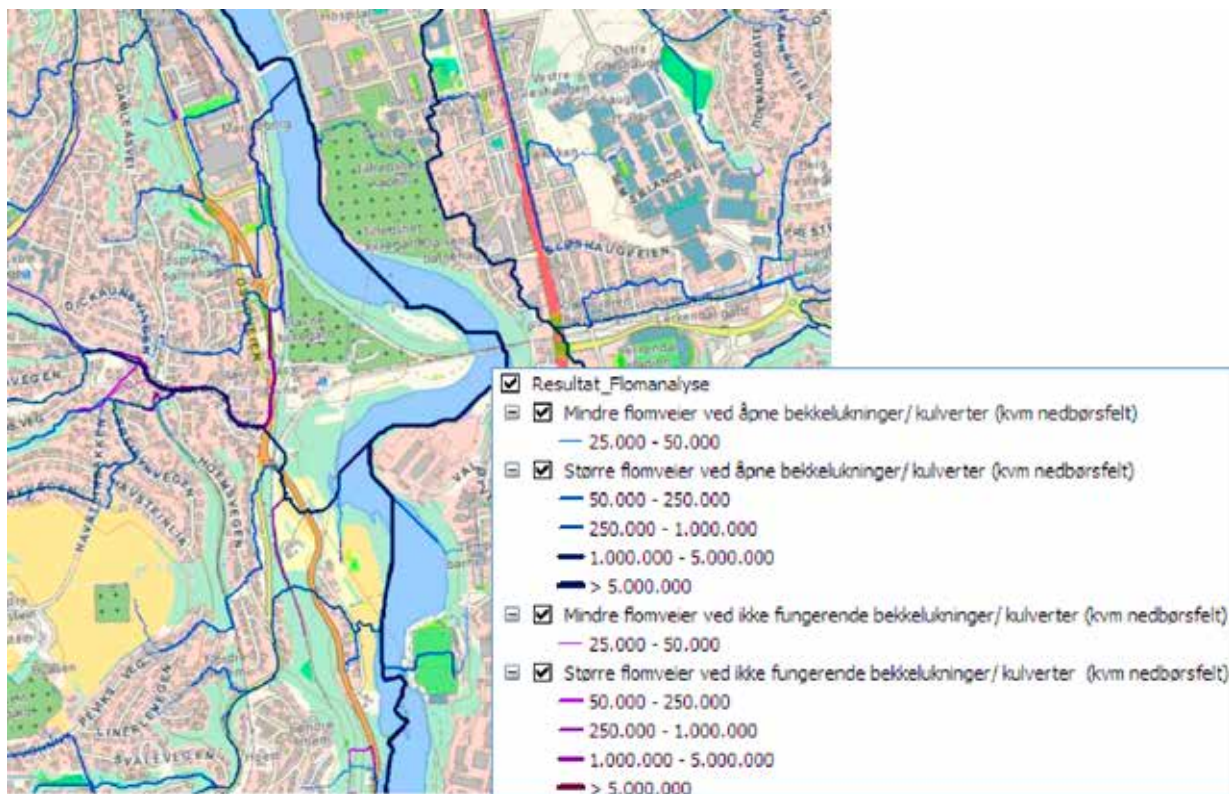
- Flow Direction
- Flow Accumulation.

Reklassifisere raster og konvertere rasterdata til feature.

I første omgang ble resultater fra Flow-accumulation reklassifisert til 11 klasser – se Figur 12.

Rasterdata ble konvertert til feature ved funksjonen «Convert > Raster to Polyline».

Flomveger som dreneringslinjer resulterer vanligvis i mange «streker» og det kan være fornuftig å finne en måte til å redusere antall av disse. Begrunnet i en enkel hydrologisk analyse og erfaring har Trondheim kommune satt 100 l/s som «cut-off» for visning av flomveger (streker) (se Figur 12). Ved å ta utgangspunkt i spesifikk flomavrenning for 50 og 100 års flomhendelser og med et påslag for fremtidig klimaendring på 20% har en regnet ut hvilke areal som skal til for å «produsere» 100 l/s. Flomveger som drenerer et mindre areal enn dette (tilsvarende 50.000 m² i Trondheim kommune) er folgelig ikke vist på kartet.



Figur 12 Klassifisering av dreneringslinjer i forhold til nedbørsfelt-størrelse (kilde: Trondheim kommune)

Analyse av senkninger.

- For å identifisere arealer hvor vannet samler seg, ble differansen mellom høydemodellen som ble «fylt opp» og den opprinnelige høydemodellen beregnet. Resultatet ble multiplisert med 100 for å komme fra

desimaler til heltall, reklassifisert til fire klasser («reclass») og konvertert til feature. Arealer mindre enn 3 kvm ble tatt ut manuelt etterpå. Forskningsanalysen viser et sted som tidligere har vært utsatt for flom (se Figur 13).

Figur 13 Forskningsanalyse utført i Trondheim kommune (Fremtidens byer, 2013).



2.5. Hydrologiske og hydrauliske modeller

2.5.1. Hydrologiske beregninger

Det trengs hydrologiske beregninger for å vurdere hvor mye vann man kan forvente i forskjellige flomsituasjoner (gjentakintervall). For noen modeller vil det være behov for bruk av vannføringsdata mens andre modeller forutsetter en vurdering av nedbørmengde og forløp.

Denne veiledningen beskriver to metoder for vurdering av vannmengde:

- Flomfrekvensanalyser av vannføringsobservasjoner (frekvensanalyse av vannføringsdata fra representative målestasjoner eller en regional flomfrekvensanalyse)
- Nedbør-avløpsanalyser (PQRUT eller rasjonell metode)

Valg av metode

Valg av metode vil være avhengig av feltstørrelse og tilgjengelige data. Der det er mulig, bør man bruke flere metoder. Anbefalte metoder for frekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyse i forbindelse med damanlegg er beskrevet i NVEs retningslinjer for flomberegning (NVE, 2011). NVE har i tillegg utarbeidet retningslinjer for flomberegning i forbindelse med flomsonekartlegging⁵⁾ (NVE, 2013). NVE har også utarbeidet regionale flomformler for beregning av middelflom (døgnverdi) for de forskjellige flomregioner i Norge. Formlene gjelder for nedbørfelt > 20 km², men bør brukes med forsiktighet for nedbørfelt < 100 km². Flomberegning i små felt er utfordrende og det jobbes med dette i prosjektet Naturfare Infrastruktur Flom og Skred (NIFS)⁶⁾. Flere metoder for beregning av flommer i små vassdrag, brukt i andre land, er vist i NIFS publikasjon «Flood estimation in small catchments» (2013). En oversikt over vannføringsstasjoner som er i drift eller har vært i drift i Norge med nedbørfelt mindre enn 50 km² er vist i rapporten «Vannføringsstasjoner i Norge med felt mindre enn 50 km²» (NIFS, 2013).

Frekvensanalyse

Frekvensanalyser av vannføringsdata fra antatt representative målestasjoner utføres for å vurdere flommer med forskjellige gjentakintervall. Kvaliteten av vannføringskurven for de sentrale målestasjonene bør alltid vurderes.

For andre nedbørfelt kan man bruke en regional flomfrekvensanalyse. I en regional flomfrekvensanalyse er flomstørrelse relatert til feltets forskjellige fysiske egenskaper som for eksempel feltstørrelse, effektiv innsjøprosent, snaufjellandel, skogsandel, normalavrenning eller avstand til kysten. Ved bruk av en regresjonsanalyse vurderes om en eller flere av disse egenskaper kan forklare flommene på en fornuftig måte. Når man finner en regresjonslikning som er tilstrekkelig robust, kan man bruke denne for andre nedbørfelt i regionen. Denne metoden brukes stort sett i naturlige nedbørfelt der de fleste av vannføringsstasjonene i Norge finnes. Vannføringsdata for Norge finnes på NVEs hydrologiske database Hydra II.

PQRUT

En nedbør-avløp modell transformerer nedbør til avløp ved bruk av generaliserte formler som tar hensyn til feltets fysiske egenskaper. Det finnes et stort antall ulike nedbør-avløpsmodeller som kan benyttes. NVE har forenklet nedbør-avløpsmodellen HBV til PQRUT som brukes mye for vurdering av ekstreme flommer i naturlige felt. Metoden ble utviklet på 1980-tallet og grunnlaget for de generelle modell-parameterne er basert på kalibreringer av ca. 20 nedbørfelt med en størrelse som varierer mellom 0,4 og 800 km². Erfaringsmessig viser denne metoden en bedre overenstemmelse med flomfrekvensanalyse for nedbørfelt på Vestlandet enn på Østlandet.

Rasjonell metode

En annen nedbør-avløpsmodell er «den rasjonelle metoden», som vanligvis brukes i små urbane nedbørfelt. Navnet på metoden har den fått pga en direkte oversetting av det engelske begrepet «rational method», dvs gir forholdet mellom vannføring og areal. Statens Vegvesen anbefaler denne metoden for nedbørfelt mindre enn 2–5 km². Metoden er beskrevet i Statens vegvesen Håndbok 018 (Statens Vegvesen, 2011). NVEs retningslinjer for flomberegning anbefaler metoden kun brukt for nedbørfelt mindre enn ca. 0,5 km². Det er følgelig usikkerheter tilknyttet til bruk av den rasjonelle metoden. Beregnet vannføring vil også være svært følsom overfor den beregnede konsentrasjonstiden og i mindre grad også avrenningskoeffisienten.

Programvare for å benytte PQRUT-modellen finnes på NVEs hydrologiske database Hydra II. Nedbørdata for hele landet kan bestilles fra Meteorologiske Institutt. Det finnes tilgjengelige data (gratis) i MIs database, på portalen eKlima. Her kan man laste ned IVF-kurver og andre nedbørdata. Antall nedbørstasjoner er begrenset

5) http://www.nve.no/PageFiles/1336/Retningslinjer%202013_mars.pdf?epslanguage=no

6) Delprosjekt 5.1 Flom- og dimensjoneringsberegninger i små felt, <http://www.naturfare.no/>

og tilgjengelige observasjonsperioder er forholdsvis korte. Det er særlig viktig med god tidsoppløsning på nedbørdata når en beregner avrenning i små urbane nedbørfelt.

Det er viktig å legge merke til at nedbør har store lokale variasjoner, og det anbefales derfor å sammenlikne IVF-kurver for et større område enn bare å velge den nærmeste nedbør-målestasjon til nedbørfeltet. IVF-kurvene bør også brukes med forsiktighet siden de ofte er utarbeidet basert på forholdsvis korte observasjonsperioder pga. MIs krav til homogenitet hos målestasjonene. Slike kurver kan også oppvise «ufysiske» vekstkurver⁷⁾, fordi ulike nedbørepisoder kombineres i en kurve.

Publikasjonen «Hydrological projections for floods in Norway under a future climate» (NVE, 2011b) presenterer forventet økning av flomstørrelsen i Norge pga. klimaendringer. Rapporten anbefaler å inkludere en 20 % økning i flommer for nedbørfelt < 100 km². Dette pga. det forventes en økning i ekstrem nedbør og mindre nedbørfelt er mer utsatt for økt nedbør.

2.5.2. Beregning av kapasitet til kulverter og stikkrenner

De mindre vassdragene i kommunene er ofte lukket og det finnes en del kulverter. Mange av disse har ikke nok kapasitet for å avlede «store» flommer eller kan bli tilstoppet ved flom. Mange kulverter vil ha en rist ved innløpet.

De fleste korte kulverter vil ha «innløpskontroll», dvs. at avledningskapasitet er gitt av forholdene ved innløpet. Der avløpskapasiteten er bestemt av kulverten som helhet kalles det utløpskontroll. Se Figur 14 for ulike strømningsforhold i kulverter.

Forhold som bestemmer kapasiteten ved innløpskontroll

- Rørdiameter
- Innløpets geometri og utforming
- Vannstand ved innløpet

Forhold som bestemmer kapasiteten ved utløpskontroll, full kulvert, hydraulisk lang eller kort

- Rørdiameter
- Innløpets geometri og utforming
- Lengden på kulverten eller stikkrenna
- Friksjonsforhold i kulverten
- Helling av kulverten
- Vannstand ved innløpet
- Vannstand ved utløpet

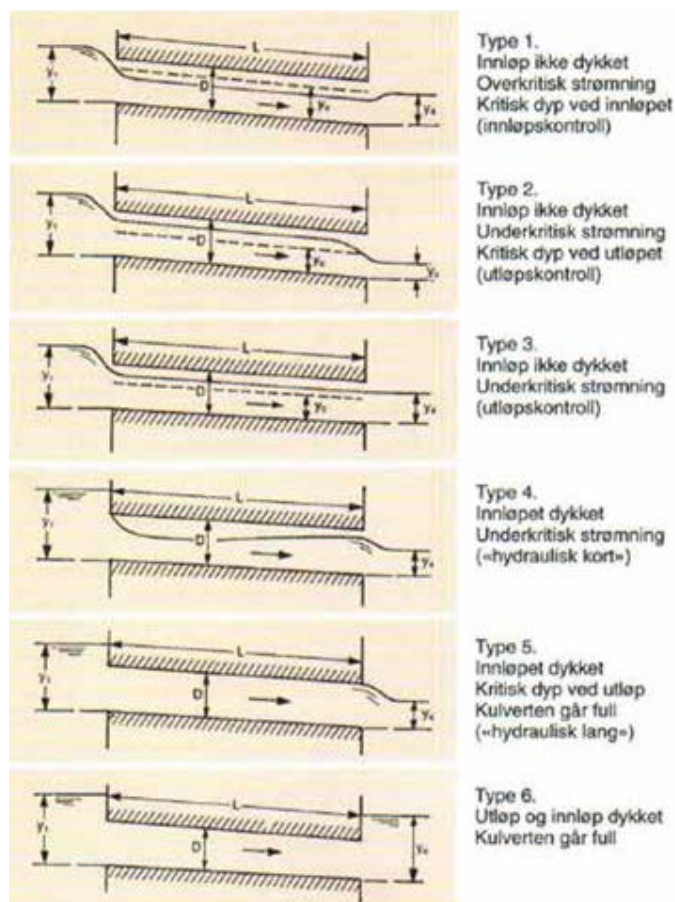
7) For eksempel samme nedbørintensitet for forskjellige varigheter (kurven flates ut).

Korte kulverter og stikkrenner med stort fall (> 10 ‰) har vanligvis innløpskontroll. Det er en forutsetning for innløpskontroll at kulverten er bratt nok, men når vi først får innløpskontroll er ikke kapasiteten avhengig av helningen.

Lange og slake kulverter vil vanligvis ha et av strømningsforholdene type 2 – 6 fra Figur 14. NVEs publikasjon Vassdragshåndboka har et kapittel der de forskjellige strømningsforholdene i kulverter eller stikkrenner og metoder for kapasitetsberegning presenteres.

USA FHWA (Federal Highway Administration) har gitt ut publikasjonen «Hydraulic design of highways culverts» (FHWA, 2001) der man finner en enkel måte å beregne kapasiteten til kulverter ved bruk av nomogrammer. Nomogrammer for kulverter er grafiske verktøy som brukes for å beregne hydrauliske kapasitet for kulverten. Det er utarbeidet nomogrammer for forskjellige kulverttyper og innløp. Beregning av kulverter kan også gjøres etter de metoder som står beskrevet Berg m.fl (1992) og Håndbok 018 (Statens Vegvesen, 2011).

Figur 14 Forskjellige typer strømming i en rett kulvert (kilde: NVEs Vassdragshåndboka)(NVE, 1998).



2.5.3. Hydrauliske 1-dimensjonale (1D) modeller

Brukes i tydelig definerte vannveier som for eksempel elver eller kanaler. Typisk brukt i NVEs flomsonekartleggingsarbeid. Kjente modelleringsprogrammer er Hec-Ras⁸⁾ (fra USACE, US Army corps of engineers) og Mike 11⁹⁾ (fra DHI). Bruk av disse modeller krever en viss ekspertise.

Hvilke inngangsdata trengs?

Som inngangsdata brukes vannmengde og vannveiens geometri (profiler som beskriver elva eller kanalen). Hydrauliske strukturer som kulverter og bruer (med pilarer) kan også legges inn i modellen. At programmet er 1-dimensjonalt betyr at det for hvert tverrsnitt beregnes kun en hastighet og en vannstand. Vertikale hastigheter og hastigheter på tvers av strømrørningen blir ikke beregnet. Denne analysen kan utføres stasjonært eller dynamisk. En stasjonær modell bruker kulminasjonsverdien av vannføring, mens en dynamisk modell bruker et flomforløp. Flomforløpet vil være viktig når flommen kan dempes eller magasineringssevne i vassdraget er av betydning. Typisk 1D modellering er vannlinjeberegninger der man vurderer vannstanden langs elveløpet ved en gitt flomsituasjon. Deretter tegnes det opp på kart området som vil bli oversvømt ved disse vannstandene.

Metodens anvendelsesområde

Metoden brukes både for å vurdere området som er flomutsatt og for å vurdere eventuelle kritiske punkter (der vannet stuves opp) langs elveløpet. Gode kalibreringsdata (samtidig måling av vannføring og vannstand) er svært viktig for å få gode modeller som beskriver de aktuelle flomforholdene. Helst bør man ha kalibreringsdata fra flomepisoder.

2.5.4. Hydrauliske 2-dimensjonale (2D) modeller

Brukes når strømrørningen er vanskelig å forutse på forhånd eller der det forventes at strømrørningen vil dele seg i flere retninger (flate områder). Det er også nyttig å bruke når man vil ha opplysninger om lokale vannstander og hastigheter. Den mest brukte programvare er Mike 21 (fra DHI). Bruk av denne modellen krever en viss ekspertise og avhengig av kompleksiteten vil det være behov for en lang beregningstid (PC tid). At programmet er 2-dimensjonalt betyr at den beregner vannstander og hastigheter for hver celle. Denne analysen utføres dynamisk, dvs. over en gitt tidsperiode,

men kan også brukes for å modellere en stasjonær (balansert) situasjon.

Hvilke inngangsdata trengs?

Som inngangsdata brukes vannmengde (vannføring, nedbør eller en kombinasjon av disse) og en terrengmodell av overflaten (DTM) i grid/celler format, som beskrevet i kapittel 2.4. Nøyaktigheten til terrengmodellen er svært viktig for at resultatene skal gjenspeile de aktuelle forholdene og er en av de mest tidkrevende oppgavene for en 2D analyse av flomveger.

Metodens anvendelsesområde

Bruk av denne metoden er anbefalt for et lite område der man vil undersøke i mer detalj oversvømmelsesproblematikken. Det er viktig å sjekke at modellen og resultatene stemmer med de aktuelle forholdene på terrenget. Dette kan gjøres ut fra tidligere registrerte oversvømmelser eller en befaring av de viktige områdene etter at man har fått resultatene.

Gode kalibreringsdata (samtidig måling av vannføring og vannstand) er svært viktig for å få gode modeller som beskriver de aktuelle flomforholdene. Helst bør man ha kalibreringsdata fra flomepisoder.

2.5.5. Kombinerte hydrologiske og hydrauliske modeller hvor en også tar hensyn til ledningsnettets kapasitet

Ved kartlegging av flomveger vil det, avhengig av nøyaktigheten som ønskes og kompleksiteten av avløpsinfrastrukturen i området, også kunne være behov for å inkludere effekten av ledningsnett i beregningene. Vanntransporten i overvannsnett og avløpsnett vil være avhengig av avrenningen på overflaten og omvendt. Vann vil f.eks. kunne strømme opp fra ledningsnett og ut på overflaten og kanskje renne inn igjen i ledningsnett lenger nedstrøms. Dersom en bare bruker ledningsnettmodeller for avløpstransport (MOUSE, MIKE URBAN, InfoWorks CS, SWMM osv) vil disse kunne angi områder hvor det vil skje oppstuvning på ledningsnett, men kan ikke alene brukes til å beskrive overflatestrømningen. Det vil da være behov for å koble ledningsnettmodeller med modeller for overflatestrømning (se Figur 15).

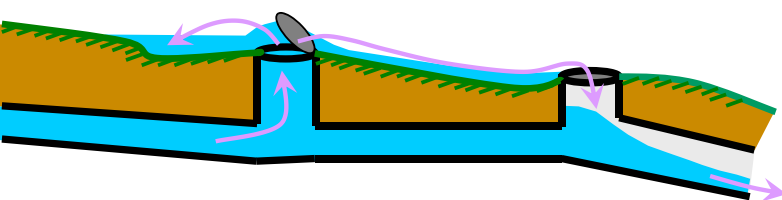
Overflatestrømningen kan enten modelleres forenklet som 1-dimensjonal overflatestrømning eller mer avansert som 2-dimensjonal overflatestrømning. Den 1-dimensjonale overflatebeskrivelsen gir en modell med lav beregningstid men krever at brukeren definerer flomvegene som vannet følger. Dette er ofte vanskelig og vannet strømmer ikke alltid der en i utgangspunktet antok. Særlig vil dette være tilfellet for urbane mindre oversvømmelser. En 2D- modell øker beregningstiden

8) Beregningsverktøy er gratis og kan lastes ned fra internett, <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>

9) DHI er en uavhengig internasjonal rådgiver og forskningsorganisasjon, tidligere dansk institutt for hydraulikk, <http://www.dhisoftware.com/Products/WaterResources/MIKE11.aspx>

vesentlig, men beregner hastigheten på overflaten, hvilket gir en mer korrekt overflatestrømning.

