



NVE



VEILEDER NR. 2 / 2023

Kartlegging av fare fra overvann

NVE Veileder nr. 2/2023

Kartlegging av fare fra overvann

Redaktører: Kristina Tvedalen og Ina Storteig
Forfattere: Kristina Tvedalen, Ina Storteig, Anne Kristina Fleig, Ole Fjellstad Holt og Turid Bakken Pedersen
Forsidefoto: Overvann fra styrtregn 16.august 2022 ved Sinsenkrysset i Oslo.
Foto: Ina Storteig/NVE

ISBN (trykt utg.): 978-82-410-2342-2
ISBN (online): 978-82-410-2343-9
ISSN(trykt utg.): 1501-0678
ISSN (online): 2704-0356
Saksnummer: 202115598

Sammendrag: Veilederen foreslår hva bestillinger av kartlegging av fare fra overvann bør inneholde. Veilederen inneholder også tekniske anbefalinger til hvordan faren fra overvann kan kartlegges med metodene GIS-verktøy og hydrauliske overflatemodeller. Vi gir anbefalinger til kartleggingsmetodene når det gjelder datagrunnlaget, valgene man må ta underveis, hvordan man bruker resultatene til å lage hensynssoner for overvann til bruk i arealplankart, og hvordan usikkerheten til utredningen kan vurderes.

Emneord: Overvann, urbanhydrologi, grunnvann, vassdrag, akseptabel risiko, arealplan, kommuneplan, reguleringsplan, områdereguleringsplan, detaljreguleringsplan, kartlegging, GIS, hydraulisk overflatemodell

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

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

September, 2023

Innholdet kan brukes videre mot kreditering. Du kan henvise til veilederen slik:

Tekst:

Tvedalen, K., Storteig, I., Fleig, A.K., Holt, O.F. & Pedersen, T.B. (2023). *Kartlegging av fare fra overvann* (NVE Veileder nr. 2/2023). NVE. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2023/veileder2023_02.pdf

Foto:

Ina Storteig/NVE

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Innledning	6
1.1 Formål og avgrensing	6
1.2 Målgruppe	6
1.3 Virkeområde.....	6
1.4 Leseveiledning	7
1.5 Skal man kartlegge overvann eller vassdrag?	8
1.6 Kartlegging på ulike plannivåer	8
1.6.1 Kommuneplan	10
1.6.2 Reguleringsplan	11
1.7 Akseptabel risiko og overvann	12
2 Veiledning til bestilling	14
2.1 Bestillingen bør stille krav til leveransen	14
2.2 Oppmålinger og observasjoner	14
2.3 Innholdet i en bestilling	15
3 Slik kan faren for overvann utredes	17
3.1 GIS-analyser	17
3.1.1 Forarbeid	17
3.1.2 Analyser	18
3.1.3 Befaring	19
3.1.4 Fra resultater til hensynssoner	20
3.1.5 Vurdering av usikkerhet	21
3.2 Hydraulisk overflatemodellering	22
3.2.1 Forarbeid	23
3.2.2 Modelloppsett og kjøring	23
3.2.3 Befaring	31
3.2.4 Kalibrering, validering og følsomhetsanalyse	31
3.2.5 Fra resultater til hensynssoner	33
3.2.6 Vurdering av usikkerhet	34
Litteratur.....	36
Vedlegg A Begreper.....	39
Vedlegg B Innsamling av observasjoner	42
B.1 Observasjoner til GIS-analyser og hydrauliske overflatemodeller	42
B.2 Observasjoner til hydraulisk overflatemodell	44
Vedlegg C CDS-regn	46
Vedlegg D Fremgangsmåte for å beregne lavpunkter	47
Vedlegg E Rapportmal	48
Vedlegg F Vurdering av modellusikkerhet.....	50

Forord

Overvann er avrenning på overflaten som følge av nedbør eller smeltevann. Overvann kan føre til lokal oversvømmelse og store skader. Et klima i endring gir økte utfordringer med overvann. En del av skadeforebyggingen er å unngå og bygge i områder hvor det kan oppstå skade fra overvann, eller gjøre avbøtende tiltak. Gjennom god arealplanlegging kan man redusere risikoen for skader som følge av overvann.

Kommunene er ansvarlige for å håndtere overvann gjennom å planlegge i tråd med plan- og bygningsloven. NVE skal bistå kommunene med å forebygge skader fra overvann gjennom kunnskap om urbanhydrologi og veiledning til arealplanlegging. Denne veilederen viser hvordan fare fra overvann kan kartlegges i arealplaner. Den er ment som en støtte i kommunenes arbeid med å forebygge overvannsskader i arealplaner.

I arbeidet med denne veilederen har vi hatt en referansegruppe med eksterne deltakere som representerer bransjen som jobber med overvann, og som har kompetanse om det. Bransjen har vært representert av norske kommuner, rådgivende ingeniører og utdanningssektoren. Vi vil gjerne takke alle i referansegruppen for at de har bidratt med tid og kompetanse. Innspillene deres har vært viktige for å heve kvaliteten på veilederen.

Deltakerne i referansegruppa har vært Marit Aase og Nazia Zia fra Bergen kommune, Julie Landrein fra Stavanger kommune, Birgitte G. Johannessen og Ganesh Hiriyanna Rao Ravindra fra Trondheim kommune, Julia Kvitsjøen fra Oslo kommune, Kim H. Paus fra Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU), Tone Muthanna fra Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), Øystein Rapp og Torbjørn Friborg¹ fra Sweco AS, Eloi Denamur og William Stott fra Multiconsult Norge AS og Erik Mårtensson og Christofer Karlsson fra DHI AS.

En stor takk også til alle som har gitt høringsuttalelse i den offentlige høringen i april 2023, og til alle interne i NVE som har bidratt underveis i arbeidet.

NVE tar gjerne imot forslag til hvordan veilederen kan forbedres. Kommentarer og forslag til forbedringer kan sendes til nve@nve.no merket «Innspill til NVE-veileder 2/2023».

Oslo, september 2023

Hege Hisdal
direktør
Hydrologisk avdeling

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Dokumentet sendes uten overskrift. Det er godkjent etter interne rutiner.

¹ Jobber nå i Envidan.

Sammendrag

NVE skal bistå kommunene med å forebygge skader fra overvann gjennom kunnskap om urbanhydrologi og veiledning til arealplanlegging. Denne veilederen er en del av dette arbeidet. NVE har tidligere gitt ut veileder nr. 4/2022 «Rettleier for handtering av overvatn i arealplaner». Denne veilederen, nr. 2/2023, er en oppfølging av nr. 4/2022.

Veilederen beskriver hvilke verktøy som kan brukes til å kartlegge faren fra overvann i arealplaner. Den inneholder også en oversikt over det kommunale plansystemet, og hva som skal utredes på de ulike plannivåene.

Veilederen foreslår hva bestillinger av kartlegging av fare fra overvann bør inneholde. Målgruppen for denne delen er først og fremst oppdragsgivere som bestiller en kartlegging av fare fra overvann til en arealplan.

Veilederen inneholder også tekniske anbefalinger til hvordan faren fra overvann kan kartlegges med metodene GIS-verktøy og hydrauliske overflatemodeller. Vi gir anbefalinger til datagrunnlaget, valgene man må ta underveis, hvordan man bruker resultatene til å lage hensynssoner for overvann til bruk i arealplankart, og hvordan usikkerheten til utredningen kan vurderes, for de to kartleggingsmetodene.

1 Innledning

1.1 Formål og avgrensing

Formålet med denne veilederen er todelt. For det første er veilederen en oppfølging av NVEs veileder nr. 4/2022 «Rettleier for håndtering av overvann i arealplaner» (Norges vassdrags- og energidirektorat [NVE], 2022a). NVE (2022a) gir en oversikt over hvilke verktøy man kan bruke for å kartlegge arealer som er utsatt for fare fra overvann i kommunale arealplaner (videre omtalt som arealplaner). Denne veilederen beskriver hvordan verktøyene kan brukes, og kommer med tekniske anbefalinger.

For det andre er denne veilederen ment som et hjelpemiddel til å øke kvaliteten og etterprøvbareheten til kartlegginger av områder som er utsatt for fare fra overvann i arealplaner.

Vannkvalitet er ikke en del av denne veilederen, selv om vannforurensninger ofte følger de samme nedbørhendelsene som vi omtaler her. Veilederen beskriver heller ikke kartleggingen av fare fra overvann under vinterforhold når det er snø, tele i bakken og snøsmelting, og den tar ikke for seg erosjon som følge av overvannsavrenning.

Når det gjelder modeller, begrenser omtalen seg til hydrauliske overflatemodeller som simulerer vannets strømning i to dimensjoner (2D) på terrengoverflaten som følge av nedbør (pluviale flommer). Avløpsmodeller av det kommunale avløpsnett og rørstrømmålinger til å kalibrere og validere slike modeller, er ikke tatt med i veilederen. Veilederen beskriver heller ikke hvordan risikoreduserende tiltak og lokale overvannstiltak kan modelleres.

1.2 Målgruppe

Målgruppen er både oppdragsgivere som bestiller overvannsutredninger, og dem som utfører overvannsutredninger. Oppdragsgivere i denne sammenhengen er både kommuner og offentlige og private som utarbeider planforslag. De som er utførende av overvannsutredningene kan være ansatt hos oppdragsgiveren eller i rådgivende ingeniørfirmaer.

Tverrfaglig samarbeid er nødvendig for å sørge for god håndtering av overvann i arealplaner. For at vi som samfunn skal kunne bygge i områder med god nok sikkerhet mot fare og skade fra overvann, er det nødvendig at flere fagfelt jobber sammen. Vi oppfordrer både oppdragsgivere og dem som utfører utredningen til å legge til rette for godt samarbeid mellom blant annet kommunale myndigheter, jurister, arealplanleggere, landskapsarkitekter, geologer, hydrologer, geoteknikere, hydrogeologer, hydraulikere, ingeniører innen vann og avløp (VA) og andre som jobber med overvann i arealplaner.

1.3 Virkeområde

Denne veilederen handler om overvann i arealplaner. NVEs veiledningsansvar innen overvann omfatter alle plannivåer i arealplaner. Veilederen inneholder anbefalinger, men ikke krav.

Risikoen for skade fra overvann kan deles inn i to nivåer: risiko i påregnelige driftssituasjoner og i ekstreme driftssituasjoner (NVE, 2022a, s. 10). Denne veilederen beskriver hvordan ulike verktøy kan brukes til å kartlegge fare fra overvann i ekstreme driftssituasjoner på ulike nivåer i arealplaner.

Påregnelig driftssituasjon innebærer at avrenningen er høyere enn normalt, men ikke overstiger kapasiteten i rørledninger eller i lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner er risikoen forbundet med overløpsdrift, forurensing, tilbakeslag i kjellere, lokal oversvømmelse eller skade på teknisk infrastruktur (NVE, 2022a, s. 10).

Ekstrem driftssituasjon er når overvann regnes som en naturfare, og innebærer at avrenningen overstiger kapasiteten til rørledninger og lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner kan det være fare for tap av liv, skade på bygninger og infrastruktur og redusert fremkommelighet (NVE, 2022a, s. 10). Denne veilederen beskriver hvordan fare fra overvann i ekstreme driftssituasjoner kan kartlegges i forbindelse med arealplaner.

1.4 Leseveiledning

Veilederen er delt inn i tre hoveddeler:

1. dette innledende kapitlet (kapittel 1)
2. hva som bør være med i en bestilling av kartlegging av overvann i arealplaner (kapittel 2)
3. hvordan selve kartleggingen bør utføres (kapittel 3)

I tillegg kommer vedlegg.

Veilederen har dessuten tre primære målgrupper:

- Kapittel 1 og Vedlegg A Begreper er for alle lesere.
- Kapittel 2 om bestilling og Vedlegg B om observasjoner er primært for bestillere, men vil også kunne være nyttig for dem som utfører utredningene.
- Kapittel 3 og Vedlegg C-F er beregnet på dem som utfører utredningene.

Kapittel 1 tar for seg når overvann og vassdrag bør utredes (kapittel 1.5). Videre tar det for seg hva som skal utredes når det gjelder overvann på de ulike plannivåene i arealplanleggingen (kapittel 1.6). Kapitlet 1.6 forutsetter grunnleggende kjennskap til arealplanlegging. Hvilken risiko vi bør planlegge ut ifra – akseptabel risiko – når det gjelder overvann, inkludert NVEs forslag til dette, er beskrevet i kapittel 1.7.

Kapittel 2 inneholder veiledning til bestilling av overvannsutredninger til arealplaner. Kapitlet inneholder anbefalinger om hva som bør være avklart i forkant av en bestilling og hva en bestilling bør inneholde.

Kapittel 3 inneholder anbefalinger til kartleggingsmetodene med analyser i geografiske informasjonssystemer (GIS-analyser) (kapittel 3.1) og hydraulisk overflatemodellering (kapittel 3.2). Kapitlet gir anbefalinger til hvordan man kan gå fra GIS- og modellresultater til hensynssoner til arealplankart (kapittel 3.1.4 og kapittel 3.2.5).

1.5 Skal man kartlegge overvann eller vassdrag?

Overvann skiller seg fra vassdragsflom ved at oversvømmelsene ikke kan kobles til et definert bekkeløp, elv eller innsjø. Overvann oppstår som følge av at regn og smeltevann samler seg på overflaten. Når man skal gjøre en utredning av hvor vann på overflaten vil utgjøre en fare, må man ta stilling til om arealene skal utredes som vassdrag etter vannressursloven § 2, områder utsatt for overvannsfare eller både vassdrag og områder utsatt for overvannsfare. Hvis områdene er utsatt for fare fra overvann, faller de inn under de generelle kravene om sikkerhet mot naturpåkjenning i plan- og bygningsloven § 28-1 og byggt teknisk forskrift (TEK17) § 7-1.

Denne veilederen, sammen med NVE (2022a), gir anbefalinger til de generelle kravene om sikkerhet mot naturpåkjenning i TEK17 § 7-1 når det gjelder overvann. Det vil si for arealer som normalt er tørre og som ikke er utsatt for flom fra vassdrag. Det kan i tillegg være nødvendig å benytte kommunens veiledere.

Hvis det renner et vassdrag gjennom planområdet, vil vanligvis kravene i TEK17 § 7-2 gjelde. I noen tilfeller er det ikke opplagt hva som er et vassdrag. Da bør det drøftes om det innenfor området som skal kartlegges er vassdrag etter definisjonen av vassdrag i vannressursloven § 2, eller om området består av arealer som normalt er tørre. Det er opp til vedtaksmyndigheten, som i arealplansaker er kommunen, å fatte beslutning om hva som er et vassdrag (NVE, 2022a, s. 28). Ved utredning av fare for flom er det aktuelt å bruke NVEs veiledere innen temaet (NVE, 2022c; NVE, 2022d).