En 2D overflatemodell er i sin enkleste form en DEM (terrengmodell) og det er de hydrauliske lover som definerer hvor vannet kan renne. Tidsbruk for modellering (etablering av modellen) er i størrelsesorden 10 % av det man trenger for å sette opp en 1D modell. Samlet tidsforbruk for etablering av modell og simulering vil følgelig være mindre for 2D modell enn for 1D modell. I tillegg kommer usikkerheten knyttet til manuell identifisering av flomveger ved 1D modellering.



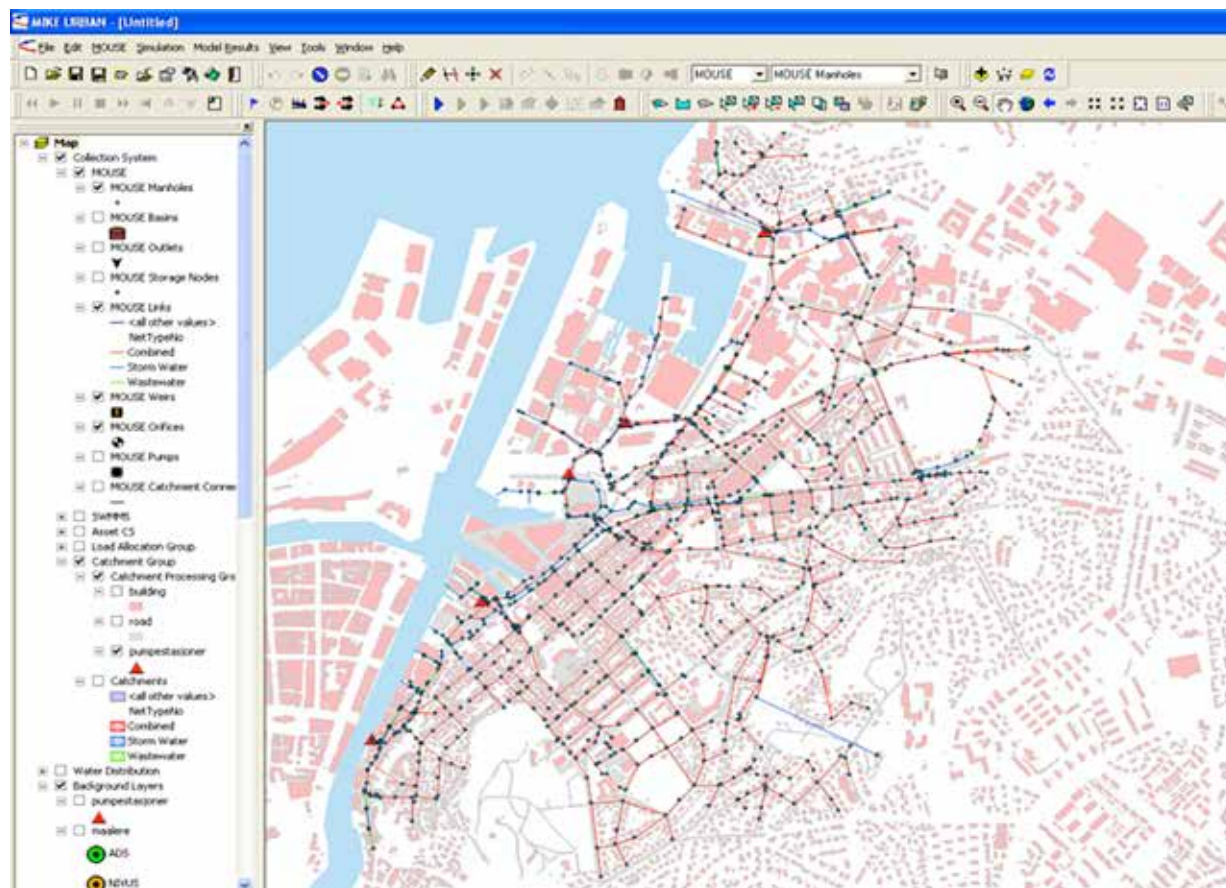
Figur 15. Illustrasjon av behovet for en koblet modell for rørstrømning og overflatestrømning (Figur fra EU prosjektet RisUrSim hentet fra Milina m.fl. (2003)).

Den mest nøyaktige analysemetoden vil være en metode hvor en kombinerer en 2D-modellering av strømmingen på terrenget (f.eks. Mike Flood/Mike 21) med en kalibrert hydrodynamisk modell av avløpsledningsnett (f.eks. Mike Urban/Mouse). En slik kombinert modell vil kreve en overflatemodell av terrenget som beskrevet for GIS-modellene i kapittel 2.4.

For noen kommuner og kanskje særlig i noen spesielle områder i disse kommunene, vil kompleksiteten av strømningsforholdene tilsi at en må inkludere ledningsnett når en analyserer flomvegene. Ved systematiske analyser av konsekvensene ved svikt i avløps- eller overvannsledningsnett (kollaps ledning, stengt inntak osv) bør en kombinert modell (ledningsnett + overflatemodell) velges.

Trondheim kommune har i et prosjekt (DHI, 2007) gjennomført en analyse av oversvømmelser i området Møllenberg ved å koble en ledningsnettmodell med en overflatemodell. Avløpsmodellen for ledningsnett som er vist i Figur 16 og Figur 17 viser den sammenkoblede modellen for området.

Figur 16. Eksempel på en etablert og kalibrert MIKE URBAN avløpsnettmodell for Møllenberg i Trondheim (DHI, 2007)





Figur 17. Sammenkobling av modell for 1-dimensjonal rørstrømning i ledningsnett (Mike Urban/Mouse) med MIKE 21 og MIKE Urban overflatemodeller

De oversvømte arealer for en nedbørhendelse med 50 års gjentakintervall er vist i Figur 18. Resultatene fra denne analysen er også vist sammen med resultatene for andre metoder i Figur 19.



Figur 18. Oversvømte arealer for en nedbørhendelse med 50 års gjentakintervall ved Møllenberg Trondheim simulert med en kombinert modell for overflatestrømning og rørmodell (Mike Urban og Mike Flood) (DHI, 2007)

2.6. Sammenligning av resultater fra ulike metoder – eksempel

Trondheim kommune

Figur 19 viser en sammenstilling av resultater fra ulike metoder for flomsonekartlegging i Trondheim.

- Resultatene fra GIS analysene (merket blått på kartet) viser bare dreneringslinjene og angir ikke flomutsatt areal og sier heller ikke noe om hvor ofte en kan forvente seg oversvømmelse i disse områdene.
- Resultatene fra den kombinerte modellen for strømning i ledningsnett og på terrengoverflaten (merket grønt på

kartet) angir utstrekning på oversvømt areal for et nedbørtifelle med et gitt gjentaksintervall (50 år).

- Resultatene fra en NVE-modell for beregning av aktsomhetskart for flom for hele Norge (Kristensen og Peereboom, 2008) (merket rosa på kartet) viser aktsomhetsområdene langs bekkene. Modellen er basert på en terrengmodell (25 x 25 m) for hele Norge og en hydrologisk analyse av de forventede vannstandshevnninger i et bestemt sted langs elveløpet. Aktsomhetsområdene er bare beregnet langs elver/bekker, dvs. normalt våte flomveger.



Figur 19. Sammenstilling av resultater fra ulike metoder for flomveger i Trondheim kommune (GIS metode- dreneringslinjer (blå), kombinert ledningsnett og overflatestrømning (grønn) og NVE sitt aktsomhetskart for flom (rosa)(Johannessen, 2013)

Hvordan velge metode?

Valg av metode for analyse av flomveger må vurderes for hvert enkelt tilfelle avhengig av målet med analysene, tilgjengelige data, tilgjengelige ressurser, risikotrakninger osv. Som illustrert i Figur 19 vil de ulike metodene ha ulike egenskaper. Kravene til inngangsdata og kompleksitet varierer også.

GIS-metoden vil vise dreneringslinjer for større områder og resultatene presenteres enkelt som streker. Metoden sier ikke noe om utstrekning på flomvegen, men vil egne seg godt til å vise områder hvor en må være aktsom overfor flomveger.

Den kombinerte modellen som tar hensyn til både ledningsnett og overflatestrømning anses som den

beste metoden, men krever etablering av avanserte modeller for strømning i ledningsnett og på overflaten. Disse modellene må kalibreres for at en skal kunne stole på resultatene. For tettbygde områder hvor dynamikken mellom strømning i ledningsnett og på overflaten er viktig, vil en kombinert modell gi de mest nøyaktige resultatene.

NVE sitt aktsomhetskart for flomveger i Norge er en forholdsvis grov modell som bare viser flomvegene for normalt vannfylte flomveger. Resultatene er tilgjengelig for hele Norge. De har sine begrensinger, men egner seg godt som navnet tilsier til å identifisere områder hvor en bør være aktsom.

2.7. Verifisering av resultatet av aktsomhetskart for flomveger

Uavhengig av hvordan man har kommet frem til et kart som viser de åpne flomvegene i kommunen, må kartene og flomvegene verifiseres før bruk. Følgende metoder/sjekkliste kan benyttes:

a) Følger flomvegene eksisterende elver og bekker?

Det foretas en visuell kontroll basert på kart.

b) Følger flomvegene historiske vassdrag/elveløp?

Historiske kart fra lokale historielag kan være en god kilde til informasjon om tidligere bekker og elver i et område som senere er bygget ut og bekken lukket. Slik informasjon gir ofte en pekepinn på hvor vannet vil flomme også i dag. Flomvegene kan også sammenstilles mot ledningskartet for avløpsnett (fellesystem + overvann) for å evaluere flomvegene. I flere byer/tettsteder har bekker/elver tidligere blitt lagt i rør. Dette gjelder både overvannsledninger (OV) og ledninger lagt som felles avløpssystem (AF).

Mange av stedene hvor overvannsproblemer gjentar seg, har det gått bekker og elver. Det er fortsatt i Tøyenbekken vannet samler seg når det regner, men nå er Tøyenbekken en gate på Grønland. Selv om bekken er borte, vil vannet samle seg som før.

Stein Moen, Plan- og temakartenheten, Oslo kommune

c) Stemmer flomvegene med offisielle nedbørfelt?

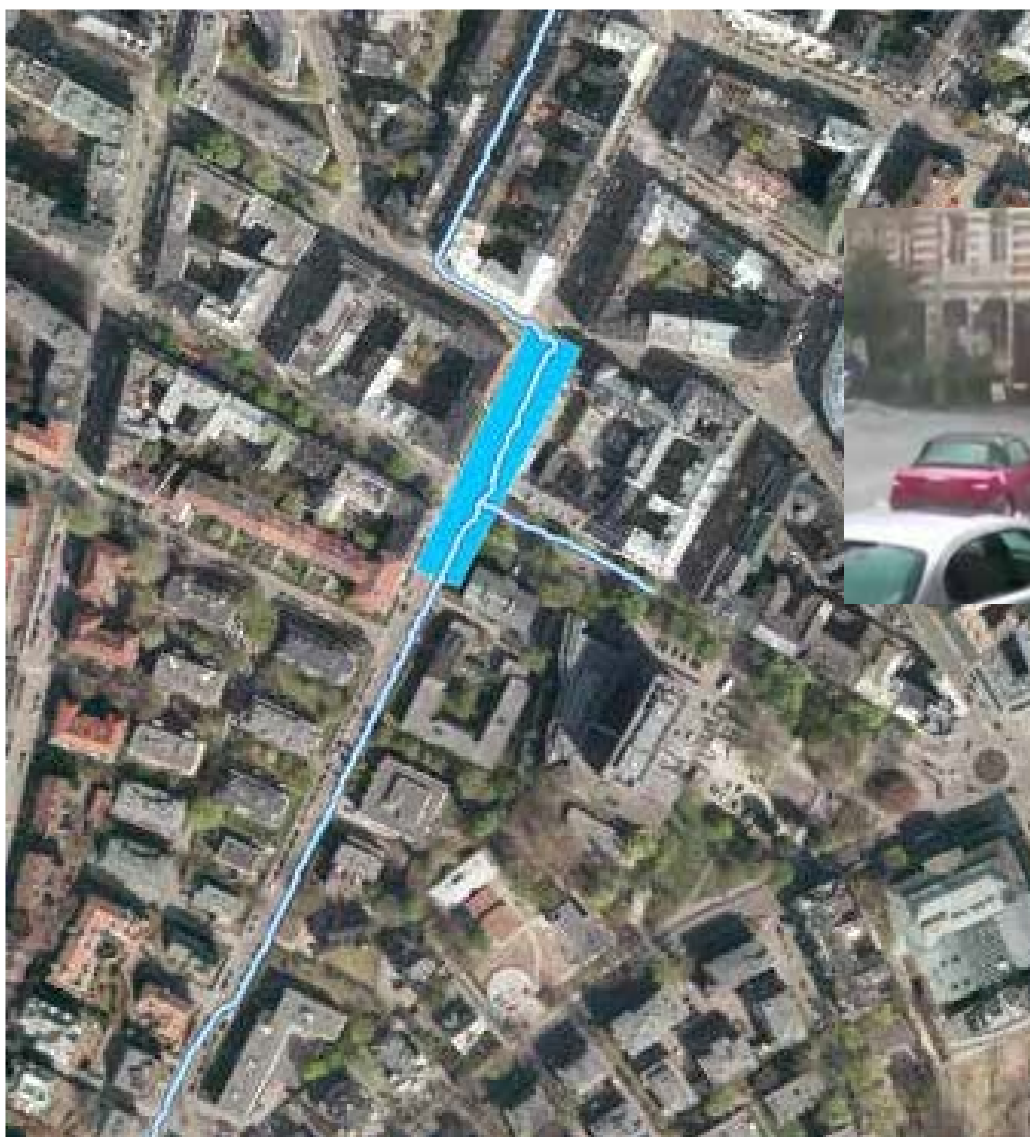
For eksempel kan beregnede flomveger sammenlignes mot NVEs REGINE database som viser nedbørfeltene til vassdragene i Norge¹⁰⁾.

d) Stemmer flomveger med registrerte hendelser/observasjoner? Mulige datakilder kan være aviser og andre medier. Internettzoek kan være en effektiv kilde til slik informasjon.



Figur 20. Historisk elv/bekk i forhold til beregnet flomveg (venstre bilde). Beregnet flomveg i forhold til dagens åpne elv (høyre bilde). Eksempler fra Oslo kommune.

¹⁰⁾ REGINE-data er tilgjengelig i NVE Atlas (<http://atlas.nve.no>)



Figur 21. Eksempel sammenstilling av aktsomhetskart for flomveg med historisk oversvømmelse i Oslo.

- e) **Stemmer flomvegene med hendelser registrert i kommunens kartverk/datakilder?** Mange kommuner i Norge registrerer driftshendelser i egne digitale systemer. Gemini Melding er et eksempel på et slikt system hvor også oversvømmelser kan være registrert. Se også punktet under.
- f) **Stemmer flomvegene med driftserfaringer?** Dette kan være driftserfaringer registrert for VA, veg, Statens Vegvesen eller Jernbaneverket. En kan kontakte driftsansvarlige i de ulike etater og diskutere historiske oversvømmelser og problemområder basert på kart. Arbeidsmøte hvor en diskuterer basert på kart er nyttig for å få i gang diskusjon.
- g) **Stemmer flomvegene med registreringer av forsikringsskader?** Forsikringsselskapene har oversikt over forsikringsskadedata som også viser skadetilfel-

ler knyttet til overvann og vann på avveier. Finans Norge har, delvis med støtte fra Fremtidens byer, etablert et forprosjekt hvor målet er å lage en database til offentlig bruk og forskning med et samlet, anonymisert datagrunnlag over klimarelaterte skader fra forsikringsselskapene og Naturskadepoolen. Som en del av forprosjektet vil en i forsøkskommunene få tilgang til forsikringsselskapenes skadestatistikk. Forprosjektet ferdigstilles i løpet av våren 2014. Det vil ofte være etterslep og ikke samsvar mellom forsikringsbransjens data og kommunenes egne registreringer. Flere kommuner registrerer bare hendelser hvor kommunen har erkjent ansvar for hendelsen.

- h) **Befaring under nedbørhendelser** for å verifisere om de beregnede flomvegene stemmer/ikke stemmer med observasjoner. Figur 22 viser hvordan en i Trond-



Figur 22. Verifisering av flomvegskart under et nedbørfelle (Trondheim kommune)

heim kommune har kjørt seg en tur under et kraftig nedbørfelle for å se hvordan flomvegskartet stemte med virkeligheten. Grønne symboler viser hvor kartet stemmer, mens røde symboler viser hvor kartet ikke stemmer. Basert på slike analyser kan en vurdere behovet for å forbedre kartet.

i) Stemmer resultatene med eventuelle målinger under flomperioder? For modeller som angir utbredelse av flomsoner vil en kalibrering av modellen med data under flomperioder være viktig å gjennomføre.

Hvis de beregnede flomvegene og eventuelt utstreknin-gen av disse ikke stemmer med virkeligheten/observa-

sjoner og en får store avvik mellom modellert og virkelige flomveger, vil det være behov for å forbedre modellen. Følgende alternativer er mulig:

- Datagrunnlaget er for dårlig og en må fremskaffe bedre data (f.eks. flere høydepunkter pr kvadratmeter, sammenstille med FKB data osv)
- Det er oppstått beregningsfeil under analysene og det må analyseres på nytt for å revidere kartet.
- Eventuelt bruk av en annen og mer avansert metode vurderes

2.8. Kartlegging av flomveger – praktiske eksempler

2.8.1. Mulige bruksområder for kart over flomveger

Når en har utarbeidet kart som viser flomvegene vil disse kartene kunne brukes i flere sammenhenger. I det følgende beskrives eksempler på mulig bruk.

a) Unngå problemer med oversvømmelser i dagens situasjon.

Aktsomhetskart eller andre tilsvarende temakart ved-rørende flomfare o.l. kan benyttes for vurdering av risiko/sårbarhet for eksisterende anlegg og bebyg-gelse (kritisk infrastruktur, vegar, bane, boliger/byg-ninger, konstruksjoner m.m.). Dette kan illustreres



Figur 23. Eksempel på flomveg ved Trolla i Trondheim. Flomveg for scenarioet «tett kulvert» er vist rundt bygning. Til høyre bilde fra flom i Trolla 22.09.04 hvor bekken rant gjennom bygningen.

ved flommen i Trolla (Trondheim) i år 2004 hvor store nedbørsmengder førte til at det kom en bekk tvers gjennom huset til den lokale MC-klubben (høyre del av Figur 23). Under bygningen går det en kulvert som leder Trollabekken til fjorden. Den beregnede flomvegen ved svikt av kulverten under bygningen er vist til venstre i figuren. Sammenstillingen viser at de automatisk beregnede flomvegene/dreneringslinjene stemmer godt med virkeligheten.

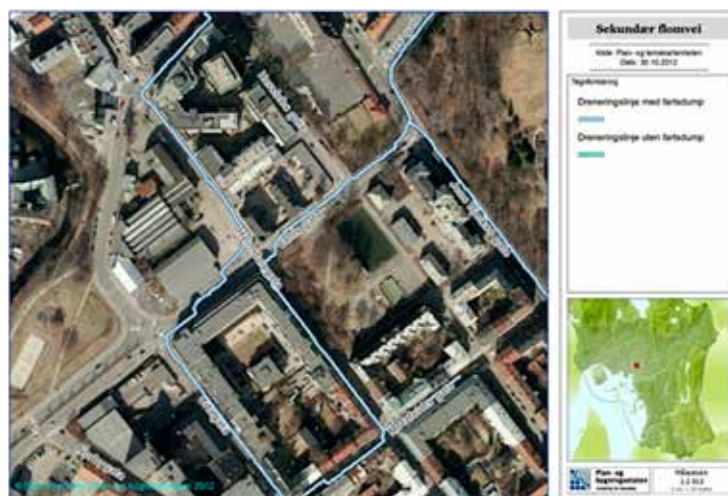


Figur 24. Kart over mulige sårbare/oversvømmelsesutsatte bygninger i Trondheim. Bygninger nærmere flomveg/dreneringslinje enn 5 meter er markert med turkis fargeomriss. (kart: Trondheim kommune)

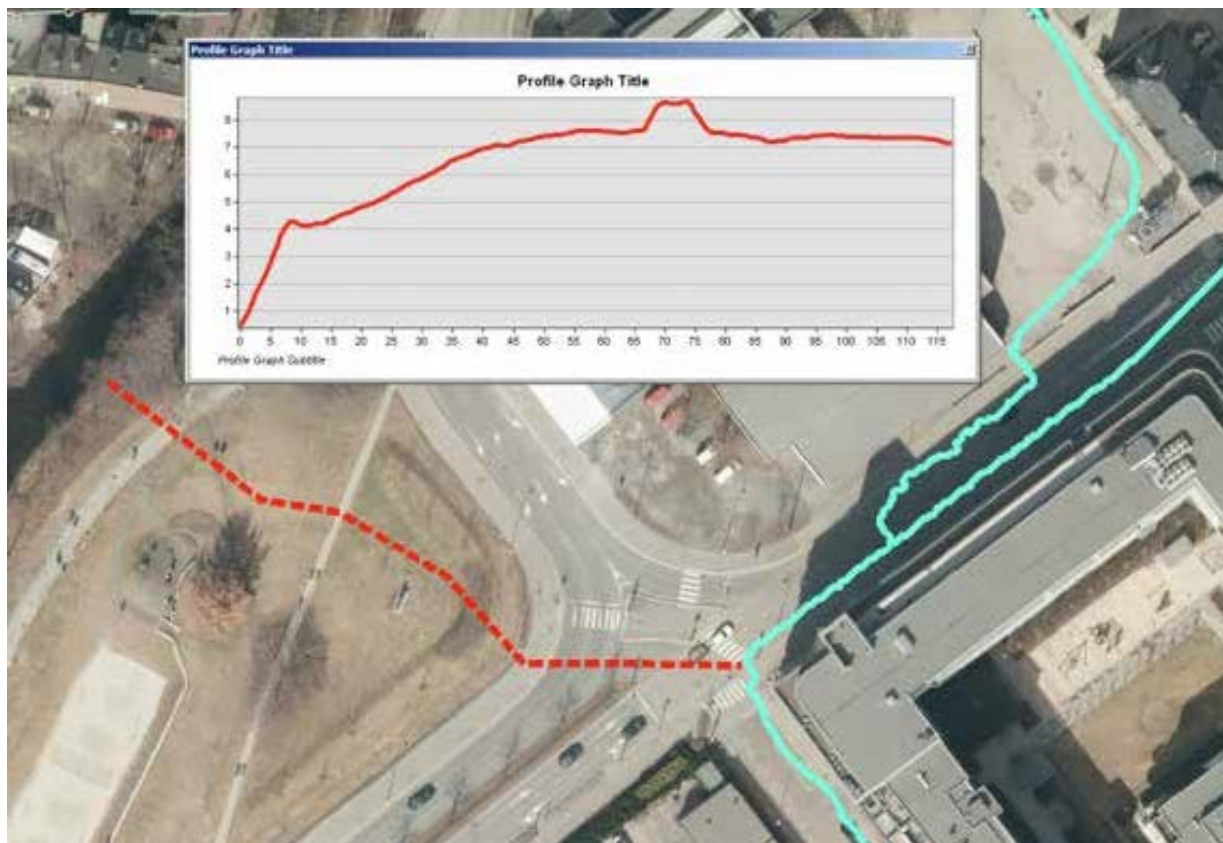


Figur 24 viser bygninger nærmere enn 5 meter fra en flomveg/dreneringslinje i Trondheim. Tilsvarende kart kan man utarbeide for annen type infrastruktur (veg, bane). På denne måten kan man foreta en grovsiling av de bygninger/infrastruktur hvor det eventuelt er behov for mer avanserte analyser av flomveger og eventuelle avbøtende tiltak.

b) Iverksetting av eventuelle avbøtende tiltak for å forbedre flomvegene/reducere konsekvensene. I Oslo har en for eksempel identifisert flomveger som ligger nært vassdrag, men hvor fartshumper hindrer at flomvann renner mot elva og i stedet leder vannet videre inn i byen (Figur 25). Tiltak som da kan vurderes er flytting av fartshump og legge til rette for å lede overvannet til nærmeste elv (Figur 26).