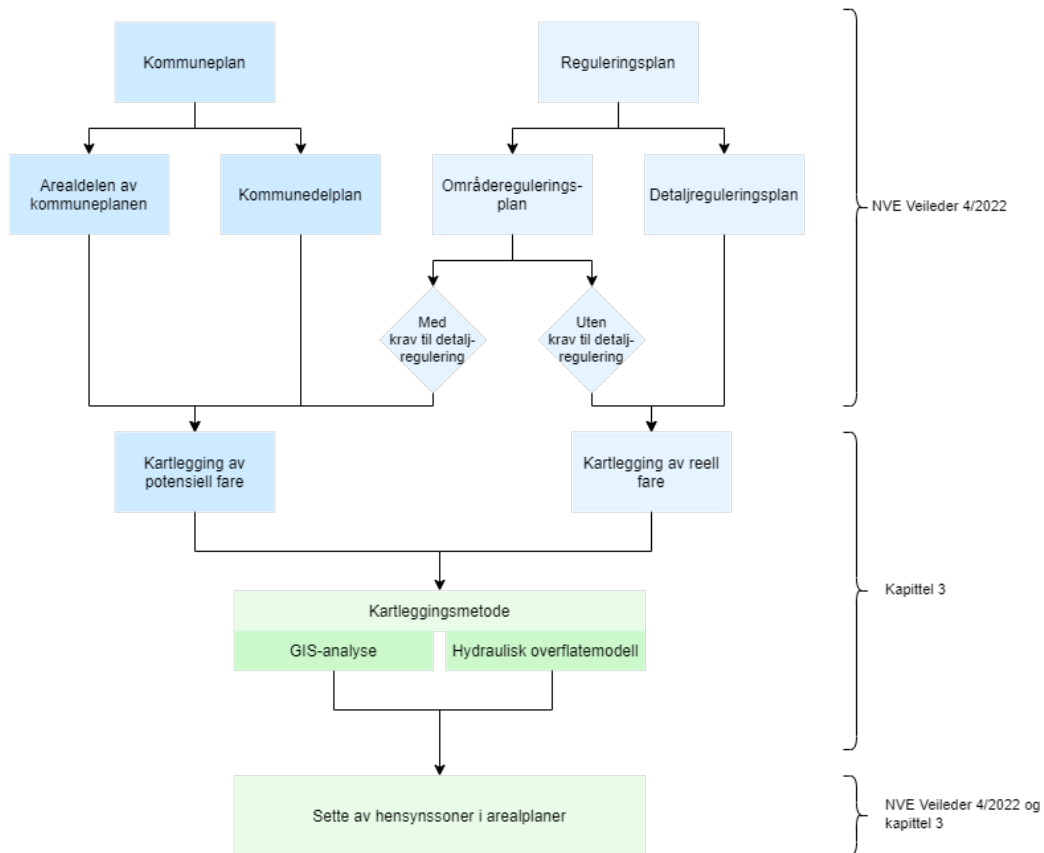
I mange tilfeller vil det innenfor et planområde finnes vassdrag i tillegg til arealer som normalt er tørre. Da vil det være behov for å utrede fare for både flom fra vassdrag og overvann. I slike tilfeller skal kartleggingen av fare for flom og overvann utføres av personer med fagkompetanse innen både VA (vann og avløp), hydrologi og hydraulikk, og disse skal samarbeide når flom og overvann kan påvirke hverandre.

1.6 Kartlegging på ulike plannivåer

Det er en planoppgave å sørge for en helhetlig forvaltning av vannets kretsløp, og å gjøre tilpasning til forventede klimaendringer, jf. plan- og bygningsloven (pbl) § 3-1, første ledd bokstav i) og g). Helhetlig forvaltning forutsetter at utbyggingen tar hensyn til og tilpasser seg nedbørfeltets kapasitet til å infiltrere, fordrøye og lede vekk vann. Vannet må få plass og det er viktig å spille på lag med de naturlige forholdene på stedet.

Arealplanlegging utføres på to plannivåer: kommuneplaner og reguleringsplaner. Reguleringsplaner deles videre inn i to typer: områderegulering og detaljregulering (se figur 1). Når kommunen ser behov for nødvendige avklaringer for et større område, kan det utarbeides en områdereguleringsplan. Detaljregulering er det siste plannivået før byggesak og brukes for å følge opp områderegulering og kommuneplanens arealdel (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2022, s. 15). Arealplaner er regulert av plan- og bygningsloven.

Arealplaner



Figur 1 Det kommunale plansystemet og kartlegging på ulike plannivåer.

Kartlegging av fare fra overvann må tilpasses plannivået, størrelsen på planområdet og formålet med planen. Fortetting eller transformasjon av et område kan kreve en mer detaljert kartlegging tidligere i planprosessen enn utbygging i et helt nytt område.

Uansett plannivå bør usikkerhetene i den valgte kartleggingsmetoden belyses. De rettslige beslutningene vil bli direkte påvirket av usikkerhetene i resultatene (Taubøll og Paus, 2022, s. 106). Hvis man har mange konservative valg i en utredning, kan det føre til at for store arealer blir tatt inn som hensynssoner i arealplankartet. I motsatt fall – hvis man har vært for forsiktig i antagelsene – vil for små arealer bli tatt inn som hensynssoner i arealplankartet.

Krav til sikker byggegrunn

Områder med potensiell fare fra overvann bør synliggjøres i kommuneplanens arealdel, mens områder med reell fare skal være avklart på siste plannivå. Plan- og bygningslovens krav om sikker byggegrunn (§ 28-1) og sikker avledning av overvann (§ 27-2) er førende for planen, selv om kravene er plassert i lovens byggesaksdel (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018; NVE, 2022a, s. 31).

Kravet til sikker byggegrunn i plan- og bygningsloven (§ 28-1) innebærer at sikkerheten også må vurderes for andre tomter. For overvann gjelder det spesielt for områder nedstrøms planområdet (Taubøll og Paus, 2022, s. 99).

Flere forhold kan føre til at plangrensen bør vurderes på nytt. Dersom utbyggingen som planen legger til rette for, øker faren for erosjon eller større avrenning, kan det være nødvendig å vurdere og analysere arealer utenfor planområdet. Det kan være aktuelt å utvide planområdet hvis planleggingen av overvannshåndtering i reguleringsplanen fører til økt fare fra overvann utenfor planområdet (NVE, 2022a, s. 45–46 og s. 48).

Kommende lovendringer

Stortinget har vedtatt endringer i plan- og bygningsloven, som trer i kraft 1. januar 2024. Kommunene vil etter dette få hjemler til å kreve at private gjennomfører tiltak for overvann. Dette gjelder både ved nybygging og på helt eller delvis utbygde områder (Prop. 125 L (2021-2022), jf. Innst. 35 L (2022-2023)). Lovendringene skal gi bedre virkemidler for å håndtere overvann i fremtiden.

Etter lovendringen vil krav til overvannshåndtering i plan- og bygningsloven bli flyttet til en ny § 28-10. Endringen skal ikke innebære noen realitetsendring. Dette betyr at det ikke skjer en faktisk endring av hvordan bestemmelsen skal tolkes og praktiseres. En kan si at endringen i dette tilfellet bare knytter seg til at lovhjemmelen blir flyttet, uten at vi skal tolke eller anvende kravene på en annen måte enn før. Det skal videre gå frem av lovbestemmelsen at forsvarlig avrenning skal sikres og opparbeides der det er nødvendig. Det lovfestes at overvann i første omgang skal infiltreres på eiendommen, for deretter å fordrøyes. Det gjenstående overvannet skal ledes videre på en forsvarlig måte (Prop. 125 L (2021-2022), s. 51).

1.6.1 Kommuneplan

I kommuneplanens arealdel må områder med potensiell fare fra overvann kartlegges og innarbeides som hensynssoner i plankartet der det er nødvendig (NVE, 2022a, s. 38). Et aktsomhetskart for overvann viser områder hvor fare for overvann potensielt kan inntreffe.

NVE har laget nasjonale aktsomhetskart for flom som viser områder som potensielt er utsatt for oversvømmelse ved vassdragsflom. For overvann finnes det ikke noe nasjonalt aktsomhetskart for overvann som viser områder med potensiell fare fra overvann. Kommunen bør derfor sørge for at aktsomhetsområder for overvann kartlegges og innarbeides i kommuneplanens arealdel som hensynssoner med tilhørende bestemmelser (se kapittel 4.4.2 i NVE (2022a)).

Til kommuneplanen bør kommunen sørge for helhetlig forvaltning av nedbørfeltene og skaffe oversikt over trygge sammenhengende flomveier frem til resipienten, store fordrøyningsarealer, områder egnet for infiltrasjon og andre risikoreduserende tiltak (NVE, 2022a, s. 38 og s. 48). Ta utgangspunkt i de naturlige vannveiene.

Ofte vil en GIS-analyse som gir hensynssoner, være tilstrekkelig som aktsomhetskartlegging til en kommuneplan. Som regel starter en kartlegging av fare fra overvann med en GIS-analyse, og kapittel 3.1. gir veiledning til utførelse av GIS-analyser.

Merk at GIS-analyser ikke gir informasjon om vannmengder og hydrologiske og hydrauliske endringer over bakken eller i det kommunale avløpsnett. GIS-analyse er uegnet i områder hvor vannet tar flere eller nye løp, ettersom dreneringslinjer i GIS-analyser ikke har mulighet for å dele seg eller ta nye veier som følge av erosjon (Taubøll og Paus, 2022, s. 110).

Det kan derfor være behov for mer detaljerte analyser ved bruk av en hydraulisk overflatemodell for å få god nok kunnskap om potensiell fare fra overvann. Slike områder kan være i byer med komplisert overvannsinfrastruktur (NVE, 2022a, s. 49). En hydraulisk overflatemodell gir vanndybder, -hastigheter og -utbredelse som resultat av en dynamisk simulering. En del slike modeller kan kobles til avløpsmodeller av det kommunale avløpsnett (ikke omtalt videre i veilederen). Kapittel 3.2 gir veiledning til hydraulisk overflatemodell i forbindelse med kartlegging av fare fra overvann.

1.6.2 Reguleringsplan

Den reelle faren for overvann må være avklart på siste plannivå. Vi legger til grunn at reguleringsplanen er siste plannivå, i tråd med [Rundskriv H-5/18](#) fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018, s. 12). Etter kravet til ROS-analyse i plan- og bygningsloven § 4-3 er det ikke mulig å utsette utredningen av den reelle faren til byggesak. Vi gjør oppmerksom på at «[d]er kommuneplanens arealdel har hjemmel for direkte realisering uten krav om reguleringsplan, må kartleggingen og oppfølgingen av risiko- og sårbarhetsforhold tilsvare reguleringsplannivået.» (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018, s. 12).

Utredningen av den reelle faren for overvann krever ofte høyere detaljeringsgrad enn utredningen av potensiell fare. Spesielt gjelder dette for detaljreguleringsplaner, som er det aller siste plannivået. For at planen skal kunne godkjennes med tanke på overvann, må utredningene vise

- at områdene som bygges ut har tilstrekkelig sikkerhet mot fare fra overvann
- at andre ikke blir påført større fare eller skade som følge av utbyggingen
- eventuelle risikoreduserende tiltak som er nødvendige for at sikkerheten skal være tilfredsstillende (NVE, 2022a, s. 49)

Farekartlagte områder skal vises i plandokumentene og innarbeides i planen som hensynssoner med tilhørende bestemmelser som ivaretar tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann (se kapittel 4.5 i NVE (2022a)).

Utredningen av den reelle faren for overvann må ivareta punktene over. Til slike utredninger kan hydraulisk overflatemodellering være et nyttig verktøy. Modellene kan være både med og uten kobling til avløpsnett, ut ifra hva som eksisterer av infrastruktur i det aktuelle området, og hva som er hensiktsmessig. Vassdrag i området kan inngå i modellen, men merk at det er forskriftfestede krav til utredning av flomfare (se kapittel 1.5). Med modeller kan man vise hvilke risikoreduserende tiltak som er egnet for å oppnå god nok sikkerhet. Eksempler på risikoreduserende tiltak er omtalt i kapittel 7 i NVE (2022a).

Ved utredning av den reelle faren for overvann er en GIS-analyse (kapittel 3.1) et godt hjelpemiddel. Hvis den planlagte utbyggingen ikke ligger i nærheten av aktsomhetsområder for overvann, vil det vanligvis ikke være behov for en mer detaljert kartlegging av den reelle faren med bruk av hydraulisk overflatemodell. Det er likevel viktig å være oppmerksom på at en GIS-analyse ikke alltid vil gi større eller mer konservative hensynssoner enn hensynssonene fra en hydraulisk overflatemodell.

Merk at hvis man tar utgangspunkt i en eksisterende GIS-analyse, kan det være behov for å gjøre en oppdatert analyse som for eksempel inneholder en oppdatert terrengmodell, en

terrengmodell med finere oppløsning eller befaring og nye innmålinger av kritiske punkter i tilknytning til overvann.

Hvis det planlegges utbygging som ligger i nærheten av eller berører aktsomhetsområder for overvann, bør man først vurdere å styre utbyggingen vekk fra disse. På den måten vil de naturlige vannveiene ivaretas. Hvis det ikke er mulig å styre utbyggingen vekk fra aktsomhetsområdene for overvann, må man skaffe flere detaljer om faren. NVE foreslår at denne kunnskapen skaffes ved bruk av en hydraulisk overflatemodell. Modellerte tall for vanndybde (D) og vannhastighet (V) og produktet av de to (DV) for de oversvømte arealene kan brukes til å angi hvilke arealer som er utsatt for fare fra overvann.

1.7 Akseptabel risiko og overvann

En forutsetning for å fastsette om et område er utsatt for fare, er at man som samfunn må beslutte hvilken risiko man er villig til å akseptere i en gitt sammenheng, basert på verdiene i samfunnet. Det vil si akseptabel risiko (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018, s. 2). Risiko er en kombinasjon av sannsynlighet og konsekvens.

For overvann er akseptabel risiko foreløpig ikke fastsatt i lov eller forskrift, slik det er for vassdragsflom (TEK17 § 7-2). I arealplaner må kommunen bestemme hva som er akseptabel risiko for skade fra overvann basert på fagkyndige vurderinger og lokal skjønnsmyndighet (Kommunal- og moderniseringsdepartementet, 2018).