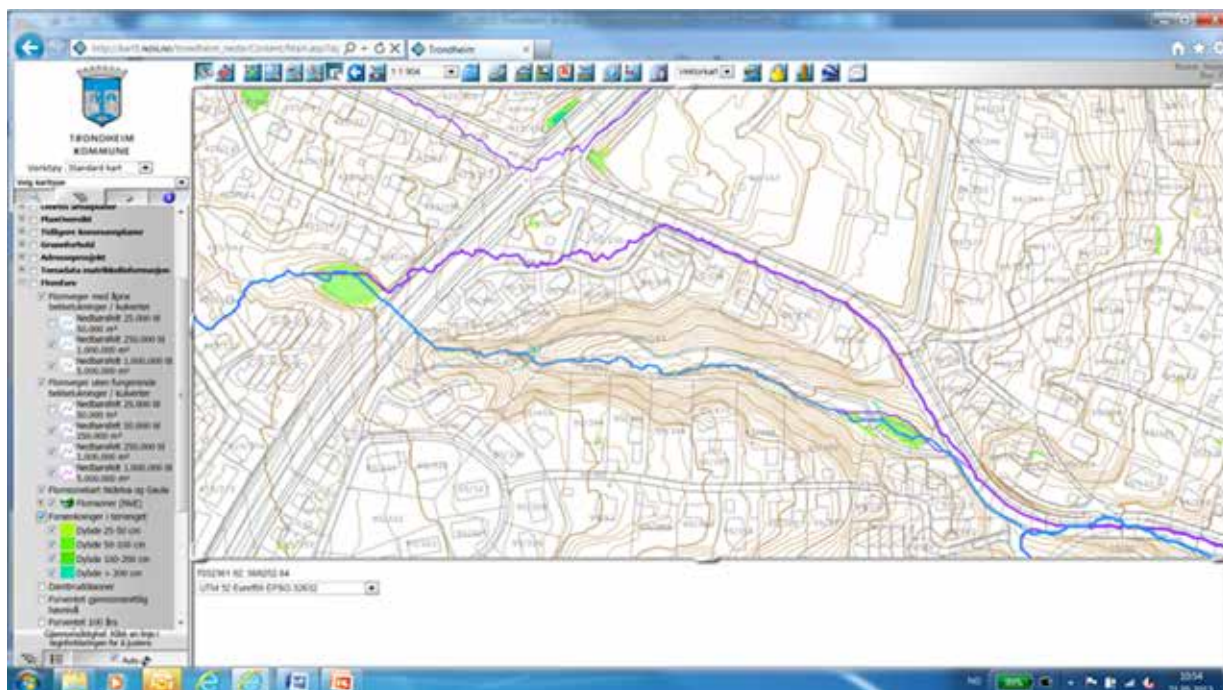
Figur 25. Flomveg i Oslo hvor en ved enkle tiltak kan lede vannet ut i nærmeste elv (mot venstre).



Figur 26. Valsgate i Oslo hvor fjerning av fartshump og avskjærende flomveg til Akerselva kan vurderes for å redusere oversvømmelsene lokalt

c) Identifisere de kritiske punktene i flomvegene hvor det er særlig viktig å gjennomføre drift og vedlikeholdsrutiner for å sikre at flomvegene virker, dvs ristgods, rensk osv. Figur 27 viser en bekkedal i Trondheim hvor både naturlig flomveg (lys blå strek)

og alternativ flomveg dersom kulverten under veien har sviktet (mørk blå strek). Grønne områder viser områder hvor det er forsenkninger i terrenget hvor det vil samles mye vann.



Figur 27. Naturlig flomveg (lys blå), alternativ flomveg ved svikt av kulvert som krysser veien (mørk blå strek).

Kilde: Trondheim kommune

d) Identifisering av innbyggere/infrastruktureiere i flomutsatte områder for automatisert varsling/alarm i forbindelse med hendelser. Vurdere behovet for varsling av beboere i flomutsatte områder i forbindelse med varsling av flom. En slik varsling kan også inkludere bygninger med gjentatte flomhendelser/historiske hendelser. Varslingsrutiner/meldinger kan utarbeides på forhånd i form av forhåndsdefinerte varsel i Gemini Varsling eller tilsvarende verktøy. Det er viktig å være klar over at de GIS-baserte dreneringslinjene ikke viser riktig utstrekning av områdene som er utsatt for oversvømmelse, og det kan følgelig være behov for mer detaljerte analyser for å fastsette utbredelse.

2.8.2. Erfaringer med bruk av flomberegninger og flom i reguleringsplaner i Porsgrunn

Porsgrunn kommune har kombinert lokal kunnskap med hydrologiske beregninger og enkle hydrauliske beregninger til å vurdere flomveger i Porsgrunn sentrum sør. Nedenfor er et utdrag fra analysen (Krogstad, 2013).

Området er flatt med en naturlig barriere mot elva noen steder. Terrenget stiger forholdsvis bratt sydover. Erfaringene fra de siste utbyggingene langs elvebredden, er at ny byg-

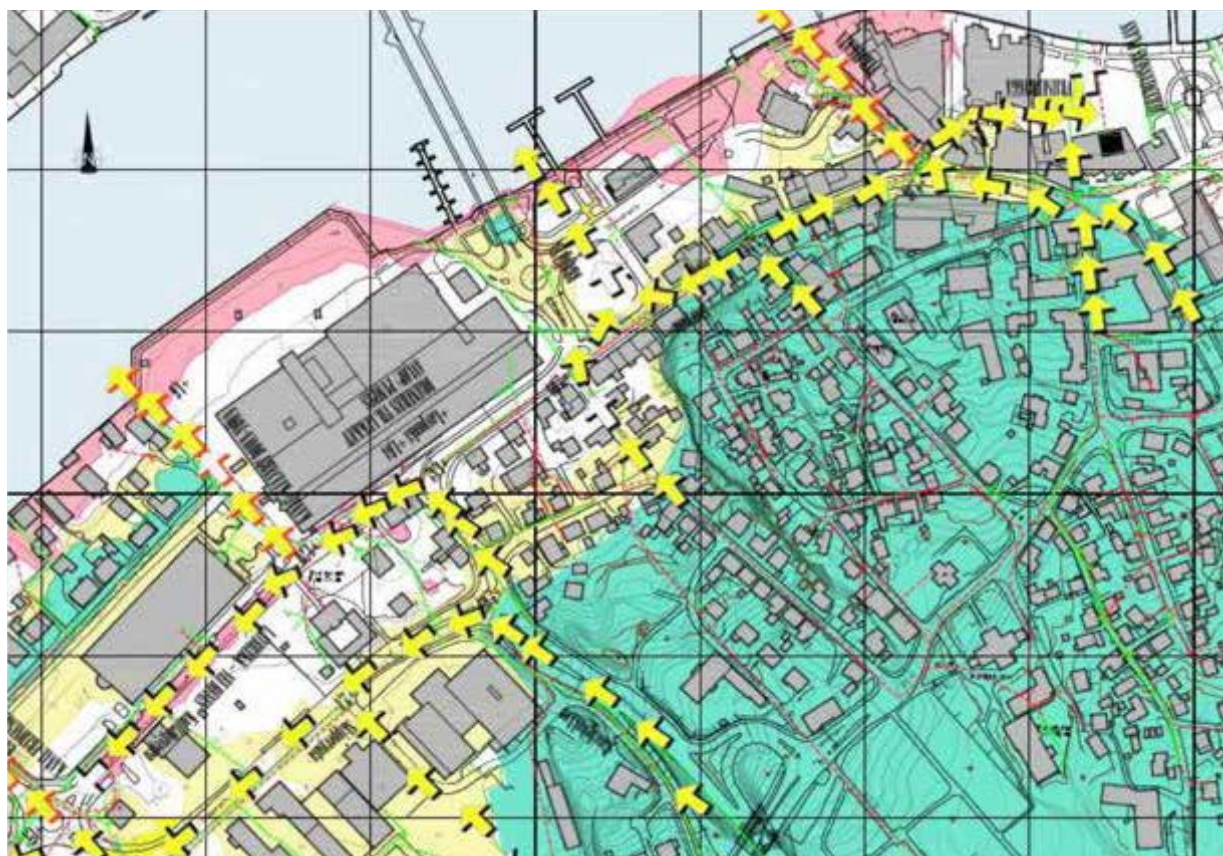
ningsmasse og infrastruktur bygges slik at det dannes en barriere som hindrer naturlig avrenning av overvann ut i elva.

Grunnlag brukt i beregningene:

- *Anbefalt byggehøyde: NVEs flomsonekartlegging (200-årsflom) og i tillegg hensyn til havheving, springflo og forventede klimaendringer.*
- *Dimensjonerende nedbør: ca. 10 min. varighet og 100-års gjentakintervall.*
- *Oppmåling av nøkkelpunkter i terrenget.*
- *Modellberegning av avrenningen til området (i forhold til nedbørfeltets egenskaper).*
- *Kapasitet til eksisterende overvannsledninger (inkludert pumpestasjoner).*

Resultatene:

- *Kapasiteten på eksisterende avløpssystem er ca. 1/3 av påregnelig nedbøravrenning ved ekstremvær.*
- *Det må etableres flomløp på terreng eller kanaler med kapasitet 2 – 4 m³/s i de ulike sonene med avløp til elv.*
- *Flom opptil 4 m³/s (stri bekk/elv) nederst i Frednesfeltet*
- *Beregnet vannivå i gatene opptil ca. 30 cm (dersom gatene blir bygget som kanaler og uten fordrøyning)*
- *Veier kan være ufarbare/vannstand over 50 cm i opptil 40 min*



Figur 28. Flomveger i analyseområdet (Figur: Porsgrunn kommune)



Figur 29. Eksempel fra Porsgrunn hvor en har laget et kunstig høybrekk og en betongmur inn mot et butikkssenter for å unngå at overflatevann ledes inn mot bygningen. (Foto: Porsgrunn kommune)

2.8.3. Kartlegging av primære og sekundære flomveger i Drammen

Kort beskrivelse av topografi og forhold:

- Bratte skråninger ned mot bebygde områder på flomsletter.
- Et fåtall tydelig definerte sidevassdrag som leder vannet.
- Alle bekkene har blitt lukket
- Mange eldre bekkeinntak med dårlig kapasitet, høyt potensial for tilstopping og dårlig tilgjengelighet for maskiner.

Drammen kommune har benyttet forskjellige metoder for å kartlegge flomvegene.

- Først ble alle innløpene til sidevassdragene i kommunen kartlagt (bekkeinntak), som vist i Figur 30. Alle bekkeinntakene ble befart og oppmålt (eller kontrollmålt) ved befaring. I samsvar med forholdene til kulvertene (innløp eller utløpskontroll) er kapasitet til hver enkelt kulvert vurdert.
- Deretter er det vurdert 50-, 100, og 1000-årsflom til hvert inntakspunkt ved bruk av den rasjonelle metode (for nedbørfelter $< 1 \text{ km}^2$) og flomfrekvensanalyse (for nedbørfelter $> 1 \text{ km}^2$).
- Ut fra lokale forhold (synlige elementer som kan tilstoppe innløpet), utforming av inntaksrist, kulvert-

Flomutsatte punkter

Punkt 10.	Hans Hansens vei 110A
Nedbørfelt:	0,36 km ²
Flomvannføring:	0,9 m ³ /s (Q_{1000}), 0,6 m ³ /s (Q_{100}) og 0,6 m ³ /s (Q_{50})
Kapasitet:	1,3 m ³ /s (lysåpning), 3,0 m ³ /s (sadelpunkt)
Type barriere:	Bekkeinntak med dobbel rist (Ø1000 mm)
Overdekning:	ca. 1,5 m.
Flomfare:	Tilstrekkelig hydraulisk kapasitet, noe fare for tilstopping.
ROS analyse:	Farlig Lite sannsynlig
Flomløp:	Vannet vil passere gjennom hagene til husnumrene 112, 110, 101 og 103 og ned mot Hotvetveien. Herfra er det mulig at vannet vil passere gjennom hagene til husene ved Henrik Ibsens gate før det når Rosenkrantzgata. Det er med andre ord en del hus som kan bli påført skade skulle bekkeinntaket gå fullt eller bli tilstoppet.
VA-trase:	Følger VA-trase.



Figur 30. Kartlegging av bekkeinntak for Sparavollbekken ved Hans Hansens vei (foto: Norconsult)

Nr	Bekke/Område	Adresse	Type	Nedbørfelt (km ²)	Q _{max} (m ³ /s)	Inntak (mm)	Kapasitet v/sadelpkt. (m ³ /s)	Konsekvens	Sannsynlighet
46	Kobbervikdalen (vest)	Hans Bergs vei 8	Bekkeinntak	1,5	2,7	HB=1500x1500	6	En viss fare	Lita sannsynlig
47	Kobbervikdalen (est)	E-18 v/Vestheim	Bekkeinntak	1,6	2,8	Ø1200	4,5	En viss fare	Noe sannsynlig
48	Kobbervikdalen (est)	Gamle Serlandske 199	Rør	0,81	1,4	Ø600	0,7	Ufarlig	Megalt sannsynlig
49	Kobbervikdalen (est)	Lindumsveien 5	Bekkeinntak	0,71	1,3	Ø800	1,9	Ufarlig	Lita sannsynlig
50	Stillerud	Gamle Serlandske 78	Rør under vei	0,51	0,9	Ø600	1,2	En viss fare	Megalt sannsynlig
51	Stillerud	Kornveien 10	Rør	0,51	0,9	Ø600	0,7	En viss fare	Megalt sannsynlig
52	Nordby	Gamle Kongevei 146	Bekkeinntak	0,09	0,2	Ø400	0,35	En viss fare	Noe sannsynlig
53	Nordby	Jens Grams vei 1A	Bekkeinntak	0,11	0,2	Ø400	0,35	En viss fare	Noe sannsynlig
54	Nordby	Fregatten 16	Bekkeinntak	0,28	0,5	Ø200	0,25	En viss fare	Megalt sannsynlig
55	Nordby	Fregatten 8	Bekkeinntak	0,28	0,5	Ø200	0,25	Ufarlig	Megalt sannsynlig
56	Nordby	Hauk Asbels vei 17	Bekkeinntak	0,19	0,3	Ø400	0,35	En viss fare	Noe sannsynlig
57	Nordby	Sveviksveien 188	Rør	1,5	2,7	Ø1000	3,4	Ufarlig	Noe sannsynlig

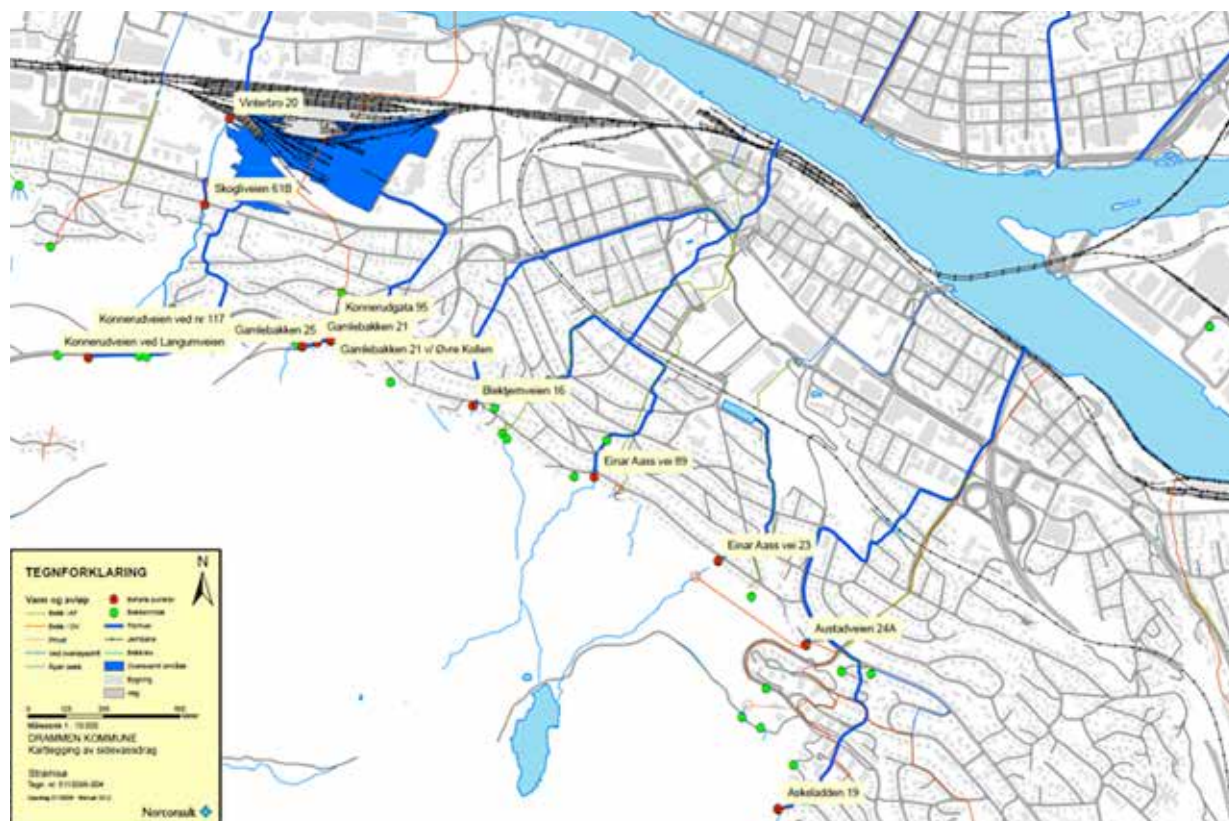
Figur 31. ROS analyse av flomforhold (kilde: Norconsult)

- kapasitet og forventet vannføring er det vurdert sannsynlighet for svikt i kulvertens funksjon.
- Ut fra terrengmodell er det vurdert sadelpunktet til hvert bekkeinntak. Sadelpunktet er høyden der vannet vil begynne å renne over (veien eller terrenget) og finne en «ny» vei.
 - Ut fra terrengmodell og befaring er den nye flomvegen identifisert, sammen med det oversvømte området oppstrøms bekkeinntaket. Den nye flomvegen kan finnes ut fra dreneringslinjer eller ved bruk av en GIS verktøy kalt «raindrop»¹¹⁾.