Akseptabel risiko vil være det samme i både kommune- og reguleringsplaner. Forskjellene i utredninger til de ulike plannivåene er om det er potensiell eller reell fare som utredes, som vil si hvor detaljert kunnskap man har om faren.

Etter lovendringene i plan- og bygningsloven som trer i kraft 1. januar 2024 vil det bli innført en hjemmel til et forskriftsfestet nivå for akseptabel risiko for overvann. Et slikt forskriftsfestet nivå for akseptabel risiko setter en nasjonal standard for hvor ofte innbyggerne i en kommune kan regne med å oppleve overvannshendelser som fører til skade eller vesentlig ulempe (Prop. 125 L (2021-2022), s. 5–6.). Lovproposisjonen foreslår at TEK17 § 15-8 skal oppgi at overvannsløsningen skal sikres til klimajustert 100-års gjentaksintervall (Prop. 125 L (2021-2022), s. 37).

Inntil videre foreslår vi å bruke forslaget vårt til akseptabel risiko for overvann (se nedenfor).

NVEs forslag til akseptabel risiko for overvann

NVE (2022a) har utarbeidet et forslag til akseptabel risiko for fare fra overvann. Dette kan kommunen bruke dersom kommunens kartlegging ikke finner at et annet nivå for akseptabel risiko er mer i tråd med kravene til sikkerhet i plan- og bygningsloven § 28-1.

NVE anbefaler å legge til grunn et klimajustert 100-årsregn og tilhørende foreslåtte grenseverdier for D, V og DV. Grenseverdiene er ikke ment å gjelde for planlagte flomveier. Flomveier og andre risikoreduserende tiltak bør til sammen kunne håndtere dette klimajusterte 100-årsregnet. Anbefalingen gjelder for arealer hvor sikkerhet mot flom ikke gjelder (TEK17 § 7-2, se kapittel 1.2). Forslag til grenseverdier for D, V og DV for ulike arealformål er angitt i kapittel 4.1.2 i NVE (2022a).

NVEs forslag til akseptabel risiko for overvann består av både sannsynlighet og konsekvens. Sannsynligheten er gitt av gjentaksintervallet til nedbøren, 100-årsregnet, mens

grenseverdiene for D, V og DV angir konsekvensen man er villig til å akseptere for ulike arealformål.

Merk at NVEs forslag til sannsynlighet i tilknytning til den akseptable risikoen for overvann ikke er den samme som er fastsatt i forskrift når det gjelder sikkerhet mot flom (TEK17, § 7-2). Sannsynligheten i vårt forslag er knyttet til nedbøren – ikke vannføringen som for flom. Vi tar utgangspunkt i nedbør og ikke avrenning, fordi det finnes mye mer data for nedbør enn avrenning i tilknytning til overvann.

Grunnen til å velge gjentaksintervallet 100 år, og ikke for eksempel 200 år som gjelder for sikkerhetsklasse F2 i TEK17 § 7-2 og som ble foreslått i NOU 2015: 16, er at det er betydelig mer usikkerhet knyttet til 200-års gjentaksintervallet for nedbør enn 100-års gjentaksintervallet for nedbør. I tillegg er det ikke dokumentert et entydig forhold mellom nedbør og avrenning. 100-års nedbør kan føre til en avrenning med høyere gjentaksintervall enn 100 år, avhengig av blant annet fuktighetsforholdene i bakken når nedbøren starter. NVEs begrunnelse for valg av 100-årsregn er forklart mer i detalj i NVE (2022a, s. 23-24).

Kommunen bør kartlegge konsekvensen av styrtregn i beredskapsarbeidet

Det er en risiko for hendelser som overstiger akseptable risikonivå, og som krever beredskap. I forbindelse med kommunalt beredskapsarbeid med overordnet risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse) etter sivilbeskyttelsesloven § 14 anbefaler NVE at kommunen drøfter konsekvensen av en nedbørhendelse på 60–80 mm nedbør i løpet av én time over tett bebygde områder (NVE, 2022a, s. 35.). Hvordan dette bør gjøres er beskrevet i annen nasjonal veiledning (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016).

2 Veiledning til bestilling

2.1 Bestillingen bør stille krav til leveransen

Bestillingen setter rammene for hva som blir utredet, og til innholdet i den endelige leveransen. Derfor er det viktig at en bestilling inneholder informasjon om hva leveransen skal brukes til, og krav til innholdet.

Befaring, et oppstartsmøte og et overleveringsmøte bør som minimum alltid inngå i oppdraget.

Vi anbefaler at det spesifiseres i bestillingen at alt av datagrunnlag, GIS-filer, modellfiler og resultatfiler oversendes oppdragsgiveren sammen med en rapport som er utformet slik at oppdraget kan etterprøves.

I bestillingen kan man stille krav til at hensynssonen(e) i leveransen inneholder informasjon om opprettelsesdatoer, metode, kvalitet, type hensynssoner osv. Dersom oppdragsgiveren selv ikke skal bearbeide resultatene, bør det spesifiseres i bestillingen at hensynssonene skal leveres i et egnet format, for eksempel SOSI, i tillegg til i originalformatet.

Bestillingen bør presisere at også konsekvensene for nabotomter skal vurderes i utredningen. Utredningen bør vise eventuelle risikoreducerende tiltak som er nødvendige for å oppnå god nok sikkerhet (NVE, 2022a, s. 49).

Hvis det skal benyttes en hydraulisk overflatemodell, bør det som regel alltid utføres og beskrives en følsomhetsanalyse av sentrale modellparametere som en del av modelleringen. Følsomhetsanalyser er spesielt viktig for ukalibrerte modeller. Man bør etterstrebe å kalibrere og validere modellen mot observasjoner på overflaten av vannstand og vannutbredelse sammen med samtidige tidsserier for nedbør. Det vil bidra til å redusere usikkerheten i modellresultatene.

Hvis den hydrauliske overflatemodellen skal kobles til en eksisterende avløpsmodell av det kommunale avløpsnettets, bør kvaliteten på avløpsmodellen og informasjon om den beskrives i bestillingen. Hvis avløpsmodellen er gammel, bør man vurdere om det er behov for å oppdatere den eller etablere en ny modell som kalibreres og valideres mot nyere observasjoner fra avløpsnettets. NVE (2023) beskriver hvordan vannføringsdata fra avløpsnettets kan hentes inn.

2.2 Oppmålinger og observasjoner

Vurder behovet for oppmålinger

Oppdragsgiveren bør skaffe oversikt over hvilke grunnlagsdata som finnes, og som mangler, for å kartlegge faren for overvann godt nok. Noen viktige data som det kan være aktuelt å oppdatere med nye oppmålinger er spesielt terrenggrunnlaget og innmålinger av kritiske punkter i tilknytning til overvann, for eksempel stikkrenner.

Oppdragsgiveren bør i bestillingen opplyse om hvilke data som finnes, hvilke data det finnes planer for å hente inn til kartleggingen, og hvem som skal skaffe dataene. En kommune kan for eksempel velge å selv kartlegge kritiske punkter i tilknytning til overvann, eller å be om at konsulenten gjør det som en del av kartleggingen. Hva som eventuelt skal samles inn og hvem som skal gjøre det, bør gå frem av bestillingen, i tillegg til hvilke data som allerede finnes.

Historiske overvannshendelser

Bestillingen bør opplyse om hvilken informasjon som finnes om historiske overvannshendelser (bilder, videoer, avisartikler, dataserier osv.). Slik type informasjon kan benyttes til å verifisere kartleggingen, både ved bruk av GIS-analyser og hydrauliske overflatemodeller. Hvordan man kan innhente og lagre informasjon om overvannshendelser er beskrevet i vedlegg B.1.

Hvis det finnes lite informasjon om tidligere hendelser, bør man ved fremtidige nedbørhendelser vurdere å aktivt samle inn informasjon om hvor overvann forekommer. Hvis man starter arbeidet med å forbedre datagrunnlaget i forbindelse med kartlegging til en kommuneplan, vil man ha et bedre datagrunnlag som kan bidra til å redusere usikkerhetene i kartleggingen av reell fare i reguleringsplanen. Vi anbefaler at kommunen måler kulminasjonshøyden og -utbredelsen med GPS under eller i etterkant av overvannshendelser (se vedlegg B.1). For modellering er tidsserier av korttidsnedbør viktig, og vedlegg B.2 inneholder mer informasjon om innsamling av observasjoner til hydrauliske overflatemodeller.

2.3 Innholdet i en bestilling

En bestilling av kartlegging av fare fra overvann til arealplaner kan inneholde punktene i tabell 1. Det kan hende oppdragsgiveren må fylle ut tabellen og tilpasse bestillingen til plannivået.

Oppdragsgivere som er usikker på om faren for overvann er godt nok utredet, kan bestille en uavhengig kvalitetssikring av utredningen av et annet firma. Dette er spesielt aktuelt i byer og tettsteder med svært kompliserte overvannsforhold (NVE, 2022a, s. 53).

Tabell 1 Forslag til innhold i en bestilling av kartlegging av fare fra overvann til arealplaner.

Bestillingen bør inneholde
■ problemstillingen før og etter utbygging ■ formålet med kartleggingen ■ kommunens nivå på akseptabel risiko for fare fra overvann (kapittel 1.4)
Kart over området som utredes, bør være med:
■ nedbørfelt ■ planområdet ■ flomveier (hvis det er avsatt areal til dette formålet)
Bestillingen bør inneholde eventuell informasjon om
■ arealer utenfor planområdet som utbyggingen kan påvirke ■ arealer som egner seg til trygge flomveier (hvis det ikke allerede er satt av arealer til dette formålet), fordrøynings- og infiltrasjonsarealer, for eksempel parker, naturområder og flerbruksarealer ■ nedbørfelt som blir påvirket av nye byggeområder ■ resipienter som tar imot overvann fra nye byggeområder ■ kapasiteten til resipientene (vannmengden før det inntreffer skade)

- vurderinger av samlet belastning på resipientens økosystem, jf. naturmangfoldloven § 10
- kritiske punkter og objekter i tilknytning til overvann, inkludert behov for befaring og oppmåling
- historiske hendelser
- eksisterende kartlegginger
- plasseringen, kapasiteten og rollen til avløpsnett
- dataene som finnes, og som eventuelt som skal samles inn som en del av oppdraget
- hvordan oppdraget skal organiseres
- oppdragsgiverens behov for opplæring etter at leveransen er ferdigstilt

Forutsetningene for kartleggingen bør avklares:

- kartleggingsmetode (se kapittel 1.6.1 for kommuneplaner og kapittel 1.6.2 for reguleringsplaner)
- dersom en hydraulisk overflatemodell benyttes i kartleggingen, bør usikkerheten til viktige parametere og inndata alltid testes gjennom en følsomhetsanalyse (spesielt viktig for ukalibrerte modeller), og man bør etterstrebe å kalibrere og validere modellen mot observasjoner av overvann på terrengoverflaten
- kompetansen til den som utfører utredningen (se kapittel 6 i NVE 2022a)
- tidsfrister

Kravene til at oppdragsgiveren får oversendt dokumentasjon ved oppdragets utløp, bør gå frem:

- rapport hvor det som er utført, er beskrevet slik at leveransen er etterprøvbart, i tillegg til bakgrunnen for oppdraget og usikkerheten til utredningen (rapportmalen i vedlegg E kan benyttes)
- dokumentasjon som bekrefter at leveransen er kvalitetssikret
- befaringsnotat med georefererte og daterte bilder (kan inngå i rapporten)
- GIS- eller -modellfiler
- grunnlagsdata som er brukt i kartleggingen
- inndatafiler til modellen (nedbørserie, ruhetskart, osv.)
- resultatfiler (både originale og eventuelt i bearbeidet versjon)
- eventuelt resultater som hensynssoner i for eksempel SOSI-format
- forslag til risikoreduserende tiltak (se kapittel 7 i NVE (2022a))

Bestillingen bør presisere en møteplan for oppdraget som minimum bør inneholde:

- et oppstartsmøte
- et avslutningsmøte

Det bør være krav til at den som utfører utredningen har erfaring fra tilsvarende oppdrag (referanseprosjekter).

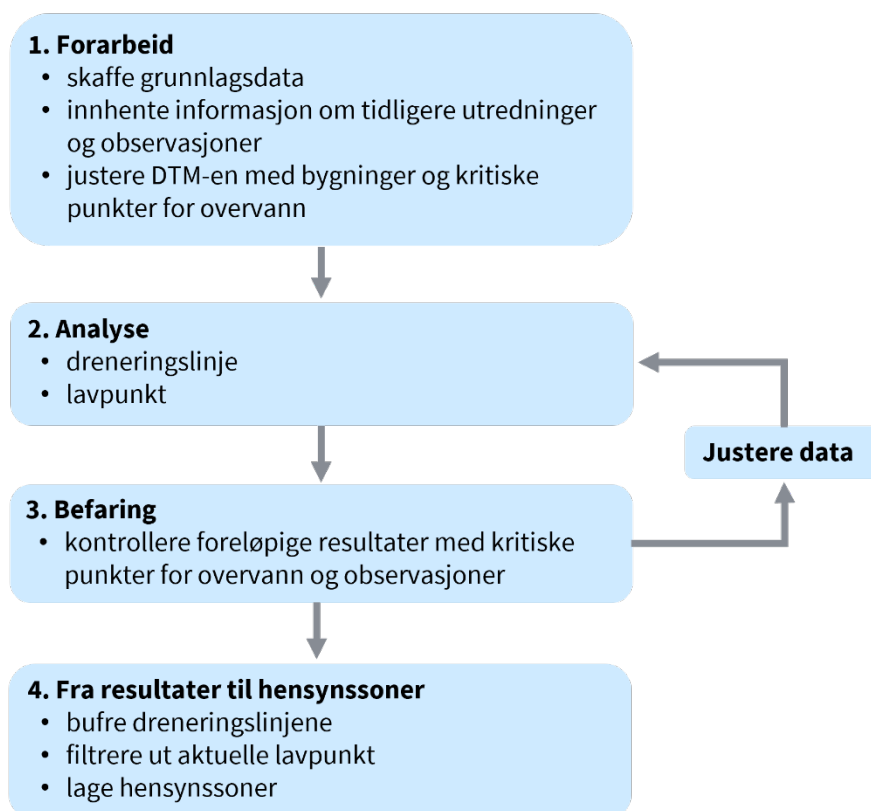
3 Slik kan faren for overvann utredes

3.1 GIS-analyser

Ved bruk av GIS-analyser kan man blant annet finne dreneringslinjer og lavpunkter. Et kart med dreneringslinjer og lavpunkter gir et raskt overblikk over potensielle fareområder for overvann. En GIS-analyse kan være tilstrekkelig til å utrede faren for overvann til kommuneplaner og reguleringsplaner (se figur 1). For planer med kompleks infrastruktur kan det være behov for en mer detaljert utredning med bruk av en hydraulisk overflatemodell (kapittel 3.2).