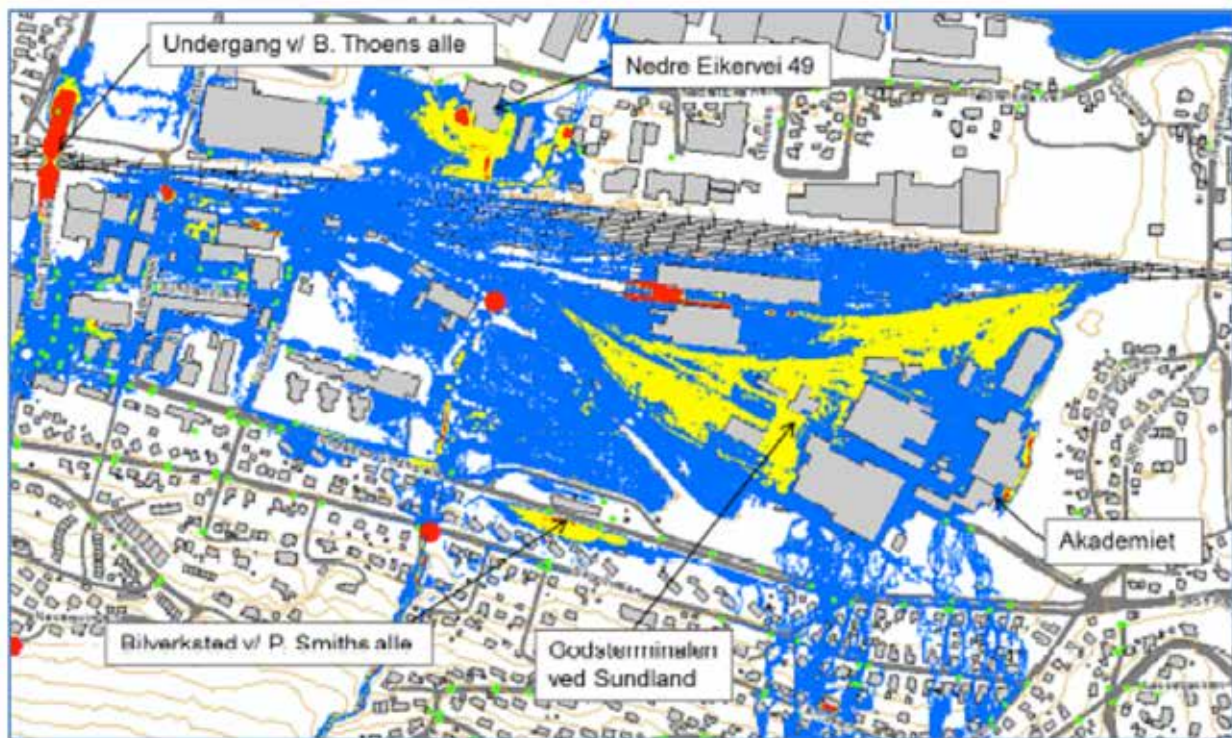
- Konsekvenser av en kulvert med sviktende funksjon vurderes ut fra det oversvømte området og den nye flomvegen. Kombinasjon av sannsynlighet og konsekvenser gir et bilde av hvor stor risiko en eventuell tilstopping eller sviktende funksjon av kulverten vil forårsake.
- Et utdrag av ROS analyse av flomforholdene er vist i Figur 31. Dette er et viktig verktøy som kan brukes for prioritering av tiltak både ved flom (rensing av inntakstrist) og for ombygging av inntakene om nødvendig.

Det er også utført en **2D analyse** med Mike 21 av to mindre områder som er kjent flomutsatt eller der nye bygninger skal bygges. Terrengmodellen ble laget ut fra

11) Raindrop tool vil vise veien en regndråpe vil følge på terrenget når den faller på det punktet som trykkes på kartet.



Figur 32. Kartlegging av flomveger i Drammen kommune (Norconsult)



Figur 33. De mest utsatte områdene for oversvømmelse i Sundland (kilde: Norconsult)

laserdata og FKB kartdata. Bygninger ble hevet i modellen. Avlastingsbidrag fra avløpsnett ble inkludert som sluk som tar inn en viss vannføring (xx l/s). Dette er en forenklet måte å inkludere avløpsnettet i analysen, men med denne metoden vil avløpsnettet ikke bidra med vann til overflate (som kan være viktig i de nederste deler av nettet)¹²⁾. Vannmengde ble tilført inn i

modellen som vannføring (flomforløp) i spesifikke punkter.

Viktige funn fra 2D analysen er:

- Det er ikke drenering mot elva nedstrøms et flomutsatt område. Viktig å undersøke lave punkter (sinks).
- Når man har en 2D modell, er det ikke vanskelig å gjøre endringer i terrenget for å evaluere hvilke tiltak som har størst effekt.

¹²⁾ En annen metode for å inkludere avløpsnettet på en forenklet måte er å si at avløpsnettet har kapasitet til å ta de første xx mm i xx timer.

2.9. Flytskjema for etablering og bruk av flomsonekart i urbane områder

Som en del av arbeidet med denne veiledningen har en utarbeidet et flytskjema for 1) etablering, 2) tilrettelegging og 3) bruk av kart over flomveger i bebygde områder. Flytskjemaet er vist i Vedlegg A: «Flytskjema for etablering og bruk flomsonekart i bebygde områder» og fokuserer på flomveger utarbeidet ved bruk av GIS, men er i utgangspunktet generisk. Til hvert enkelt steg i arbeidet er det angitt stikkordsmessig hvilke aktører som må snakke sammen og viktige aspekter under hvert punkt.

3. Planprosesser og plangrep knyttet til flomveger

3.1. Generelt om planlegging av flomveger

Håndtering av flommer og sikker bortledning av flomvann er en stor utfordring for mange kommuner. Det har de senere år vært et økende antall og omfang av flomhendelser, bekkeras, kjelleroversvømmelser, havnivåstigning, bølger m.m., og slike hendelser kan antas å øke i framtiden grunnet forventede klimaendringer med «villere og våtere» vær.

For å sikre at planer og tiltak ivaretar etablering av helhetlige, fremtidsrettede og robuste løsninger for håndtering og bortledning av flomvann, må det være et tverrfaglig samarbeid og koordinering internt i kommunen. God fagkompetanse må benyttes innenfor alle aktuelle fagområder. I all arealplanlegging må forhold knyttet til flom, avrenning og havnivåstigning vurderes, og arealbruk må tilpasses dette. For å få til gode helhetlige løsninger må slike vurderinger gjøres i tidlig planfase, da de ofte kan være premissgivende og vil kunne legge begrensninger for arealbruken i området.

Vegen mot en fremtidsrettet og bærekraftig overvannshåndtering må blant annet styres gjennom krav til utarbeidelse av gode planer, både på overordnet nivå og detaljnivå.

Håndtering av overvann og annet vann på avveier innenfor et større område involverer som regel flere aktører. Utfordringen er å ivareta en helhetlig planlegging, utforming og vedlikehold av anlegg på alle plan-, ansvars- og myndighetsnivå. Arbeidet må samordnes og ansvar fordeles mellom de ulike aktører (kommune/kommunale etater, byggherre/utbygger, konsulenter, entreprenører)

Vi refererer her til Norsk Vann rapport 192/2012 «Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer» (Sekse, 2012) der det fokuseres på behovet

for samordning mellom ulike planleggere og tverrfaglig og helhetlig planlegging.



Figur 34. Planprosesser planlegging av flomveger (Sekse, 2012)

Det vil i mange tilfeller være avgjørende å ha på plass en flomplan eller flomkartlegging før reguleringsarbeidet starter, slik at flomveger kan innarbeides i reguleringsplanen. Dette krever et nært og godt samarbeid mellom reguleringsarkitekt, utbygger, byplanlegger og kommunalteknikk, og det krever at relevant plangrunnlag med hensyn på flom er lett tilgjengelig og kjent av alle parter.

3.2. Kommunens ansvar

Kommunen har ansvar for å:

- Kartlegge og ta hensyn til flomfare i kommuneplaner og områdereguleringsplaner
- Påse at flomfare er tilstrekkelig utredet og tatt hensyn til i detaljreguleringsplaner og byggesaker
- Håndtering av overvann
- Ivareta lokal beredskap
- Sikring av fareutsatt bebyggelse

3.3. Lovgrunnlag og retningslinjer

Problemstillinger knyttet til overvannshåndtering reguleres av flere lover. Det viktigste lovverket for juridisk forankring av flomveger i kommunale planer er Plan- og bygningsloven (PBL), men også Vannforskriften, Naboloven m.m., må vurderes og hensyntas.

Plan- og bygningsloven pålegger kommunen å føre tilsyn med at plan- og bygningsloven følges. Det er kommunenes ansvar å vurdere overvannssituasjonen mhp. flom, erosjon, sikkerhet m.m. Slike vurderinger må inngå i arealplanarbeid. Kommuneplaner og reguleringsplaner må ivareta krav/bestemmelser i lovverket. I reguleringsplaner bør fareområder og flomutsatte områder merkes og ikke tillates bebygget uten spesielle tiltak. Også konsekvenser for områder som blir påvirket utenfor planområdet (for eks. nedstrøms en ny utbygging) må vurderes.

Av § 4-3 i pbl fremgår følgende:

Ved utarbeidelse av planer for utbygging skal planmyndigheten påse at risiko- og sårbarhetsanalyse gjennomføres for planområdet, eller selv foreta en slik analyse. Analysen skal vise alle risiko- og sårbarhetsforhold som har betydning for om arealet er egnet til utbyggingsformål, og eventuelle endringer i slike forhold som følge av planlagt utbygging. Områder med fare, risiko eller sårbarhet avmerkes i planen som hensynssone.

I plan- og bygningsloven § 27-2 Avløp, femte ledd heter det at:

Før oppføring av bygning blir satt i gang, skal avledning av grunn- og overvann være sikret. Tilsvarende gjelder ved vedlikehold av drenering for eksisterende byggverk.

Byggteknisk forskrift (TEK10) og veiledning til TEK10 omhandler blant annet sikkerhetskrav ved plassering av byggverk i flom- og skredfarlige områder og unntaksbestemmelse for flodbølge som skyldes fjellskred.

Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift) (TEK10)

§ 7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo

(1) Byggverk hvor konsekvensen av en flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område.

(2) For byggverk i flomutsatt område skal sikkerhetsklasse for flom fastsettes. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen nedenfor ikke overskrides. I de tilfeller hvor det er fare for liv fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.

§ 13-16 Overflatevann

Terreng rundt byggverk skal ha tilstrekkelig fall fra byggverket dersom ikke andre tiltak er utført for å lede bort overflatevann.

§ 15-10 Avløpsanlegg med ledningsnett

(1) Bortledning av overvann og drensvann skal skje slik at det ikke oppstår oversvømmelse eller andre ulemper ved dimensjonerende regnintensitet.

I veiledningen til TEK10 omtales flomveger:

Flomveger

Når tilrenningen er større en anleggets dimensjonering for sluk og overvannsledninger, eller der ledningssystemet tiltettes eller ødelegges, skal overskytende vannmengde søkes bortledet med minst mulig skade eller ulempe for miljø og omgivelser ved anlegg av flomveger.

Krav i TEK10 er således et godt eksempel på at kommunene må ha oversikt over flomproblematikk og ha utarbeidet et hensiktsmessig plangrunnlag (aktsomhetskart, flomsonekart, farekart) på dette området. En byggesaksbehandler kan da raskt vurdere om det er flomproblematikk, krav til flomveg m.m. knyttet til det aktuelle tiltaket/byggesaken.

Sivilbeskyttelsesloven pålegger kommunene grunnleggende ansvar for ivaretagelse av befolkningens sikkerhet og trygghet. Loven gir bestemmelser om kommunal beredskapsplikt med krav til gjennomføring av en helhetlig risiko- og sårbarhetsanalyse og utarbeidelse av beredskapsplan.

Vannforskriften legger rammene for forvaltningen av vann. Vannforskriften skal fremme en helhetlig vannforvaltning med utgangspunkt i den økologiske tilstanden i ferskvann og kystområder, og alle vannforekomster skal minst opprettholde eller oppnå «god tilstand» i tråd med nærmere angitte kriterier. For enkelte «sterkt modifiserte vannforekomster» kan ikke det generelle målet om god tilstand oppnås uten at det går betydelig ut over samfunnsnyten ved inngrepet. Vannforskriften vil kunne bl.a. kunne medvirke til gjenåpning av lukkede vannveier og ivaretagelse eller reetablering av blå-grønne landskap innenfor urbane områder, og således være delaktig i gode løsninger for flomveger.

NVEs retningslinjer

NVE har utarbeidet en rekke retningslinjer og/eller verktøy som kan være nyttige i forbindelse med vurdering av flomfare i tilknytning til arealplanlegging.

Arealplanlegging som tar hensyn til flom- og skredfare er det viktigste virkemidlet for å forebygge tap og skader fra disse naturfarene, i dagens og et fremtidig klima. Utbygging må i størst mulig grad styres utenom fareområder. Der dette ikke er praktisk mulig, må det fastsettes hensynssoner med bestemmelser som ivaretar sikkerheten i samsvar med sikkerhetskravene i

byggteknisk forskrift (TEK10). Det er kommunene som har ansvaret for at farene er kartlagt, vurdert og tatt tilstrekkelig hensyn til. **NVEs retningslinjer «Flaum- og skredfare i arealplanar»** (NVE 2011a) viser hvordan kommunene bør gå frem for å gjøre dette.

3.4. Kunnskapsgrunnlag

I en planprosess må ansvarlig planlegger sørge for at det blir innhentet og vurdert alt tilgjengelig plangrunnlag og informasjon/kunnskap knyttet til flomfare, flomveger, overvannshåndtering o.l. Saksbehandler i plansaken må få faglig bistand fra de fagansvarlige i kommunen til aktiv bruk av kunnskapsgrunnlaget. Det er særlig viktig for å identifisere nødvendig tiltak med bakgrunn i kunnskapsgrunnlaget.

Kunnskapsgrunnlaget kan være ulike typer kartframstillinger av flomkartlegging

- aktsomhetskart
- flomsonekart
- faresonekart
- risikokart

eller mer overordnet grunnlag i form av kommuneplan/kommunedelplaner

- kommunedelplan for avløp og vannmiljø
- grøntplan
- kommunens VA-norm/overvannsnorm,
- osv.

Disse plangrunnlagene kan ha ulikt detaljeringsnivå. Dersom overordnede flomsonekart angir flomrisiko innenfor et planområde, kan det ift. planprosessen være aktuelt å utarbeide mer detaljert flomkartlegging og flomvurderinger.

Ulike typer plangrunnlag vil være aktuelle på ulike plannivå. For eksempel vil en byggesak kunne kreve mer detaljert aktsomhetskart/flomvegkart enn en områdereguleringsplan.

Fagansvarlig i kommunen skal bistå saksbehandler i plansaken aktivt i å identifisere nødvendig tiltak med bakgrunn i kunnskapsgrunnlaget.

3.5. Planlegging etter PBL

3.5.1. Kommunal planstrategi

Kommunal planstrategi (§ 10-1 PBL) er et verktøy for politiske prioriteringer av planoppgaver og skal utarbeides av kommunestyret det første året i valgperioden. Den omhandler strategiske valg knyttet til utvikling av kommunen og behov for planer fremover. Dette gjelder langsiktig arealbruk, sektorenes virksomhet og en vurdering av kommunens planbehov i valgperioden. Kommunal planstrategi utarbeides enten før kommunedelplanen eller slås sammen med denne, og vil da være en del av oppstart av arbeidet med kommuneplanen. Senest ett år etter at det nye kommunestyret er konstituert må planstrategi være vedtatt.

Kommunal planstrategi er også en viktig arena for å drøfte og avklare behov for interkommunal planlegging som vil kunne være viktig i forhold til tiltak langs vassdrag.

Planstrategien er retningsgivende for kommunens planlegging uten at det har direkte rettsvirkning for kommunens innbyggere. Forslag til vedtak av kommunal planstrategi gjøres offentlig i minst 30 dager før kommunestyrets behandling.

Planstrategien kan peke ut særskilte tema og satsningsområder.

Fagansvarlig i kommunen bør vurdere om det er spesielle planbehov knyttet til flom og fare i den neste 4 års perioden som innspill i arbeidet med kommunal planstrategi. Fagansvarlig i kommunen bør gjøre seg kjent med forslag til kommunal planstrategi for å vurdere evt. konsekvenser for planbehov i forhold til fare for flom og sikring av flomveger.

3.5.2. Medvirkning

Enhver som fremmer planforslag skal legge til rette for medvirkning (§ 5-1 PBL). Kommunen skal påse at dette er oppfylt i planprosesser som utføres av andre offentlige organer eller private.

Minstekrav til en medvirkningsprosess er varsling om planoppstart og høring av planprogram, samt offentlig ettersyn. Kommunen skal vurdere om det er hensiktsmessig med bredere medvirkning som for eksempel folkemøter eller verksteder, noe som ofte benyttes i større kommuner og/eller ved større planoppgaver.

Medvirkningsprosesser skal åpne for deltagelse av befolkningen i planprosess og gi reell påvirkningsmulighet. Målet er også å forankre planforslaget hos de berørte og bidra til at beslutningsgrunnlaget blir best mulig. Et viktig aspekt i slike prosesser kan også være å øke kunnskap hos de berørte og i befolkningen generelt. Ulike typer medvirkningsprosesser tilpasset planoppgaver kan derfor brukes som verktøy for å øke bevisstheten om flomproblematikken hos befolkningen.

Fagansvarlig i kommunen bør vurdere om det er hensiktsmessig å engasjere seg aktivt i medvirkningsprosesser blant annet med målet om å øke kunnskap og bevisstheten vedrørende flom hos befolkningen.

3.5.3. Kommuneplan

Alle kommuner skal ha en arealplan for hele kommunen (kommuneplanens arealdel). Det kan også utarbeides arealplaner for deler av kommunen. Kommuneplanen består av kart og bestemmelser med tilhørende planbeskrivelse.

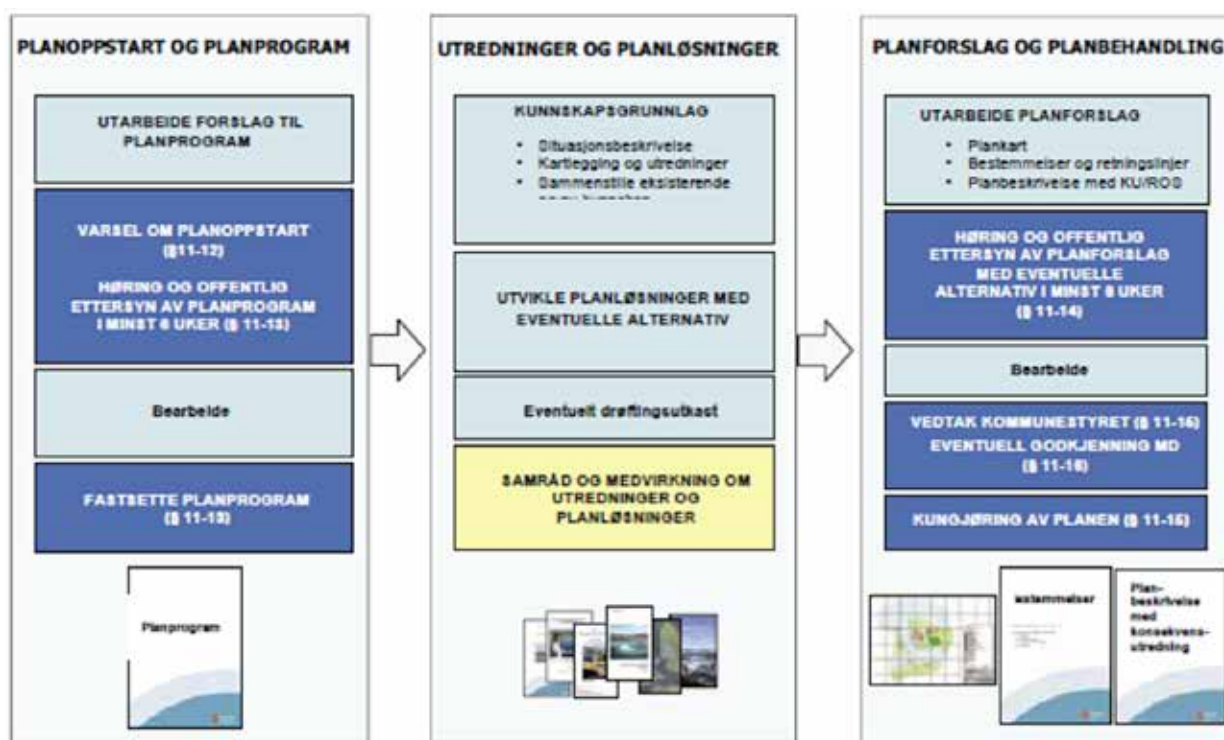
Kommuneplanens arealdel skal angi hovedtrekkene i arealdisponeringen og rammer og betingelser for hvilke nye tiltak og ny arealbruk som kan settes i verk, samt hvilke viktige hensyn som må ivaretas ved disponeringen av arealene. Som kunnskapsgrunnlag bør potensiell flomfare være identifisert, beskrevet og vurdert. Det kan være behov for mer omfattende og presis utredning og dokumentasjon av farene allerede på kommuneplannivå, dersom fare har betydning for gjennomførbarheten av planen.

Konkret betyr det at arealbruk i områder som er viktig til håndtering av flom må avklares, samt hvilke hensyn som må tas ved eventuell utbygging. Spesielt fokus på dette plannivå har aktsomhets- og fareområder som kan avmerkes som hensynssoner på plankartet og tilknyttes bestemmelser (pbl §11-8). Hensynssoner og bestemmelser kan forby eller sette vilkår for tiltak og/eller virksomheter som vilkår for regulering, vilkår om

gjennomføring av sikkerhetstiltak før utbygging (rekkefølgebestemmelser) eller vilkår om bygg som skal tåle flom. Det kan også gis generelle bestemmelser for eksempel om hensyn til havstigning eller overvannshåndtering.

Arealplankartet med tilhørende bestemmelser og/eller retningslinjer skal ivareta tilstrekkelig sikkerhet på oversiktsplannivå i kommunen.