Forslag til arbeidsgang ved GIS-analyser er vist i figur 2. De ulike stegene i figur 2 er forklart i kapittel 3.1.1–3.1.4.

Arbeidsgang for GIS-analyse



Figur 2 Forslag til arbeidsgang for GIS-analyser

3.1.1 Forarbeid

Grunnlagsdata kan være FKB-data (veier, vann og bygninger) og en høydemodell. FKB-dataene kan lastes ned fra [Geonorge](#) og høydemodellen fra [Høydedata](#). Kommunen kan ha andre relevante grunnlagsdata.

Kommunen kan ha informasjon om kritiske punkter i tilknytning til overvann. Det kan være punkter som ikke ligger inne i Nasjonal vegdatabank (NVDB), som driftes av Statens vegvesen (Statens vegvesen, u.å.). Innmåling av kritiske punkter kan være nødvendig. Data over kritiske punkter i tilknytning til overvann bør kontrolleres i forbindelse med befaring (se kapittel 3.1.3).

Terrengmodell

Det finnes to typer høydemodeller på [Høydedata](#): digital overflatemodell (DOM) og digital terrengmodell (DTM). DOM inneholder bygninger og vegetasjon, mens DTM bare inneholder terreng (Høydedata, 2022). Det er også mulig å laste ned eller få tilsendt en punktsky av terrenget og selv lage en DTM. Den videre beskrivelsen tar utgangspunkt i en DTM i rasterformat.

Til GIS-analyser bør man bruke den nyeste DTM-en som er tilgjengelig. Oppgi oppløsningen til DTM-en, prosjektnavn og gjerne dato for flyskanningen i en rapport.

Til kommuneplaner anbefaler vi at DTM-en har en oppløsning på 1 m x 1 m. Til reguleringsplaner anbefaler vi en oppløsning på 0,5 m x 0,5 m. Høyere oppløsning på DTM-en stiller høyere krav til prosessorkraften som trengs til utregningene, uten at resultatene nødvendigvis er mer detaljert. I områder med høy urbaniseringsgrad bør man vurdere høyere oppløsning på DTM-en også til kommuneplan.

Det er ofte nødvendig å bearbeide DTM-en før den kan brukes i analyser. Bearbeidingen kan innebære å justere terrenget mot manuelle innmålinger, endre oppløsningen til rasteret, heve terrenget til arealer hvor det står bygninger, og inkludere kritiske punkter. Husk å dokumentere hvordan terrengmodellen er bearbeidet i en rapport.

Vi anbefaler å bruke en DTM med bygninger i GIS-analyser. Dreneringslinjene blir dermed mer realistiske ved at mulige blokkeringer er med i DTM-en. NVE (u.å) viser hvordan man kan legge til bygninger i en terrengmodell. Omrisset av bygningene kan konverteres til en raster og videre legges til terrengmodellen. Omriss av bygninger kan man finne fra FKB-Bygning, som kan suppleres med eventuelle nybygg som ikke er med i det offentlige kartgrunnlaget.

Kritiske punkter i tilknytning til overvann som ikke ligger inne i terrengmodellen, bør legges inn. Som et minimum bør de største kulvertene og stikkrennene være med i DTM-en i en GIS-analyse. NVE (u.å.) viser hvordan man kan legge til stikkrenner og kulverter i en terrengmodell.

3.1.2 Analyser

3.1.2.1 Analyseområde

Når analyseområdet skal bestemmes, er det viktig at man tar hensyn til hele nedbørfeltet eller nedbørfeltene som planområdet ligger innenfor. Nedbørfeltets utstrekning er ikke nødvendigvis det samme som de administrative grensene eller eiendomsgrensene. Man må også vurdere hvor langt nedstrøms fra planområdet analyseområdet skal strekke seg. Utredningen må vise at planen ikke øker overvannsfaren for andre. Det kan være nødvendig å justere analyseområdet underveis i arbeidet.

3.1.2.2 Dreneringslinjer

Hvordan man lager dreneringslinjer, varierer mellom ulike programvarer. Noen av programvarene krever at forsenkninger i terrengmodellen fylles opp før dreneringslinjene beregnes, for hvis ikke fører dreneringslinjene fra cellene rundt ned i forsenkningen og stopper

der. En slik analyse for å fylle forsenkninger kalles for fill-sinks-analyse. Det kan være nødvendig å fjerne forsenkninger gjennom en gjentakende prosess fordi ikke alle forsenkningene forsvinner første gangen man kjører en fill-sinks-analyse.

Dreneringslinjer kan beregnes med enkelt- eller flerstrømningsalgoritme (*single flow* eller *multiple flow*). Enkeltstrømning er den mest vanlige og enkleste metoden. NVE anbefaler å bruke enkeltstrømning for å lage dreneringslinjer hvis dreneringslinjene skal brukes til å kartlegge potensiell fare for skade fra overvann (NVE, u.å.a).

Terskelverdien for oppstrøms areal som kan danne en dreneringslinje har betydning for detaljeringsgraden til resultatene. Erfaringer viser at til kommuneplaner og områdereguleringer kan oppstrøms areal til dreneringslinjer være 10 000–50 000 m² (Vedlegg 3 i NVE (2022a); Bratlie, 2015). Til detaljregulering kan det være aktuelt med et mindre oppstrøms areal, for eksempel 5 000 m².

I hver enkelt GIS-analyse må man vurdere hvilken terskelverdi for oppstrøms areal som er best egnet for å fremstille dreneringslinjer for det aktuelle planområdet. Merk at valg av terskelverdi for oppstrøms areal vil kunne påvirke regulerings- og byggeprosessen videre. (Taubøll og Paus, 2022, s. 113). Hvis en dreneringslinje ikke kommer med i analysen fordi man har vurdert et for stort oppstrøms areal, kan bygninger og tiltak risikere å bli plassert i et areal som kan være utsatt for skade fra overvann.

3.1.2.3 Lavpunkt

Lavpunktsanalyser gjøres i tillegg til dreneringsanalyser. Vedlegg D inneholder forslag til to generelle prosedyrer for å beregne lavpunkt. Disse er uavhengig av GIS-programvaren som brukes.

Lavpunktene med små dybder og liten utstrekning kan fjernes, for eksempel arealer under 20 m² og dybder mindre enn 10 cm. Selv om disse tallene er benyttet i flere undersøkelser (NVE, 2019; NVE, 2022a), kan det være fornuftig å fjerne lavpunkter med lavere areal og dybde i første omgang.

3.1.3 Befaring

Etter at de første GIS-analysene er utført, anbefaler vi på det sterkeste å foreta en befaring. En befaring bør alltid gjennomføres for å få bedre kjennskap til området man jobber med. Befaringer er også med på å kvalitetssikre arbeidet. Befaringen bør dokumenteres så detaljert som mulig med et notat og georefererte bilder og videoer.

Under befaringen bør man kontrollere områder man er usikker på, og man bør foreta nødvendige tilleggsinnmålinger av for eksempel kritiske punkter i tilknytning til overvann. Man bør også sjekke om stikkrenner i området er eller står i fare for å bli tilstoppet. Da bør man i analysen anta at de er helt eller delvis tilstoppet. Hovedflomveiene bør kontrolleres i sin helhet under befaringen.