Planprosess



Figur 35. Oversikt over den samlede planprosessen for kommuneplan fra (Miljøverndepartementet, 2012)

Planprogram

Planprogram er et program for gjennomføring av kommuneplanarbeid med hensyn til innhold og prosess. Det gjøres rede for hvilke hovedspørsmål/satsningsområder planarbeidet tar opp. Utredninger av virkninger for miljø og samfunn skal vurderes. Forslag til planprogram sendes på høring og legges ut til offentlig ettersyn i minst 6 uker.

I forbindelse med høringen og offentlig ettersyn av planprogrammet må fagansvarlig i kommunen sette seg inn i planoppgaven og gi relevante innspill til planarbeidet og planprogram.

Planforslag 1.gangsbehandling- offentlig ettersyn

Planoppgaver er ofte komplekse. Gjennom planprosessen må det avveies mellom ulike samfunnsmessige interesser i planen. I planbeskrivelsen redegjøres det for konsekvenser av planforslag i henholdt til planprogram.

Fagansvarlig i kommunen skal gjennomgå planforslaget for å sikre at hensyn til flom og flomveger er ivaretatt i plandokumentene og gi relevante innspill.

Planforslag 2.gangsbehandling og vedtak

Endelig plan vedtas av kommunestyret.

Fagansvarlig i kommunen må sette seg inn i vedtaket og den endelige planen og vurdere om planen kan få konsekvenser for håndtering av flom

Bestemmelser og retningslinjer

Det kan både knyttes rettslig bindende bestemmelser til planen og veiledende retningslinjer.

Juridisk bindende bestemmelser må ha hjemmel i loven og skal være konkrete og entydige, være tilpasset detaljeringsnivået i planen og ha klare målsettinger. De kan være knyttet til arealformål, krav til hensyn eller krav til vurdering. Generelle bestemmelser kan vedtas uavhengig av arealformål (pbl §11-9). Bestemmelser til hensynssoner skal ivareta hensynet sonen viser. Ulike typer hensynssoner er uttømmende angitt i pbl § 11-8 Hensynssoner. Adgang til å gi bestemmelser knyttet til arealformål er uttømmende angitt i pbl § 11-10 og 11-11.

Det kan også knyttes veiledende retningslinjer til planen (til arealbruk, hensynssone og bestemmelsessone). Slike retningslinjer klargjør hvordan det faktiske og

rettslige planinnhold er å forstå og hvordan planbestemmelsene kan påregnes praktisert. Retningslinjer er ikke juridisk bindende, de har veiledende og informativ karakter, men kan gi føringer for planfaglige vurderinger av de enkelte arealformålene, hensynssonene og bestemmelsene.

Eksempler på bestemmelser og retningslinjer fra et utvalg norske kommuner

I det følgende gis en del eksempler på utforming av bestemmelser og retningslinjer fra en del norske kommuner. Det er valgt ikke å ha digital referanse til hver enkelt plan, siden planbestemmelsene vil kunne endre seg.

Eksempler på generelle bestemmelser

Ordlyd Bærum kommune:

Naturskader

Ny bebyggelse skal sikres mot skade for ras og flom. I forbindelse med arealplanlegging og søknad om tiltak innenfor områdene som omfattes av Temakart flomsoner og Temakart skredfare, skal det redegjøres for nødvendige sikringstiltak.

Flom og stormflo

All utbygging i nærheten av vassdrag skal ha en sikkerhetszone mot en flom med 200-årsgjentakintervall tillagt en sikkerhetsmargin på 0,5 m.

All utbygging langs sjøen og nedre del av vassdragene skal ha en sikkerhet mot stormflo opp til minimum 2,5 m over alminnelig høyvannstand.

Ordlyd fra Trondheim kommune:

Flomveger

Naturlige flomveger skal kartlegges og i størst mulig grad bevares. Der det er behov skal det avsettes areal for nye flomveger.

Bygninger og anlegg ved flomveger skal utformes slik at tilstrekkelig sikkerhet oppnås. Dersom reguleringsplaner eller tiltak etter plan- og bygningsloven § 20-1 berører områder for flomveger kartlagt i aktsomhetskart for flomveger, berører en flomveg som ikke er kartlagt, eller vil skape nye flomveger som følge av planlagt utbygging, skal konsekvenser kartlegges. Plassering av bygninger og anlegg skal sikre at flomveger ivaretas og at tilstrekkelig sikkerhet oppnås. Vurdering av konsekvenser og behov for risikoreduserende tiltak utredes etter NVE's «Retningslinjer for Flaum- og skredfare i arealplanar» og aktsomhetskart for flomveger i Trondheim kommunes kartløsning.

Eksempler på bestemmelser hensynssone

Hensynssone a) Sikrings-, støy- og faresoner med angivelse av fareårsak eller miljørisiko er et viktig verktøy for å forebygge flomulykker. Det kan gis bestemmelser med krav eller forbud for å ivareta sikkerhet og for å avverge fare. Det kan sikres arealer mot bruk og former for tiltak som ikke kan godtas ut fra en risikovurdering.

Ordlyd Asker kommune:

Hensynssone – flomfare (pbl § 11- 8, bokstav a)

I forbindelse med reguleringsarbeid og eller utbygging innenfor hensynssone flom skal det gjennomføres kartlegging og vurdering av flomfare. Alle tiltak innenfor hensynssonen skal ha en sikkerhetszone mot flom på 200 – års gjentakintervall, pluss en sikkerhetsfaktor på 0,5 meter.

Ordlyd Fredrikstad kommune:

Kommunedelplan for Fredrikstad byområde:

Hensynssone – flomfare (pbl § 11- 8, bokstav a)
Innenfor hensynssone H320-1 er det krav om at bygg-/anlegg/installasjoner må dimensjoneres som vannsikre opp til kotehøyde +2.5 meter.

Hensynssone d) Infrastruktursoner - rekkefølgekrav

Hensynssone (pbl § 11-8, bokstav b):

Innenfor hensynssonen H410_4 (Holmegata/Veumbekken) tillates det ikke arbeid og tiltak som kan være til hinder for fremtidig åpning av Veumbekken, eller medfører økte kostnader for en fremtidig åpning av bekken.

Ordlyd Sandnes kommune:

Hensynssone – flomfare (pbl § 11- 8, bokstav a)

I hensynssone for flomfare tillates ikke etablering av bebyggelse langs vann og vassdrag lavere enn nivået for 200-års flom, med mindre det utføres tiltak som sikrer ny bebyggelse mot flom. Særskilt sårbare samfunnsfunksjoner skal være sikret mot flom med gjentakintervall 1/1000. For flomutsatte byggeområder må sikkerhet mot flom dokumenteres. Utredning av flomfare må gjøres av en fagkyndig. Dersom det er behov for sikringstiltak og/eller risikoreduserende tiltak i beredskapsmessig sammenheng, skal dette være etablert før byggingen kan igangsettes.

Det kan også angis egne bestemmelsesområder i arealplan. Bestemmelsesområde er fastsettelse av virkeområde for angitte bestemmelser som avviker fra grenser som følger direkte av arealformål og hensynssoner i planen.

Ordlyd Trondheim kommune

Bestemmelsesområde havnivåstigning

Bestemmelse:

Reguleringsplaner og tiltak etter plan- og bygningsloven § 20-1 som berører bestemmelsesområde havnivåstigning skal planlegges og utformes slik at tilstrekkelig sikkerhet oppnås. Behov for risikoreduserende tiltak skal alltid vurderes.

Eksempler på retningslinjer:

Ordlyd Oslo kommune:

Overvannshåndtering bør planlegges som et bruks- og opplevelseselement i utearealer.

Oslo kommunes veiledning for overvannshåndtering er retningsgivende for overvannshåndteringen.

Naturlige flomveger fremkommer på kommunens kart over urbane dreneringslinjer.

Ordlyd Stavanger kommune:

- *All bebyggelse som har gulv lavere enn + 3.0 meter over havet må vurderes med hensyn til flomfare.*
- *Det skal settes av tilstrekkelig areal til håndtering og fordøyning av overvann ved ekstremnedbør.*
- *System for håndtering av overvann ved overskridelse av kapasitetsgrensen for avløpssystemet (flomveger) skal utredes.*

Ordlyd Fredrikstad kommune:

Ved all ny utbygging skal åpne løsninger så vidt mulig benyttes og den tredelte strategien i overvannsrammeplanen følges:

- *Fange opp og infiltrere inntil 20 mm nedbør (pr døgn på bar, frostfri mark)*
- *Forsinke og fordrøye opp til 1-års flom lokalt.*
- *Sikre trygge og åpne flomveger opp til 100-årsflom. Nye tiltak må ikke hindre vannets flomveger. Konstruksjoner som hindrer flomvegene skal vurderes fjernet.*

Ordlyd Trondheim kommune:

For reguleringsplaner som berører bestemmelsesområde for havnivåstigning skal det gjennomføres ROS-analyse. Vurderinger av havnivåstigning, stormflo og bølgepåvirkning skal utføres etter «Håndtering av havnivåstigning i kommunal planlegging» og ved bruk av hensynssone for havnivåstigning, stormflo og bølgepåvirkning vist i kommunens forvaltningsbase.

3.5.4. Reguleringsplan

En reguleringsplan er et detaljert plankart med planbestemmelser og planbeskrivelse. Detaljeringsgrad kan variere, avhengig av formålet med planen og om det skal legges opp til videre detaljering for deler av planen når utbyggingstidspunkt nærmer seg. Loven deler regule-

ringsplan i to kategorier – områderegulering og detaljregulering.

Områderegulering er en kommunal oppgave for mer detaljerte områdevis avklaringer for arealbruken enn i kommuneplan. I mange tilfeller der områdereguleringen er et ledd i klargjøring av områder for utbygging, vil større private aktører være aktive pådrivere for å få utarbeidet områderegulering. For enkelte deler av planområdet kan områdereguleringen få et detaljeringsnivå som gjør at en kan gå rett på rammesøknad når områdereguleringen er godkjent.

Detaljregulering brukes for å følge opp kommuneplanens arealdel og eventuelt etter krav fastsatt i en vedtatt områderegulering. Private, tiltakshavere, organisasjoner og andre myndigheter har rett til å fremme forslag til detaljregulering.

Reguleringsplaner med vesentlige virkninger for miljø og samfunn eller vesentlige avvik fra overordnet plan omfattes av forskriften om konsekvensutredninger. For slike planer er det krav til planprogram. Konsekvensutredning gjennomføres som en integrert del av planarbeidet.

Graden av detaljering er ikke fastlagt i loven. Det er betydelig fleksibilitet i forhold til de mange forskjellige situasjoner som ligger til grunn for igangsetting av reguleringsarbeid.

Utredning av flomveger bør avklare konkrete konsekvenser for den fysiske utformingen i området. Utredning av flomfare skal avklare om det er reell flomfare i områder hvor det planlegges utbygging, og hvordan en skal ta hensyn til fareutsatt areal i planen. Det skal også identifiseres farer/hendelser som kan få konsekvenser utenfor planområdet som for eksempel oversvømmelser nedstrøms.

Siden forslag til detaljreguleringsplaner ofte utarbeides av private utbyggere er det viktig at kommunen kommuniserer eventuelle opplysninger om fare for flom til forslagsstilleren så tidlig som mulig i planprosessen. Dette gjelder spesielt dersom opplysninger om fareområder eller annen viktig informasjon i forhold til flomveger er kommet fram etter at kommuneplanen er utarbeidet.

Forslagsstilleren har uansett en selvstendig undersøkelsesplikt i tidlig planfase for å få dokumentert om området kan bebygges, eventuelt på hvilke vilkår. Forslagsstilleren skal legge dette fram som en del av saksframstillingen når forslaget sendes til kommunen. Saken skal være tilfredsstillende opplyst, helst før høring.

Informasjon om fareområder kan komme fram i forbindelse med offentlig ettersyn.

Reguleringsplanforslaget er da gått over fra å være privat til offentlig, og kommunen blir ansvarlig for nødvendige undersøkelser for å avklare reell fare og for utredning av eventuelle nødvendige risikoreduserende tiltak som vil gi tilfredsstillende sikkerhet.

Forhold rundt flom og flomveger bør være dokumentert i planbeskrivelsen. Hvis det er aktuelt bør den fysiske utforming av flomveger beskrives og sikres gjennom bestemmelser. Reell fare bør være identifisert, beskrevet og vurdert. Dette gjelder også farer som oppstår utenfor planområdet. Fareområdene bør være markert i plankartet med tilhørende bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet. Videre bør eventuelle risikoreduserende tiltak som er nødvendige for å oppnå tilfredsstillende sikkerhet være utredet og sikret gjennom bestemmelser.

Oppstart av planarbeid/Planprogram

Reguleringsplaner med vesentlige virkninger for miljø og samfunn eller vesentlige avvik fra overordnet plan, omfattes av forskriften om konsekvensutredninger. For slike planer er det krav til planprogram.

I forbindelse med varsling om oppstart av planarbeid (eller høringen og offentlig ettersyn av planprogrammet) skal saksbehandler for plansaken gjøre oppmerksom på at det er identifisert flomfare i området eller andre særlige interesser i forhold til håndtering av flom. Ved høring av planprogram må fagansvarlig i kommunen sette seg inn i planoppgaven og gi relevante innspill til planarbeidet og planprogram.

Planforslag 1.gangsbehandling- offentlig ettersyn

Planoppgaver er ofte komplekse. Gjennom planprosessen må det avveies mellom ulike samfunnsmessige interesser i planen. I planbeskrivelsen redegjøres det for konsekvenser av planforslag i henholdt til planprogram.

Fagansvarlig i kommunen skal gjennomgå planforslaget for å sikre at hensyn til flom og flomveger er ivarettet i plandokumentene og gi relevante innspill.

Planforslag 2.gangsbehandling og vedtak

Endelig plan vedtas av kommunestyret.

Fagansvarlig i kommunen må sette seg inn i vedtaket og den endelige planen og vurdere om planen kan få konsekvenser for håndtering av flom.

Eksempler på reguleringsbestemmelser

Plan- og bygningslovens § 12-7 gir hjemmel til å fastsette reguleringsbestemmelser og gir en ramme for hva det kan gis bestemmelser om i reguleringsplanen. Oppregning av hvilke forhold de kan inneholde er uttømmende. Reguleringsformål som er omtalt i bestemmelsene må vises på kart. Bestemmelsene kan være målrettede i forhold til det de skal legge til rette for eller sikre/forhindre, men ikke forklarende. Teksten må være så konkret at man unngår tolkningstvil.

Hensynssone

De hensyn og restriksjoner som er fastsatt gjennom hensynssoner til kommuneplanens arealdel, jf. §§ 11-8 og 11-10, skal legges til grunn for utarbeiding av reguleringsplan. Hensynssoner kan videreføres i reguleringsplan eller innarbeides i arealformål og bestemmelser som ivaretar formålet med hensynssonen. De to mest aktuelle typer hensynssoner i reguleringsplaner i forhold til flomveger er:

- Sikrings- og faresoner som angir områder hvor det er nødvendig med restriksjoner av hensyn til fare. Ved detaljering kan utstrekningen til fareområder avgrenses i forhold til hensynssonen. (§ 11-8 a)
- Gjennomføringssone er en sone med krav om felles planlegging for flere eiendommer og kun aktuelt i områdereguleringer. (§ 11-8 e)

Eksempel på fareområde

Ordlyd i reguleringsplan i Porsgrunn kommune:

Fareområder

Flom

200-årsflommen skal legges til grunn ved etablering av nye bygninger og spesielt viktig infrastruktur. Bygningskonstruksjoner, tekniske installasjoner etc som ikke tåler fuktighet skal ikke ligge lavere enn kote + 2,5 m. Ombygging av eksisterende bebyggelse bør skje slik at en ikke øker skadepotensialet. Garasjeanlegg og adkomstvei tillates etablert under flomsonenivå under følgende forutsetninger:

- Konstruksjoner må dimensjoneres for å tåle belastninger ved flom
- Det må etableres en innkjøringsterskel
- Elektrisk anlegg må etableres i taket
- Det må installeres egen pumpe for utpumping av flomvann
- Det må utarbeides en egen plan for evakuering.

Det er to viktige løp for flomveger som må ivaretas innenfor planområdet:

- Franklintorget
- Skippergata sørover mot Sundjordkanalen

Eksempel på bestemmelser i forbindelse med sikring av flomveger:

1. *Konkrete bestemmelser i forhold til utforming og bruk av arealer for grøntstruktur, samferdselsanlegg og teknisk infrastruktur.*

- **Utforming av terreng.** Krav i forhold til tillatt inngrep i terreng. «Innenfor grønnstruktur park skal terrenget tilpasset håndtering av overvann ved flom. Det skal i forbindelse med rammesøknad utarbeides en helhetlig landskapsplan som dokumenterer lokal behandling av overvann og flomveger.»
- **Utforming av gater, ferdselsårer og oppholdssoner** (krav til gjennomgående kantstein, krav til konkret kantsteinshøyde, mm.) OBS! Utforming av veier til flomveger kan komme i konflikt med universell utforming. Det må foretas en avveining av interesser gjennom reguleringsplanprosessen.
- **Utforming av arealer for håndtering av overvann.** «Overvann skal håndteres lokalt. Grøntområder skal legges til rette for infiltrasjon og fordrøyning.»

2. *Vilkår for bruk eller forbud mot former for bruk*
Utbygging kan tillates kun under bestemte vilkår. Restriksjonene må være begrunnet i konkrete virkninger.

3. *Funksjons- og kvalitetskrav til bygninger, anlegg og utearealer, herunder krav for å sikre hensyn til helse og miljø*

«All bebyggelse og anlegg under kote +2,9 m skal tåle vann. Oppholdsarealer i underetasjer skal sikres mot flom.»

«Ny bebyggelse skal ha grønne tak som forsinker avrenningen. På grunn av minimale arealer til fordrøyning på bakken, skal det vurderes å etablere tank for fordrøyning av overvann.»

4. *Krav om undersøkelser før gjennomføring av planen, samt undersøkelse med sikte på å overvåke og klargjøre virkninger for miljø, helse, sikkerhet og andre samfunnsinteresser.*

5. *Krav om rekkefølge (for eks. gjennomføring av tiltak før utbygging)*

6. *Krav om felles planlegging av et større område (gjennomføringssone)*

7. *Krav til detaljert utredning og dokumentasjon*
«Sammen med søknad om tiltak skal det innsendes utomhusplan i målestokk 1:200 for den ubebygde delen av byggetomten, felles oppholdsarealer på tak og tilliggende uteoppholdsarealer. Utomhusplan med

vedlegg skal vise at utomhusareal oppfyller fastsatte krav til avrenning av overvann.»

«Lokal overvannshåndtering skal legges til grunn ved detaljutforming og prosjektering av tiltaket. Det skal redegjøres for behandling av alt overvann, både takvann, overflatevann og drensvann ved søknad om rammetillatelse.

Det skal redegjøres for tiltakets innvirkning på nabo-eiendommer, deriblant forhold til avrenning av overvann ved søknad om rammetillatelse.»

3.5.5. Byggesak

Ansvarlige foretak har ansvaret for at kravene i plan- og bygningslovgivningen oppfylles (tiltakshaver er pliktig til å videreføre sitt ansvar til ansvarlige foretak). Dokumentasjon om tiltakets sikkerhet mot naturskade er spesielt fremhevet som dokumentasjonskrav i teknisk forskrift. Det kan innebære at tiltakshaver må besørge nødvendige undersøkelser og utredninger om sikkerheten av byggegrunn.

Kommunens rolle som bygningsmyndighet er å påse at alle nødvendige vurderinger er gjort. Ved behandling av byggesøknad skal kommunen kontrollere at det er dokumentert at det er eller vil bli tilstrekkelig sikkerhet i h.h.t. sikkerhetskravene i TEK10 kap.7. I byggesøknaden skal dette særskilt bekreftes (på skjemaet) overfor bygningsmyndigheten. Dette vil i enkleste fall være å påse at det på søknadsskjema er avkrysset for at dette er i orden. Dersom dokumentasjonen ikke viser at dette er oppfylt må kommunen avslå søknaden eller be om ytterligere dokumentasjon på at sikkerheten er ivarettatt. Pbl § 28-1 *byggegrunn og miljøforhold* er en selvstendig avslagshjemmel i dele- og byggesaker. Eventuelt kan det også settes vilkår for å få igangsettingstillatelse.

Søknader om byggetillatelse skal dokumentere at krav fra reguleringsplanene er oppfylt. Byggesaksavdeling må påse at tiltak er i overensstemmelse med bestemmelsene i reguleringsplanen slik at en unngår ny bebyggelse i områder som er flomutsatt, dersom en ikke har igangsatt tiltak som gjør at dette kan tillates. Flomveg og flomfare må følgelig etableres som et nytt punkt i en sjekklister/rutine for byggesaksbehandling dersom dette ikke allerede er gjort.

Dersom det er konflikt vil det være vanskelig å få byggetillatelse. Der hvor det eventuelt tillates, må det gjøres særskilte vurderinger (bygningstekniske tiltak) I planlegging og behandling av byggesaker bør flomforhold oppstrøms kulverter, og flomløpskapasiteter forbi kulvertene gis en grundig vurdering. Selv om ansvarlig foretak er ansvarlig for at tiltaket oppfyller kravene som

stilles i plan- og bygningslovgivningen, kan kommunen bli stilt ansvarlig for flomskader på nye bygg hvis de sitter med spesiell kunnskap og ikke har informert om det.

Tabell 1 angir Byggt teknisk forskrift (TEK10) sine sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatte områder.

Tabell 1. Byggt teknisk forskrift (TEK10) §7-2 Sikkerhet mot flom og stormflo. Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F 1	Liten	1/20
F 2	Middels	1/200
F 3	Stor	1/1000

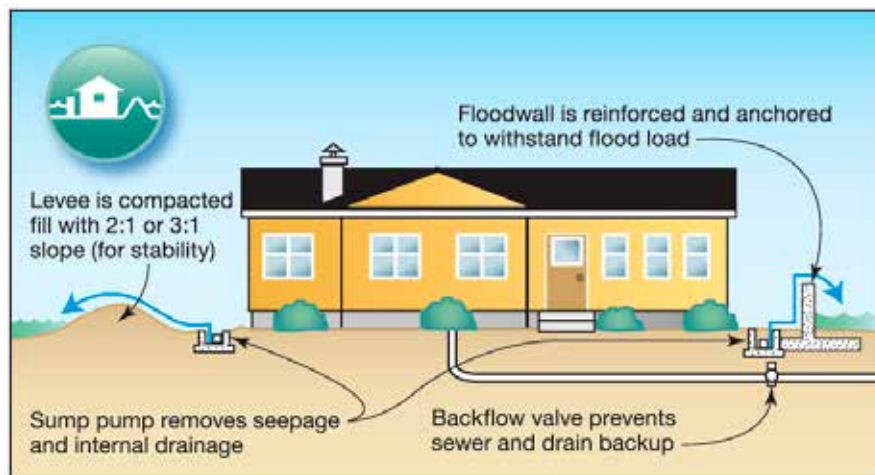
Dette betyr at for de fleste byggesaker må en ta høyde for å unngå bygging på arealer som er utsatt for en 200 års flom, eller at en da må stille særskilte krav til sikkerhet og flomsikring/-håndtering for å redusere risiko.

I tilfeller hvor det er fare for at liv kan gå tapt ved flom, skal strengere gjentakintervall benyttes (benytte sikkerhetsklasse som for skred, se TEK10 §7-3)

I NVEs retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplaner er anbefalt sikkerhetsnivå for boliger og næringsvirksomhet med mer satt til 1/200 (gjentakintervall 200 år). Det er rimelig at et tilsvarende krav bør settes også i forbindelse med flomveger i bebygde områder. Større åpne flomveger hvor konsekvensene ved svikt er store bør følgelig dimensjoneres for 200 år. En del kommuner har i tillegg hatt et påslag pga forventede klimaendringer siden de historiske data som gjentakintervall er beregnet ut i fra ikke inkluderer effekten av fremtidige klimaendringer. Trondheim kommune har blant annet brukt 200 års gjentakintervall med et påslag på 20 % for klimaendringer når en

dimensjonerer nytt overvannsystem (bekk eller rør) for Fredlybekken i Trondheim. Påslaget med 20 % er i henhold til NVE sin rapport nr. 5 – 2011«Hydrological projections for floods in Norway under a future climate» NVE (2011b).

Forutsetningen for å plassere byggverk i områder der sannsynligheten for flom er større enn minstekravet i forskriften, er at det gjennomføres risikoreduserende tiltak (sikringstiltak i området eller tilpasning av bebyggelsen). De risikoreduserende tiltakene må redusere sannsynligheten for eller konsekvensen av flomvann mot bebyggelsen til de angitte nivå. Eksempler på sikringstiltak vil være å heve byggegrunnen til flomsikkert nivå, bygge uten kjeller eller bygge flomvol-ler eller andre konstruksjoner som holder vannet unna bebyggelsen. Der det ikke er praktisk mulig å plassere eller sikre byggverk mot flom, kan en utforme og dimensjonere byggverket slik at det tåler oversvømmelse og dermed ikke fører til fare for mennesker eller større materielle skader. FEMA (2012) angir detaljerte beskrivelser av muligheter for å sikre bygninger mot flom og oversvømmelser.



Figur 36. Eksempel fra amerikanske retningslinjer (FEMA, 2012) for å sikre bygninger mot flom og oversvømmelser med installering av flomvegger, private lensepumper og tilbakeslagsventil.

3.6. Samarbeid og tilgjengeliggjøring av informasjonen

Informasjonsutveksling mellom fagetatene og planetaten er av avgjørende betydning for å ivareta og integrere behov for sikring av flomveger i planprosesser og arealplaner. Også kommunikasjon med befolkningen vil øke i betydning.

Aktiv bruk av informasjonssystemer og digitale medier.

Informasjonen bør gjøres tilgjengelig via kommunens internettsider. Det viktigste verktøy for stedfestet informasjonsutveksling i kommunen er kommunens eller regionens innsynsverktøy på internett. Her samles stedfestet informasjon og gjeldende planer på et sted. Planinnsyn er godt egnet for å gjøre temakart som aktsomhetskart eller faresonekart lett tilgjengelig både internt i kommunen, men også for befolkningen.

I tillegg kan andre digitale medier vurderes for informasjonsutveksling. Forsikringsselskaper bruker for eksempel varsel om uvær per SMS til sine kunder.

Gode rutiner for saksbehandling og samarbeid

De fleste kommuner har et saksbehandlingssystem og samarbeidsrutiner. Samtidig blir planoppgaven mer kompleks og ikke alle hensyn blir alltid ivaretatt med like stor oppmerksomhet. Derfor er det viktig at fagetatene følger plansakene tett når det er hensiktsmessig. Det er viktig at rutinene i kommunen er slik at fagetaten alltid blir varslet ved planoppgaver for at de selv kan avgjøre om det er hensiktsmessig å gi innspill eller å delta aktivt i planprosesser.

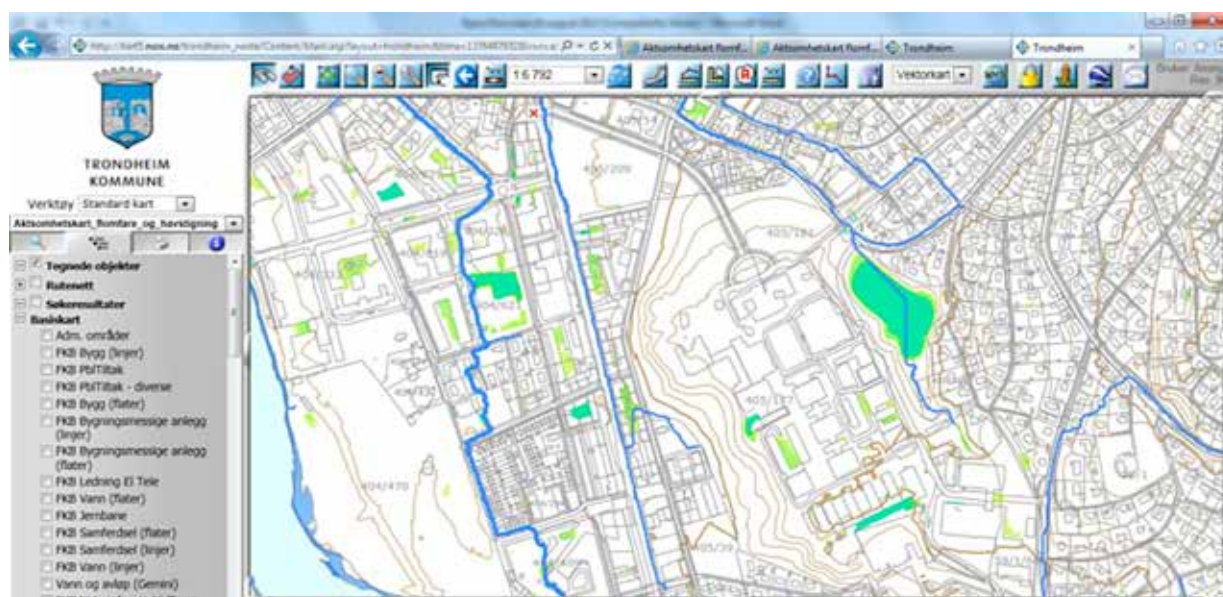
I tillegg til faste rutiner bør alle kommuner etablere eller utvikle arenaer for muntlig dialog. Dette er en mer uformell måte å utveksle informasjon og øke forståelsen for ulike fag og tverrfaglige utfordringer. Trenden til fortetting i urbane områder vil kreve større tverrfaglighet i prosjekter og integrering av flere funksjoner på samme arealer. Det er viktig at tiltak for å sikre flomvegene blir en naturlig del av områdets utforming og funksjon. Samtidig må bevisstheten om nødvendige tiltak økes, slik at de følges opp i alle planledd. Dette krever en kontinuerlig prosess mellom ulike fagområder i kommunen.

Fagetaten/avdelingen bør:

- Gjøre informasjon lett tilgjengelig.
- Følge etablerte rutiner for samhandling. Sikre at alle plansaker oversendes til uttalelse og vurdere nødvendig engasjement tidlig i planprosessen.
- Etablere og videreutvikle arenaer for muntlig dialog og uformelle samarbeidsformer.

Eksempel informasjonsutveksling – Trondheim kommune:

Trondheim kommune har valgt publisering av aktsomhetskartet som et eget kartlag i kommunens kartdatabase. Dette gjør det enkelt å finne fram til informasjonen og muliggjør sammenstilling/kobling mot andre tilgjengelige kartlag/tema. Det vil også være mulig å tilrettelegge for eksterne brukere slik at de får tilgang til informasjonen direkte. Aktuelle aktører som kan ha nytte av et slikt kart er f.eks. Fylkesmannens Beredskapsavdeling, NVE, infrastrukturiere, rådgivende firma osv.



Figur 37. Aktsomhetskart for Trondheim kommune vist som et eget temakart (Karttype: «Aktsomhetskart flomfare og havstigning»). Kartet er tilgjengelig via kommunens hjemmesider.



Figur 38. Eksempel på utfyllende informasjon og begrensninger om aktsomhetskart for flomveger i Trondheim kommune

Det vil være viktig med god forklaring/informasjon til aktsomhetskartet for å unngå feilbruk. Dette gjelder f.eks. begrensninger i valgt metode for å generere flomvegene. Dersom bare dreneringslinjer er vist og ikke faktisk utstrekning på flomsone, er det viktig at dette kommer klart frem. Det kan også være aktuelt med informasjon om aktsomhetskart via interne forum i kommunen for å spre kunnskap om kartet på tvers av kommunale avdelinger. Trondheim kommune har laget en egen internettside hvor metoden og begrensninger i valgt metode vektlegges¹³⁾. Denne informasjonen er tilgjengelig for alle via kommunens hjemmeside.

13) <http://www.trondheim.kommune.no/content/1117735713/Aktsomhetskart-flomfare-og-havstigning>

4. Flomveger – Utforming og drift/vedlikehold

I dette kapittelet diskuteres hva som er akseptabelt som dimensjonerende kriterier for flomveger, utforming av flomveger og det gis innspill om drift og vedlikehold av flomveger.

Vurdere tiltak for å utbedre flomveger, herunder:

- Gjøre dem sikrere slik at de tåler mer vann, mer robust for hendelser (andre rister, inntak osv)
- Gjøre endringer av flomveger slik at vannet ledes til andre steder enn tidligere. Vil kreve nye beregninger for oppdatert aktsomhetskart.

- Vurdere behovet for gjenåpning av bekker
- Sette krav til lokal overvannsdiskontering i nedbørfeltet
- Basert på en risikobasert analyse bør detaljerte analyser av flomsone utføres der hvor behovet tilsier det
- Vurdere behovet for eventuell tinglysning av heftelser på privat grunn (sikre at f.eks voller blir værende)
- Spesielle utfordringer knyttet til åpne flomveger i kaldt klima/vinter

4.1. Flomveger som normalt er vannførende (elver og bekker som har en viss vannføring hele tiden)

For disse typer flomveger forholder vi oss til definisjonen av «vassdrag» fra Vannressursloven § 2 og sikkerhetsnivåene angitt i TEK 10.

Som vassdrag regnes alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredder inntil høyeste vanlige flomvannstand. Selv om et vassdrag på enkelte strekninger renner under jorden eller under isbreer, regnes det i sin helhet som vassdrag. Som vassdrag regnes også vannløp uten årssikker vannføring dersom det atskiller seg tydelig fra omgivelsene.

Lovens regler for vassdrag gjelder også for

- a) kunstige vannløp med årssikker vannføring unntatt ledninger og tunneler;
- b) kunstige vannmagasiner som står i direkte samband med grunnvannet eller et vassdrag.

Mot sjøen gjelder loven så langt

- a) vassdraget ved midlere vannføring ligger over havets nivå ved alminnelig lavvannstand; eller
- b) bunnen er preget av tilløp av ferskvann. (Vannressursloven § 2)

TEK 10 sikkerhetsklasse F2 angir 200-årsflom som hensynsone, dette gjelder de fleste bygg der det er vanlig at folk oppholder seg som boliger, fritidsbebyggelse, industri, kontor, skoler osv. Der konsekvenser for lokal beredskap (for eksempel sykehus eller beredskapsinstitusjoner) er store anbefales det et sikkerhetsnivå F3 på 1/1000 (dvs. en 1000-års gjentakintervall). Der det er fare for tap av liv og helse (for eksempel høye vannstander og hastigheter) gjelder et høyere sikkerhetsnivå, se TEK 10. For bygninger med liten konsekvens F1 som garasjer eller lagerskur er sikkerhetsnivået 20-årsflom.

NVEs retningslinjer «Flaum- og skredfare i arealplaner» gir noen anbefalinger for å sette soner med potensiell flomfare (gjengitt nedenfor):

Det vil i dei fleste tilfelle vere tilstrekkeleg å setje av soner på minimum 20 meter på kvar side av bekker og 50 – 100 meter på kvar side av elvar for å dekkje område med potensiell flaumfare. Unnataka er store, flate elvesletter der flaumen har større utstrekning. For slike elvesletter kan ein setje av område som ligg lågare enn den estimerte maksimale vasstigninga, som aktsemdsområde. I dei fleste vassdrag vil flaumen halde seg innanfor ei stigning på 8 meter.

I tettsteder vil disse anbefalinger være svært begrensende for arealbruk langs vassdrag og det vil være mer optimalt å gjøre mer detaljerte vurderinger av oversvømmelsesfare.

Åpne bekker er de mest robuste flomvegene. Dette er også de naturlige flomvegene. Derfor er det viktig at bekkene ikke lukkes, og at dype søkk i terrenget ikke bygges igjen.

4.1.1. Eksempel Veumbekken i Fredrikstad – en bekkeåpning i en urban kontekst

Ideen for gjenåpning av Veumbekken i Fredrikstad har sin bakgrunn i behov for oppgradering av eksisterende infrastruktur i Holmenområdet. Oversvømmelser langs Veumbekken de siste årene har satt området på dagsorden. Når det blir nødvendig å gjøre store arbeider i området, som vil både kreve store ressurser i tillegg til å påvirke omgivelsene og beboerne sterkt i utbyggingsperioden, var det viktig å tenke seg hvordan området kan utvikles på en best mulig måte for de kommende generasjoner.



Figur 39. Illustrasjon gjenåpning av Veumbekken (illustrasjon Norconsult)

Derfor er det et viktig mål for prosjektet at tiltaket blir til et viktig byplangrep som bidrar positivt til utvikling av Holmenområdet og byen generelt. Byplangrepet har to hovedmål: å styrke byens overordnede grøntstruktur og revitalisere det sentrumsnære Holmenområdet. I tillegg vil en åpen bekkeløsning gi bedre forhold for avrenning av vann ved flom fra Veumbekken og være positivt for videreutvikling av det biologiske mangfold. Plangrepet ble

forankret med en hensynssone i kommunedelplan for Fredrikstad byområdet i 2011. Reguleringsarbeidet med hensikt å realisere åpning av Veumbekken er startet opp i 2013. Holmegata skal bli til en attraktiv forbindelse for myke trafikanter og en bypark med unike kvaliteter og stor rekreativ verdi for nærmiljøet. Det er Fredrikstad kommune ved Teknisk drift som har unnfanget ideen og som nå er pådriver for planlegging og realisering av prosjektet.



Figur 40. Holmegata i dag (Foto: Norconsult)



Figur 41. Holmegata etter gjennomføring av bekkeåpningen (illustrasjon Norconsult)

4.1.2. Eksempel på utfordringer knyttet til gjenåpning av bekker

Gjenåpning av bekker har vært utført flere steder de senere år hvor en har fått åpnet opp bekker som tidligere har vært lagt i rør. Flere steder har dette ført til etablering av populære nye friområder. En åpen bekk vil også være en mer robust løsning både med hensyn på hydraulisk kapasitet og tilstopningsfare i forhold til et lukket rørsystem.

I Trondheim har en som del en av et større saneringsarbeid på avløpssystemet planlagt en gjenåpning av Fredlybekken og en tursti som en del av en offentlig grønnstruktur. For mer informasjon om prosjektet (se <http://www.trondheim.kommune.no/content/1117735968/Forprosjekt-Fredlybekken>).



Figur 42. Illustrasjon gjenåpning av Fredlybekken i Trondheim (Johannessen, 2013)

Et av hovedmålene med gjenåpning av bekken er å bedre vannkvaliteten, samtidig som en forbedrer bortledning av regnvann og sikrer eiendommer mot oversvømmelser og skadeflommer. Et annet mål er å etablere sammenhengende grønnstruktur og turveger i området i tråd med kommuneplanens arealdel. Prosjektet har vært hjemlet i flere politiske vedtak, og danner grunnlag for ny reguleringsplan for øvre del av Fredlybekken. Både arbeidet med bekk og grønnstruktur strekker seg fysisk over et langt område, berører svært mange grunneiere og stiller dermed store krav til samordning.

Det foreslåtte prosjektet med gjenåpning av bekk og etablering av turveg/grønnstruktur har fått stor oppmerksomhet i lokale medier (se Figur 43). Et stort politisk flertall i kommunen er nå negativ til ekspropriering av privat grunn og båndlegging av arealer. Dette resulterte i at Trondheim Bystyre 21.11.2013 vedtok at bekken ikke gjenåpnes likevel, men anlegges på nytt som et separat system som et 2 rørs system med en egen spillvannsledning og overvannsledning. Overvannsledningen skal dimensjoneres for en 200 års flom med et fremtidig klimaendringstillegg på 20 %.

Figur 43. Faksimile fra Adresseavisen 25. september 2013 hvor huseiere i området protesterer.



4.2. Flomveger som normalt er tørre

Basert på en risikovurdering og/eller en kostnad-nytte analyse kan man velge å bruke en «tørr» vannvei som flomveg. Områder som egner seg kan være:

- Ubygde søkk i terrenget
- Veigrøfter
- Bilveger i boligområder
- Parkeringsplasser
- Gater der biler kjører sakte gitt at vannhastighet ikke blir særlig høy.

Spesielt viktig er det at gater som er sentrale/viktige forbindelser ikke blir flomveger (for eksempel veien til legevakten). Gangveger kan brukes som flomveger hvis de tåler vann (grusveier kan fort bli ødelagt ved en liten vannmengde). Figur 44 viser utforming av renne for transport av overvann som en del av Pilestredet Park (Kihle og Strauman, 2013).

Figur 44. Transportvei for overvann Pilestredet Park (Kihle og Strauman, 2013)



Blant annet har Skien kommune brukt boliggger som åpne flomveger (Figur 45). Etter nedbør som er så kraftige at sluk og rørsystemer ikke klarer å ta unna alt overvannet, renner overflatevannet som en noen cm dyp elv gjennom byen. Fortauskantene er så høye at vannet ikke renner inn til byggene langs gata. Gater og veier med saktegående biltrafikk kan egne seg godt for avledning av store mengder vann dersom gatene er utformet slik at den høye vannføringen ikke skader veien, og at det ikke dannes dammer som er til vesentlig hinder for biler, fotgjengere og syklistene. Bruk av gate/vei som planlagt flomveg vil også være avhengig av funksjonen av veien og fremkommelighet for utrykningskjøretøy osv.

Det er viktig å vurdere om flomvegen vil utgjøre en fare for mennesker som oppholder seg eller bruker de vanligvis tørre områdene. Dette er nærmere beskrevet i kapittel 4.4.

Skiens viktigste flomvei er Torggata midt i sentrum

Hvorfor skal alt overvannet straks inn i rørløpninger? spør virksomhetslederen for vannforsyning og avløp i Skien, Gunnar Mosevoll. Boliggater kan være greie flomveier, og den viktigste flomveien i byen er Kvernålsveien og Torggata som går gjennom sentrum.

Skien kommune, 20.02.2013



Boliggater kan være gode flomveier. Den viktigste flomveien i Skien er Kvernålsveien og Torggata som går gjennom sentrum. Foto: virksomhetslederen for vannforsyning og avløp i Skien, Gunnar Mosevoll. Foto: Ole Einar Lunde

Figur 45. Eksempel fra Skien hvor boliggger med lite trafikk blir brukt som åpen flomveg

<http://www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2/bibliotek/erfaringer/skiens-viktigste-flomvei-er-torggata-mid.html?id=673091>

4.3. Utforming av flomveger i kaldt klima

Flomveger må utformes slik at de også virker i områder med kaldt klima. Dette gjelder særlig ved langvarige frostperioder i forkant av nedbørhendelser. Grunnvann som når terrengnivå vil fryse til, og en vil kunne få en oppbygging av is i flomvegen og redusert hydraulisk kapasitet (se Figur 46).

Figur 46. Grunnvann som fryser til i åpen grøft (foto: Tromsø kommune)



Tromsø kommune utførte vinteren 2012/2013 et forsøksprosjekt hvor en testet ut et konsept for frostfrie avskjærende overvannsgrøfter (Tromsø kommune, 2013). Som isolasjon ble det brukt Glasopor skumglass som er produsert av gjenvunnet glass. Glasopor har i tillegg til de isolerende egenskapene også gode drenerende egenskaper, det suger ikke vann og egenvekten er lav. Oppå de isolerende massene ble det lagt et lag med kuppelstein.

Basert på erfaringene fra forsøksprosjektet planlegger Tromsø kommune (2013) for fremtidige tilsvarende prosjekter forbedringer i konseptet for frostfrie overvannsgrøfter. Massen med Glasopor vil samles i gabioner (netting-kasser) som kles med finmasket hønsenetting for å holde massene på plass. Oppå gabionene vil en så dekke til med kuppelstein. En antar at selve grøftearbeidet under anleggsfasen vil bli enklere og en unngår det tidkrevende arbeidet med å skille/ holde på plass masser ved bruk av fiberduk.



Figur 47. Grøftemasser (Glasopor) i en frostfri overvannsgrøft prøvd ut i Tromsø kommune (Tromsø kommune, 2013). Til høyre er det vist gabioner som en vil prøve ut i nye prosjekter hvor Glasopor (istedenfor stener) legges inn i finmasket gabioner slik at en slipper duk mellom massene.

Gresskledd vannveier (dvs flomveger) er et tiltak for åpen overvannshåndtering hvor en i tillegg til transport av overvann også oppnår infiltrasjon og bedring av vannkvaliteten. Gresskledd vannveger kan være et

alternativ til sluk og lukkede ledninger og fungerer i kaldt klima også som et snølager i tillegg som en transportveg for overvann. Figur 48 viser en gresskledd vannvei på Urridaholt, Island (Leland, 2013).



Figur 48. Gresskledd vannvei (og flomveg) på Urridaholt, Island. Tiltaket kombinerer bortledning av vann fra med størst mulig forsinkelse og fordrøyning underveis. (Leland, 2013).

4.4. Når utgjør flomvegen en fare?

Ved store vannhastigheter, vanddyb eller dersom det transporteres mye kvister og grener i flomvegen kan dette utgjøre en fare for mennesker i/ved flomvegen. I England (Defra, 2005 og 2006) har en utarbeidet retningslinjer for dette til bruk i større vassdrag (elver). Generelt vil vannhastigheten og vanddybden være lavere i flomvegene knyttet til overvann (som omfattes av denne veiledningen) enn til de større vassdragene.

I England har en etablert en følgende sammenheng mellom fare (HR: Hazard rate), vanddybden (d), vannhastighet (v: velocity) og andel kvister/grener som transporteres med vannmassene (DF: debris factor)

$$HR = d \times (v + 0,5) + DF$$

Kvist/grein faktoren (DF) er for urbane områder satt til 0 for vanddybder lavere enn 0,25 m, ellers er DF satt til 1,0. Tabell 2 angir grenseverdier for når en flomveg antas å utgjøre en fare for mennesker. For farerater (HR) lavere enn 0,75 ansees faren for liv og helse til å være lav.

Tabell 2. Grenseverdier for fare (HR) for mennesker (fra Defra, 2005)

Grenseverdier for fare for mennesker $HR = d \times (v + 0,5) + DF$	Beskrivelse
<0,75	Lav («vær oppmerksom»)
0,75 - 1,25	Moderat («fare for barn»)
1,25 - 2,0	Signifikant («fare for de fleste»)
>2,0	Ekstrem («fare for alle»)

Regneeksempel:

Dersom en bruker en vei som flomveg og antar asfaltert dekke (Manningstall = 60), vegbredde 5 meter, stigningstall på veien 5 promille og tillater en vanddybde på 0,2 m kan vannhastigheten beregnes ved bruk av Mannings formel.

$$v = M \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$v = 60 \cdot (5 \cdot 0,2 / (5 + 0,2 + 0,2))^{2/3} \cdot (5/1000)^{1/2}$$

$$v = 1,4 \text{ m/s}$$

Satt inn i formelen for fare (HR):

$$HR = d \times (v + 0,5) + DF$$

$$HR = 0,2 \cdot (1,4 + 0,5) + 0$$

$$HR = 0,38$$

I følge Tabell 2 tilsvarer dette den laveste kategorien for fare, men en skal likevel være oppmerksom.

I Trondheim har en til sammenligning bare vist på kart flomveger som drenerer et areal oppstrøms tilsvarende en dimensjonerende vannføring på 100 l/s (se Figur 12).

I Vedlegg B: Grenseverdier for fare for mennesker er det vist flere eksempler på sammenhengen mellom faren flomvegen utgjør for mennesker, vanddybde, vannhastighet og andel kvister/grener som transporteres i flomvegen.



Figur 49. Gjengrodd bekkeløp gir redusert hydraulisk kapasitet (foto: Norconsult)

4.5. Drift og vedlikehold av flomveger

Denne veiledningen omhandler kartlegging og etablering av flomveger. Det vil også være viktig med gode rutiner for drift og vedlikehold av de åpne flomvegene. Dette er også vektlagt i VA-Miljøblad nr 93 om Åpne flomveger (Endresen, 2009). Ved planlegging og utforming av en kulvert bør man inkludere kostnader for vedlikehold og drift av den under flom. Det er svært sannsynlig at en del løse elementer (kvister, blader o.l.) vil bli transportert mot inntaket ved flom. Slake kulverter er utsatt for sedimentering med påfølgende reduksjon av strømningsarealet. Flere av flomskadene som skjedde som en følge av Frida i Nedre Eiker i 2012 skyldes mindre ras oppstrøms i nedbørfeltet som reduserte kapasiteten til flomvegene.

Stillestående grunt vann gir risiko for algeoppblomstring. Kantvegetasjon kan benyttes for å begrense solinnstråling og dermed redusere faren for dette. God vannkvalitet er selvfølgelig også en forutsetning. Kantvegetasjon forhindrer også erosjon og forhindrer partikulært materiale å komme ned til bekken.

Tiltak for vedlikehold eller forbedring av den hydrauliske kapasiteten til vassdrag, bekker, flomløp og kulverter:

- **Generelt vedlikehold av flomløp/vassdrag:** Vannressursloven §11 setter krav til kantvegetasjon. «Langs bredden av vassdrag med årssikker vannføring skal det opprettholdes et begrenset naturlig vegetasjonsbelte som motvirker avrenning og gir levested for planter og dyr». Nødvendig vedlikehold av flomveg må sees i lys av dette når det gjelder fjerning av rusk, avfall og vegetasjon, skogrydding. En bør inspisere elvestrekningene og lage en skjøtselsplan med intervaller for skogrydding/skjøtsel av elveløpet og eventuell rydding av drivgods som kommer ned vassdragene. Herunder kommer også vurdering av gjerder og andre konstruksjoner som føres helt ned til elveløpet og som vil kunne skape en uønsket vannstandsstigning.
- **Beredskap i forbindelse med flom med tanke på rensk av rister og trange løp.** En må være bevisst på at kulverter kan svikte ved tilstopping. Det vil i den

sammenheng oppstå vannstandsstigning og et flomløp som leder vannet forbi kulverten. Et av de viktigste tiltakene er beredskap med hensyn på rensk av innløpsrister på kulverter som ved tilstopping kan gi skade dersom vann renner over og på utsiden av kulverten. Det vil ofte være nødvendig å ha en vedlikeholds-/driftsplan for bekkeløp med kulverter/inntaksrister.

- **Etablering av flomvoller og senkning av elve-/bekkeløp** er aktuelle tiltak for å bedre flomforholdene og øke flomvegens kapasitet. Viktig da at drenering av lokaltlig bak flomvoll ivaretas.
- **Utvidelse av kulverter.** Kulverter med for liten kapasitet til å ta unna flomvannføring, må vurderes utvidet. Det bør da gjennomføres beregning med vannlinjemodell for å bestemme tilstrekkelige dimensjoner for flomavledning. Dersom det ikke finnes bygninger eller teknisk infrastruktur som kan ta skade av at kulverten har for liten kapasitet, kan man nedprioritere slik utvidelse. Det som da er viktig, er å ikke tillate bygging i det flomutsatte området før kulverten utvides.
- Et alternativ til utvidelse av kulvert/bekkelukking kan være åpning av bekkeløp, der dette er praktisk mulig. Åpning av bekkeløp gir ofte langt større hydraulisk kapasitet og et mer robust overvannssystem. En vil også oppnå en miljømessig forbedring samt at driftsproblemer med kulverter reduseres. I fremtiden bør bekker holdes åpne, og at en bare unntaksvis bør tillate lukking av korte bekkestreknings.
- Bruk av **overdimensjonert ristareal** i forhold til inntaksareal/kulvert-kapasitet.
- **Overdimensjonere kulverten** med hensyn til mulig tilstopping (unngå dimensjonering med forhøyet vannstand)
- **Unngå vertikale rister** da disse krever mer kraft for å bli rensed under flom.
- **Ombygging av kulvertinnløp.** Ved de kulvertene som har et skadepotensial og samtidig har et lite ristareal i forhold til kulvertåpningen bør en vurdere å bygge om innløpsrist/inntakskonstruksjon. Ved store inntakskonstruksjoner må en vurdere behov for tilkomst med maskiner for vedlikehold/rensk.
- Bruk av **spesielle inntaks-/kulvertkonstruksjoner** tilpasset forholdene
- **Informasjon til beboerne langs vassdragene om å ikke fylle ut elveløpet med avfall/fyllmasse.** Det bør gjennomføres en informasjonskampanje mot grunneiere langs vassdragene for å unngå at det blir lagt avfall og fyllmasser ned mot elveløpet. Det bør informeres om at dette kan skape tilstopping og fare for økt flomvannstand, og være til svært stor ulempe både for en selv og/eller for grunneiere nedover langs vassdraget. Det kan noen ganger være aktuelt å få

laget en instruks som forbyr at avfall og fyllmasser legges ut i flomutsatte arealer, uten at konsekvensene ved utfyllingen er utredet på forhånd.

- **Ivareta flomløp ved arealplanlegging og byggesaksbehandling.** I arealplanlegging og byggesaksbehandling må flomforhold oppstrøms inntak/kulverter, samt flomløpskapasitet og alternative flomveger forbi kulvert vurderes spesielt. I de fleste byggesaker må en ta høyde for å unngå bygging på arealer utsatt for flom med 200 års gjentakintervall.
- **Kartlegging av kvikkleireområder** som kan være rasutsatte. En må være oppmerksom på flom i kvikkleireområder. Ved unormalt høy vannstand/flom og derav hevet grunnvannstand, kan dette forårsake ras. Tilfeller der vannstanden i elva raskt trekker seg tilbake og grunnvannstanden holdes høyt vil være svært utsatt for ras. Også i områder der vannhastigheten er stor kan det oppstå erosjon som igjen kan utløse ras.
- **Vintervedlikehold** må vurderes for ulike konstruksjoner/flomveger for å sikre at disse fungerer godt også vinterstid. Isdannelse, snø, snøopplagring etter brøyting osv. kan redusere/blokkere kapasitet. Tiltak som for eksempel tining og snørydding må derfor vurderes for utsatte flomløp og inntak/kulverter. Vinterstid må en også ta høyde for endret avrenningsmønster fra arealer grunnet is/snø som hindrer normal strømningsretning/avløp, og som leder vannet nye veier.



Figur 50. Sikring av flomveger under drift
(Foto: Bergen Vann)

Figur 50 viser Fjellveien i Bergen under et nedbørtilfelle hvor driftspersonell fjerner ristgods som ellers kunne ha stengt for inntaksristen. En drifts- og vedlikeholdsplan bør angi frekvens for inspeksjon/rensk, og frekvens bør vurderes ut fra risiko for skade.



Figur 51. Redusert kapasitet kulvert pga. kraftig isdannelse (Foto: Norconsult)

Analysene av flomvegene bør også inkludere analyser av svikt på kritiske komponenter av systemet. Et eksempel på dette er kulverten vist i Figur 51 som viser en kulvert som krysser under Rv5 i Sogndal. En kald vinter med mye barfrost førte til kraftig isdannelse og svært redusert hydraulisk kapasitet for kulverten. Mildvær og regn vil her kunne medføre problemer og behov for en alternativ flomveg. Basert på en risikoanalyse hvor en velger ut de mest kritiske komponentene (inntak, kulverter osv) kan en så analysere konsekvensene av slike hendelser for de kritiske punkt.

Tromsø kommune har oppsummert sine erfaringer med drift av åpne flomvegssystemer om vinteren på følgende måte:

Hvert år har vi i varierende grad oversvømmelser pga is/snø som tetter grøfter og innløp. De kan fungere helt utmerket til mildværsperioder inntreffer med økt snøsmelting der snøen «mettes» og blir sørpe som tetter grøfter/innløp. I tillegg vil det være is som dekker til sluker og brøytekanter som hindrer avrenning fra vegen.

Eksempel fra en spesiell inntakskonstruksjon for kulvert.

I forbindelse ved ombygging av eksisterende kulvertinnløp hvor elven Alna går over til lukket løp i Lodalen er det prosjektert en spesielt tilpasset inntakskonstruksjon. Bakgrunnen for ombyggingen er problemer med rensk av eksisterende varegrind og fare for tilstopping av innløpet med påfølgende flomskader nedstrøms inntaket. Omregulering av området nedstrøms inntaket fra industriformål til boligformål har i tillegg medført ønske om bedre sikring av funksjonen til inntaksristen.

Tiltaket vil redusere faren for tilstopping av inntaket og flomskader på områder nedstrøms inntaket. Tiltaket vil redusere kravet til tilsyn og vedlikehold under flomsituasjoner og dermed friggi personell og resurser til nødvendig innsats andre steder der det måtte trengs. Tiltaket vil i forhold til dagens situasjon bedre sikre personer som eventuelt skulle komme ned elven mot alvorlige eller fatale skader.

Hovedprinsippet av inntaket til Alna elva i Lodalen er:

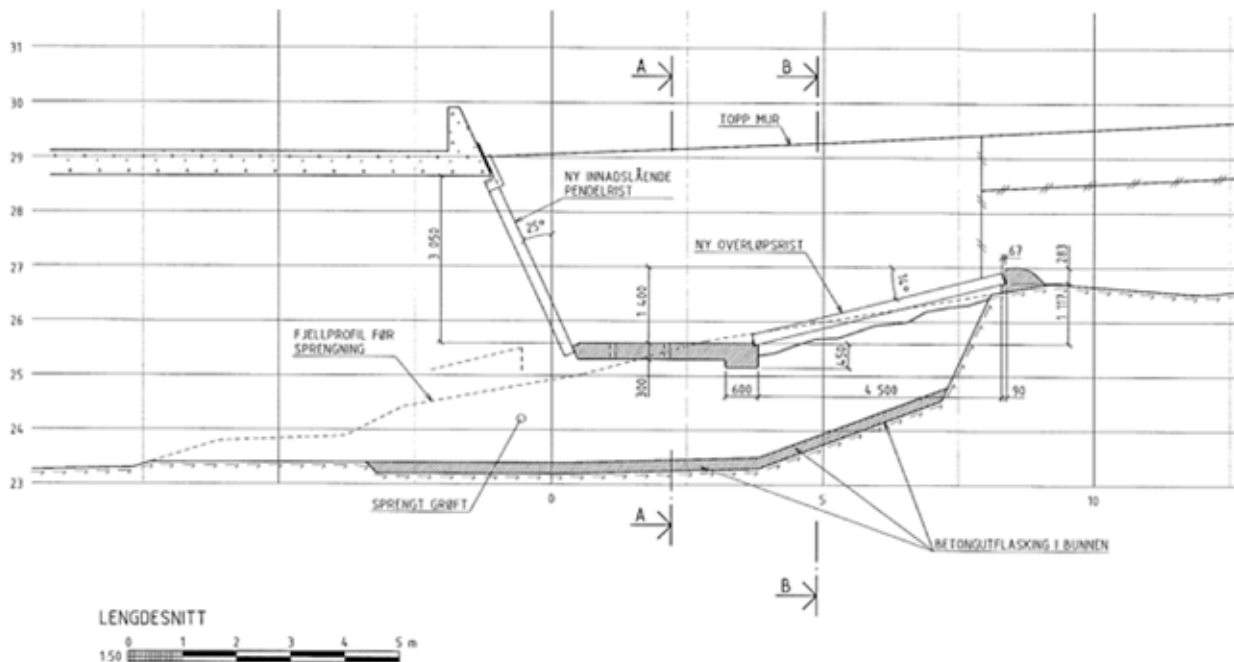
- Inntak med to åpninger. Den øvre grinda utføres som overløpsrist. Den nedre grinda skal utføres med rotasjonsakse i toppen og bruddbolter i bunnen.



Figur 52. Inntaket til kulverten Alnaelva i Lodalen (Foto: Norconsult)

- Det forventes at en del rusk og rask blir samlet på betongplaten.
- Bruddboltene skal ryke (og grinda «åpnes») før vannstanden når 3,5 m over betongplaten (forutsatt at grinda er tett). Ved behov kan man manuelt tvinge frem brudd på boltene i den nedre grinda (i Figur 52 er det vist en av de fire deler av rista som er «åpen»).

Dimensjonering av bruddbolt ble utført med hjelp av en FEM-modellen. I dag finnes det et overvåkningskamera som gjør det enkelt å følge med ved en flomsituasjon ved innløpet.



Figur 53. Lengdesnitt av inntaket til Alnaelva i Lodalen (Figur: Norconsult)

Referanser

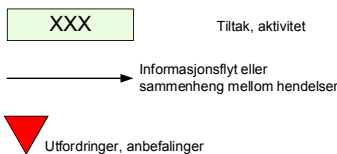
- Berg A. Lunde T. og Mosevoll G. (1992). *Flomberegning og kulvertdimensjonering* Flomberegning og kulvertdimensjonering. SINTEF rapport STF60 A92101
- Bratlie R. (2013). *GIS finner flomvegene*. VANN 2/2013; 272-277
- DANVA (2011). *DANVAs klimakogebog 2011. «En kogebog for klimaendringernes effekter på oversvømmelser i byer»*. F&U rapport nr. 19.
- Defra (2005). *FD2320/TR2 – Framework and Guidance for Assessing and Managing Flood Risk for New Development*. Defra/Environment Agency, October 2005
- Defra (2006). *FD2321/TR1 – «Flood Risks to People Methodology»* Defra/Environment Agency, March 2006)
- DHI (2007). *Presentasjon av Urban flommodell* utarbeidet av DHI for Trondheim kommune for Møllenberg avløpssone.
- Endresen S. (2009). *Åpne flomveger*. VA-miljøblad nr 93.
- FEMA (2012). *Engineering principles and practices for retrofitting flood-prone residential structures*. www.fema.gov/media-library/assets/documents/3001 (besøkt: 25.11.2013)
- FHWA (2001). *Hydraulic design of highways culverts*.
- Finans Norge (2013). *Weather related damage in the Nordic countries – from an insurance perspective*. Fellesrapport fra de nordiske forsikringsnæringer.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*. (www.ipcc.ch/). Besøkt 25.11.2013
- Johannessen B.G. (2013). *Fredlybekken – Bekkeåpning og separering*. Innlegg på VA- dagene i Midt Norge 31. oktober 2013.
- Kihle O.F. og Strauman C. G. (2013). *Dokumentasjon og rapportering av åpne overvannshåndteringsløsninger i Oslo - Oslo åpne overvannskatalog*. Rapport fra VAV. (www.regjeringen.no/nb/dep/md/kampanjer/klimatilpasning-norge-2/bibliotek/publikasjoner/oslo-åpne-overvannskatalog.html?id=744260) Besøkt: 26.11. 2013)
- Kommunal- og regionaldepartementet (2010). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. TEK10. <http://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2010-03-26-489>. Besøkt: 28.11.2013.
- Kommunal- og regionaldepartementet (2010b). *Veiledning om tekniske krav til byggverk (TEK 10)*. (<http://byggeregler.dibk.no/dxp/content/tekniskekrav/>). Besøkt 28.11.2013.
- Kristensen, S. E. and Peereboom I. O. (2008). *Identification Of Areas Exposed To Flooding In Norway At A National Level*. XXV Nordic Hydrological Conference, Reykjavik, Iceland 11-13 August 2008. NHP report no. 50. p. 363-372.
- Krogstad T. (2013). *Kommunale flomveger og LOD håndtering*. Foredrag 29-04-2013.
- Leland T. (2013). *Gresskledd forskning i norsk klima*. Masteroppgave NTNU.
- Lindholm O., Endresen S., Thorolfsson S., Sægrov S., Jakobsen G. og Aaby L (2008). *Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering*. Norsk Vann rapport 162
- Milina J., König A., Selseth I. og Schilling W. (2003). *Risursim: risk management for urban drainage systems - simulation and optimisation*. Final report, Eureka project 2255. SINTEF rapport STF66 A03011.
- Miljøverndepartementet (2012). *Kommuneplanens arealdel*. Veileder. www.regjeringen.no/pages/37605189/kommuneplanens_arealdel.pdf (besøkt: 15.12.2013)

- NIFS (2013). *Flood estimation in small catchments* – The Natural Hazard Project – 5 Flood and Surface Water Flooding.
- NIFS (2013). *Vannføringstasjoner i Norge med felt mindre enn 50 km²*. Naturfareprosjektet. Dp 5 – Flom og vann på avveie.
- NVE (1998). *Vassdragshåndboka*. Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø.
- NVE (2008). *Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag*.
- NVE (2011a). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Retningslinjer. Retningslinjer nr. 2/2011
- NVE (2011b). *Report no. 5 – 2011. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate*.
Forfattere: Deborah Lawrence og Hege Hisdal
- NVE (2011c). *Retningslinjer for flomberegning*.
- NVE (2013). *NVEs flomsonekartlegging – retningslinjer for flomberegning*.
- Norconsult (2012). *Kartlegging av sidevassdrag i Drammen kommune med hensyn til flom*.
- NOU (2010). *Tilpasning til eit klima i endring*. NOU 2010-10.
- Sekse T. (2012). *Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer*. Norsk Vann rapport 192/2012.
- Statens vegvesen (2011). *Håndbok 018*
- Statens Vegvesen (2011). *Håndbok 018 Vegbygging*.
(www.vegvesen.no/_attachment/188382/binary/451494?fast_title=H%C3%A5ndbok+018+Vegbygging+%28+MB%29.pdf).
Besøkt: 28.11.2013
- Stortingsmelding (2013). *Klimatilpasning i Norge*. Stortingsmelding 33 (2012–2013)
- Surendran S., Gibbs G., Wade S. and Udale-Clarke H. (2008). *Supplementary note on flood hazard ratings and thresholds for development planning and control purpose*. – Clarification of the Table 13.1 of FD2320/TR2 and Figure 3.2 of FD2321/TR1.
- Tromsø kommune (2013). *Fremtidens utforming på avskjærende overvannsgrøfter?* Presentasjon ved Kjell Christian Røshol på Vanndammen i Narvik 2013.

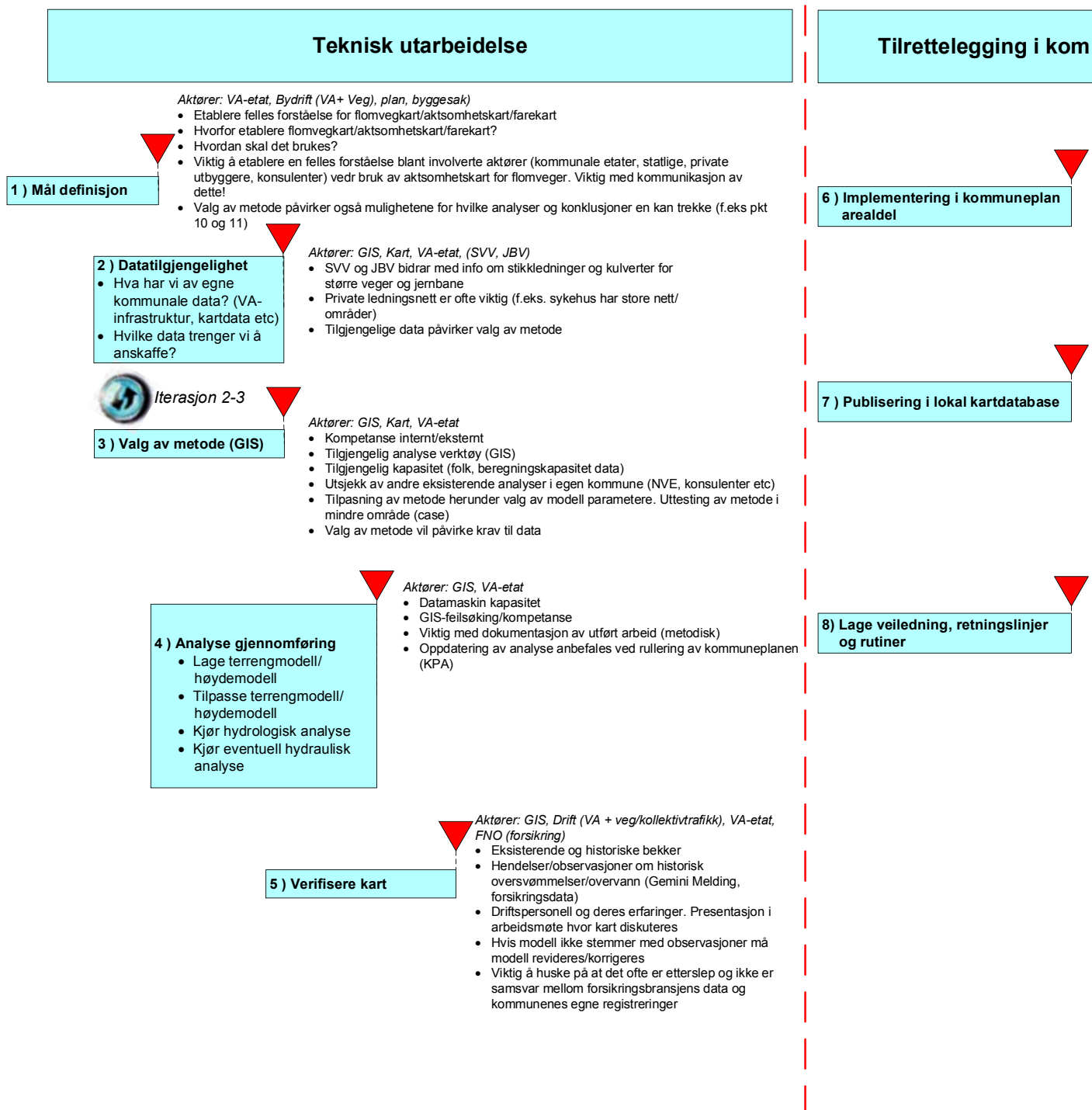
Vedlegg A

Flytskjema for etablering og bruk flomsonekart i

TEGNEFORKLARING:



Flytskjema for etablering og bruk



Vedlegg B

Grenseverdier for fare for mennesker

Kapittel 4.4 viser utregning av i hvilken grad en flomveg utgjør en fare for mennesker. Tabellen under som er hentet fra Defra(2005) viser flere eksempler på sammenhengen mellom faren flomvegen utgjør for mennesker, vanndybde, vannhastighet og andel kvister/ grener som transporteres.

Table 4 – Hazard to People Classification using Hazard Rating ($HR = d \times (v + 0.5) + DF$) for (Source Table 13.1 of FD2320/TR2 - Extended version)

HR	Depth of flooding - d (m)												
	DF = 0.5				DF = 1								
Velocity v (m/s)	0.05	0.10	0.20	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.80	1.00	1.50	2.00	2.50
0.0	0.03+0.5= 0.53	0.05+0.5= -0.55	0.10+0.5= -0.60	0.13+0.5= -0.63	0.15+1.0= -1.15	0.20+1.0= -1.20	0.25+1.0= -1.25	0.30+1.0= -1.30	0.40+1.0= -1.40	0.50+1.0= -1.50	0.75+1.0= -1.75	1.00+1.0= -2.00	1.25+1.0= -2.25
0.1	0.03+0.5= 0.53	0.06+0.5= -0.56	0.12+0.5= -0.62	0.15+0.5= -0.65	0.18+1.0= -1.18	0.24+1.0= -1.24	0.30+1.0= -1.30	0.36+1.0= -1.36	0.48+1.0= -1.48	0.60+1.0= -1.60	0.90+1.0= -1.90	1.20+1.0= -2.20	1.50+1.0= -2.55
0.3	0.04+0.5= 0.54	0.08+0.5= -0.58	0.15+0.5= -0.65	0.19+0.5= -0.69	0.23+1.0= -1.23	0.30+1.0= -1.30	0.38+1.0= -1.38	0.45+1.0= -1.45	0.60+1.0= -1.60	0.75+1.0= -1.75	1.13+1.0= -2.13	1.50+1.0= -2.50	1.88+1.0= -2.88
0.5	0.05+0.5= 0.55	0.10+0.5= -0.60	0.20+0.5= -0.70	0.25+0.5= -0.75	0.30+1.0= -1.30	0.40+1.0= -1.40	0.50+1.0= -1.50	0.60+1.0= -1.60	0.80+1.0= -1.80	1.00+1.0= -2.00	1.50+1.0= -2.50	2.00+1.0= -3.00	2.50+1.0= -3.50
1.0	0.08+0.5= 0.58	0.15+0.5= -0.65	0.30+0.5= -0.80	0.38+0.5= -0.88	0.45+1.0= -1.45	0.60+1.0= -1.60	0.75+1.0= -1.75	0.90+1.0= -1.90	1.20+1.0= -2.20	1.50+1.0= -2.50	2.25+1.0= -3.25	3.00+1.0= -4.00	3.75+1.0= -4.75
1.5	0.10+0.5= 0.60	0.20+0.5= -0.70	0.40+0.5= -0.90	0.50+0.5= -1.00	0.60+1.0= -1.60	0.80+1.0= -1.80	1.00+1.0= -2.00	1.20+1.0= -2.20	1.60+1.0= -2.60	2.00+1.0= -3.00	3.00+1.0= -4.00	4.00+1.0= -5.00	5.00+1.0= -6.00
2.0	0.13+0.5= 0.63	0.25+0.5= -0.75	0.50+0.5= -1.00	0.63+0.5= -1.13	0.75+1.0= -1.75	1.00+1.0= -2.00	1.25+1.0= -2.25	1.50+1.0= -2.50	2.00+1.0= -3.00	3.50	4.75	6.00	7.25
2.5	0.15+0.5= 0.65	0.30+0.5= -0.80	0.60+0.5= -1.10	0.75+0.5= -1.25	0.90+1.0= -1.90	1.20+1.0= -2.20	1.50+1.0= -2.50	1.80+1.0= -2.80	3.40	4.00	5.50	7.00	8.50
3.0	0.18+0.5= 0.68	0.35+0.5= -0.85	0.70+0.5= -1.20	0.88+0.5= -1.38	1.05+1.0= -2.05	1.40+1.0= -2.40	1.75+1.0= -2.75	3.10	3.80	4.50	6.25	8.00	9.75
3.5	0.20+0.5= 0.70	0.40+0.5= -0.90	0.80+0.5= -1.30	1.00+0.5= -1.50	1.20+1.0= -2.20	1.60+1.0= -2.60	3.00	3.40	4.20	5.00	7.00	9.00	11.00
4.0	0.23+0.5= 0.73	0.45+0.5= -0.95	0.90+0.5= -1.40	1.13+0.5= -1.63	1.35+1.0= -2.35	1.80+1.0= -2.80	3.25	3.70	4.60	5.50	7.75	10.00	12.25
4.5	0.25+0.5= 0.75	0.50+0.5= -1.00	1.00+0.5= -1.50	1.25+0.5= -1.75	1.50+1.0= -2.50	2.00+1.0= -3.00	3.50	4.00	5.00	6.00	8.50	11.00	13.50
5.0	0.28+0.5= 0.78	0.60+0.5= -1.10	1.10+0.5= -1.60	1.38+0.5= -1.88	1.65+1.0= -2.65	3.20	3.75	4.30	5.40	6.50	9.25	12.00	14.75
Flood Hazard Rating (HR)		Colour Code		Hazard to People Classification									
Less than 0.75				Very low hazard - Caution									
0.75 to 1.25				Danger for some – includes children, the elderly and the infirm									
1.25 to 2.0				Danger for most – includes the general public									
More than 2.0				Danger for all – includes the emergency services									

TIDLIGERE UTGITTE RAPPORTER

2014	205	Bærekraftig forvaltning av VA-tjenestene	B10	Vannkilden som hygienisk barriere	2002	128	Bruk av resultatindikatorer og benchmarking i effektivitetsmåling av kommunale VA-virksomheter. Erfaringer og anbefalinger fra et prøveprosjekt	
	203	Fra driftsassistanter til regionale vannassistanter	B9	Utvikling av et system for spørreundersøkelser blant VA-kundene		127	Vassdragsforbund for Mjøsa og tilløpselvene – en samarbeidsmodell	
	202	Microbial barrier analysis (MBA) – a guideline	C6	I veien for hverandre – Samordning av rør og kabler i veigrunnen		126	Organisering og effektivisering av VA-sektoren. En mulighetsstudie	
	201	Anskaffelser i vannbransjen				125	Mal for forenklet VA-norm	
	200	Håndtering av overvann fra urbane veger				124	Nødvendig kompetanse for legging av VA-ledninger. Læreplan for ADK 1	
2013	199	Etablering av gode VA-løsninger i spredt bebyggelse	2007	157	Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam. Resultater fra undersøkelsen i 2006/07	123	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Veiledning for utarbeidelse av lokale forskrifter (Utgått)	
	198	Organiske miljøgifter i norsk avløpsslam – Resultater fra undersøkelsen i 2012/13		156	Veiledning for oljeutskilleranlegg	122	Prosesen ved utarbeidelse av miljømål for vannforekomster. Erfaringer og råd fra noen kommuner	
	197	Avløpsanlegg Vurdering av risiko for ytre miljø		155	Norm for merking og FDV-dokumentasjon i VA-sektoren	121	Kjøkkenavfallskverner for håndtering av matavfall. Erfaringer og vurderinger	
	196	Veiledning i tilstandskartlegging og fornyelse av VA-transportsystemer		154	Norm for tagkoding i VA-anlegg	120	Strategi for norske vann- og avløpsverk. Rapport fra strategiprosess 2000/2001	
	195	Sikkerhet og sårbarhet i driftskontrollsystemer for VA-anlegg		153	Norm for symboler i driftskontrollsystemer for VA-sektoren			
2012	B19	Varmepumper i drikkevannsforsyningsssystem	152	Veiledning for anskaffelse av driftskontrollsystemer i VA-sektoren	2001	119	Omstruktureringer i VA-sektoren i Norge. En kartlegging og sammenstilling	
	B18	Kranvannets kokebok for kommunikasjon	151	Veiledning for vedlikeholdssystemer (FDV)		118	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR- teknikk (Erstattet av 138/04)	
	B17	Investeringsbehov i vann- og avløpssektoren	150	Dataflyt – Klassifisering av avløpsledninger		117	VA-juss. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av 134/03)	
			B8	Forprosjekt energinettverk i VA-sektoren		116	Scenarier for VA-sektoren år 2010	
			B7	Sandnesmodellen. Eksempel på system for kommunikasjon og virksomhetsstyring		115	Pumping av avløpsslam. Pumpetyper, erfaringer og tips	
2011	194	Energikriktig design og prosjektering av avløpsrenseanlegg	2006	149	Tilførsel av industrielt avløpsvann til kommunalt nett. Veiledning	114	Nødvendig kompetanse for drift av vannbehandlingsanlegg. Læreplan for driftsoperatør vann	
	193	Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem		148	Veiledning i utarbeidelse av prøvetakingsprogrammer for drikkevann	113	Nødvendig kompetanse for drift av avløpsrenseanlegg. Læreplan for driftsoperatør avløp	
	192	Veiledning for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken		147	Optimal desinfeksjonspraksis for drikkevann	112	Erfaringer med nye renseløsninger for mindre utslipp	
	191	Rettigheter til uttak av vann til allmenn vannforsyning		146	Bærekraftig vedlikehold. Betraktninger av utvalgte problemstillinger knyttet til langsiktig forvaltning av vannledningsnett			
	190	Klimatilpasningstiltak innen vann og avløp i kommunale planer		B6	Kommunikasjonsstrategi for NORVAR og norske vann og avløpsverk	111	Eksempel på driftsinstruks for silanlegg. Cap Clara i Molde kommune	
2010	188	Veiledning for drift av koaguleringsanlegg	2005	B5	Utslipp fra bilvaskehaller	110	Veileder i konkurranseutsetting. Avtaler for drift og vedlikehold av VA-anlegg	
	C8	Omdømmeplattform og -strategi		B4	Vannkvalitet i ledningsnett – Problemoversikt og status. Forprosjekt.	109	Resultatindikatorer som styringsverktøy for VA-ledelsen	
				B3	Kvalitetshaving av nye VA-ledningsanlegg. Kartlegging og tiltaksforslag	108	Data for dokumentasjon av VA-sektorens infrastruktur og resultater	
				C5	Økt sikkerhet og beredskap i vannforsyningen – veiledning	107	Utslipp fra mindre avløpsanlegg. Teknisk veiledning. Foreløpig utgave	
				C4	Effekter av bruk av matavfallskverner på ledningsnett, renseanlegg og avfallsbehandling	106	Effektiv bruk av driftsinformasjon på renseanlegg/mal for rapportering	
2009	187	Kommunal overtakelse av vannverk organisert som andelslag eller samvirkeforetak	2004	145	Inspeksjonsmanual for avløpssystemer. Del 1 – Ledninger	105	Sjekkliste plan- og byggespross for silanlegg	
	186	Veiledning i omorganisering av andelsvannverk til samvirkeforetak		144	Veiledning i overvannshåndtering (Erstattet av 162/08)	104	Nordisk konferanse om nitrogenfjerning og biologisk fosforfjerning 1999	
	185	Fett i avløpsnett. Kartlegging og tiltaksforslag		143	Kartlegging av mulig helserisiko for abonnenter berørt av trykkløst vannledning ved arbeid på ledningsnettet	103	Returstrømmer i renseanlegg. Karakterisering og håndtering	
	184	Tilsyn med utslipp fra avløpsanlegg innen kommunens myndighetsområde		142	NORVARs benchmarkingsprosjekt 2004. Presentasjon av målesystem og resultater for 2003 ed analyse av datamaterialet	102	Oppsummering av resultater og erfaringer fra forsøk og drift av nitrogenfjerning ved norske avløpsrenseanlegg	
	183	Veiledning om regulering av VA-tjenester til næringsmiddelindustri		B2	PressurePuls for deteksjon av lekkasje på vannledninger.	101	Status og strategi for VA-opplæringen	
2008	182	Prøvetaking av avløpsvann og slam	2003	C3	Samarbeid om økt bruk av avløpsslam på grøntarealer	100	Kvalitet, service og pris på kommunale vann- og avløpstjenester	
	181	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng		141	Trenger Norge en VA-lov? Drøfting av behovet for en egen sektorlov for vann og avløp	1999	99	Veiledning i dokumentasjon av utslipp
	180	Fjernavlesning av vannmålere		140	NORVARs videre arbeid med slam. Strategisk plan for prosjektvirksomhet, informasjon og kommunikasjon. Forprosjekt		98	Kvalitetssystemer for VA-ledninger. Mal for prosessen for å komme fram til kvalitetssystem som tilfredsstiller kravene i revidert plan- og bygningslov
	179	Veiledning i utarbeidelse av kommunale gebyrforskrifter for vann og avløp		139	Erfaringar med kloring og UV-stråling av drikkevatt		97	Slamforbrønning (VA-forsk 1999-11). (Samarbeidsprosjekt med VAV)
	B16	Veiledning for kartlegging av energibruk i VA-sektoren		138	Veiledning for kontrahering av rådgivnings- og prosjekteringstjenester innen VAR-teknikk. Revidert utgave		96	Rist- og silgods - karakterisering, behandlings- og disponeringsløsninger
2007	B15	Vannforskriftens økonomiske konsekvenser for kommunesektoren og avløpsanleggene	2002	137	Veiledning i bygging og drift av drikkevannsbasseng (Erstattet av 181/2011)		95	Veileder for valg av riktige sensorer og måleutstyr i VA-teknikken (Erstattet av 192/12)
	C7	Forvaltningspraksis ved norsk damsikkerhet		136	Hygienisk barrierer og kritiske punkter i vannforsyningen: Hva har gått galt?	94	Nettverksamarbeid mellom NORVAR, driftsassistanter og kommuner	
				135	Vannledningsrør i Norge. Historisk utvikling. 26 dimensjonstabeller	1998	93	Videreutvikling av NORVAR. Resultatet av strategisk prosess 1997/98
				134	VA-JUS. Etablering og drift av vann- og avløpsverk sett fra juridisk synsvinkel (Erstattet av boken Vann- og avløpsrett (2010) og nettportalen va-jus.no)		92	Informasjon om VA-sektoren – forprosjekt
				B1	Effektive VA-organisasjoner og tilfredse brukere. Forprosjekt		91	Vurdering av «slamfabrikk» for Østfold
		C2	Stoff for stoff – kilde for kilde. Kvikksølv i avløpsnettet	90	Actiflo-prosjektet ved Flesland ra			
				89	VA-ledningsanlegg etter revidert plan- og bygningslov			
2006	178	Grunnundersøkelser for infiltrasjon – mindre avløpsanlegg	2001	133	IT-strategi for VA-sektoren. Veiledning	88	Vannglass som korrosjonsinhibitor. Resultater fra pilotforsøk i Orkdal kommune	
	177	Drikkevannskvalitet og kommende utfordringer – problemoversikt og status		132	Forslag til nytt system for prosjektvirksomheten i NORVAR	87	Kalsiumkarbonatfiltre for korrosjonskontroll. Uprøving av forskjellige marmormasser	
	176	Statlige gebyrer og avgifter på de kommunale VAR-tjenestene		131	Effektivisering av avløpssektoren	86	Behandling og disponering av vannverksslam. Forprosjekt	
	175	Vann og avløp for nye i bransjen – læreplan. E-læring og samlinger		130	Gjenanskaffelseskostnadene for norske VA-anlegg	85	Effektiv partikkelseparasjon innen avløps-teknikken	
	174	Hygienisering av avløpsslam. Langtidslagring og enkel rankekompatering. Resultater fra 3 års valideringstesting		129	Rørinspeksjon med videokamera. Veiledning/ rapportering hovedledninger	84	Forfall og fornyelse av ledningsnett	
2005	173	Veiledning for bruk av støpejernsrør	2000	C1	Sårbarhet i vannforsyningen			
	B14	Klimatilpasningstiltak i VA-sektoren – forprosjekt						
	B13	Silslam – mengder, behandlingsløsninger og bruksområder. Forprosjekt.						



Norsk Vann BA, Vangsvegen 143, 2321 Hamar
Tlf: 62 55 30 30 E-post: post@norsk vann.no
www.norsk vann.no