Terrengmodellen justeres deretter med eventuell ny kunnskap fra befaringen, og nye GIS-analyser gjennomføres. Dokumenter hvilke justeringer som er utført.

3.1.4 Fra resultater til hensynssoner

Til kommuneplaner angir hensynssonene områder som er utsatt for potensiell fare fra overvann, mens til siste plannivå, reguleringsplaner, angir hensynssonene områder som er utsatt for reell fare fra overvann (se kapittel 3.2.5).

Dreneringslinjene og lavpunktene fra GIS-analysene bør danne grunnlaget for hensynssoner for overvann i arealplankartet. Hvis kartleggingen er utført med en hydraulisk overflatemodell, bør isteden modellresultatene danne grunnlaget for hensynssonene (se kapittel 3.2.5).

For dreneringslinjene og lavpunktene fra GIS-analysen som skal inngå i hensynssonene anbefaler vi at

- det legges til en buffersone på hver side av dreneringslinjene (figur 3)
- lavpunkter som ligger innenfor buffersonen til dreneringslinjene, inngår i de samme flatene som dreneringslinjene, men uten å legge til en buffersone rundt lavpunktene (figur 3)
- lavpunkter som ligger utenfor buffersonen til dreneringslinjene utgjør selvstendige flater uten buffersone (figur 3)

NVE anbefaler fem meter buffersone på hver side av dreneringslinjene (NVE, 2022a, s. 48). Vi erfarer likevel at fem meter buffersone på hver side ikke nødvendigvis er tilstrekkelig for alle områder. Det gjelder spesielt i flate områder og i lavereliggende områder av et nedbørfelt. Man bør derfor vurdere å utvide buffersonen i enkelte områder.



Figur 3 Venstre: Dreneringslinjer (sort strek) med fem meter buffersone (i blå) på hver side. Lavpunkter over en viss størrelse og areal, uten buffersone. Høyre: Flatene utgjør en samlet hensynssone for de samme arealene fra figuren til venstre.

Når hensynssonene er gjort klar i GIS, kan de konverteres til egnet format, for eksempel SOSI-format. Hensynssonene bør inneholde informasjon om opprettelsesdatoen, metodene, kvaliteten, typen hensynssone, rapporthenvisninger, og annen relevant informasjon.

3.1.5 Vurdering av usikkerhet

Den som utfører GIS-analysen, bør vurdere usikkerheten til analysen. Inndataene til GIS-analysen og valgene som blir tatt underveis, innebærer en usikkerhet som samlet kan påvirke utbredelsen til hensynssonen.

Det kan være utfordrende å kvantifisere usikkerheten i en utredning, men den som utfører utredningen bør ta stilling til om GIS-analysen er tilstrekkelig for å utrede den potensielle eller reelle overvannsfaren.

Kommunen kan bestille en uavhengig kvalitetskontroll for å forsikre seg om at byggegrunnen er i tråd med kravene til sikkerhet i plan- og bygningsloven § 28-1 (NVE, 2022a, s. 53). Dette gjelder spesielt hvis faren for overvann kan medføre store konsekvenser, eller utredningen er basert på stor usikkerhet. Det er derfor viktig at den som utfører utredningen beskriver usikkerheten ved utredningen.

Den som utfører GIS-analysen, kan drøfte usikkerheten til ulike deler av utredningen for så å vurdere den samlede usikkerheten til utredningen. Se tabell 2 for forslag til hva som kan drøftes.

Tabell 2 Forslag til hva som kan drøftes for å vurdere usikkerheten til GIS-analyser

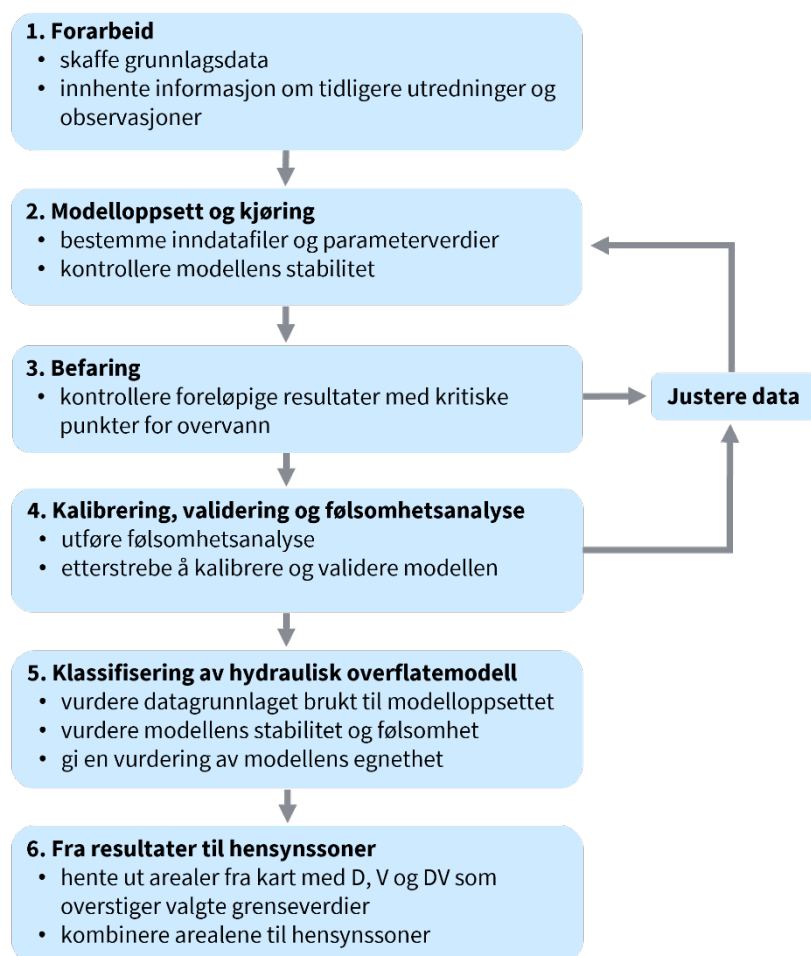
Drøft usikkerheten ved ...	Hjelpespørsmål for å vurdere usikkerheten
terrengmodellen (DTM-en)	Er oppløsningen til DTM-en god nok for formålet? Er det nyeste grunnlaget benyttet? Er det gjort store endringer siden terrenget ble skannet?
kritiske punkter	Er alle relevante kritiske punkter lagt inn i terrengmodellen? Er det utført befarings av de kritiske punktene og eventuelle innmålinger? Er sannsynligheten for tilstopping av for eksempel stikkrenner vurdert, og eventuelt hvilke nye veier vannet kan ta ved tilstopping?
topografien i området	Er det topografi som gjør at vannet deler seg i flere retninger? Er det spesielt flatt terreng som kan gi større usikkerhet i hvor dreneringslinjene går?
infrastruktur og lokale overvannstiltak	Er det tatt hensyn til eksisterende avløpsnett og fordrøyningstiltak for overvann over og under bakken?
oppstrøms arealer	Er det undersøkt flere terskelverdier for oppstrøms arealer ved valg av dreneringslinjer? Er det eventuelt dreneringslinjer som ikke fanges opp ved det valgte oppstrøms arealet?
hensynssonen	Er det steder hvor buffersonen er utvidet for å dekke hele fareområdet for overvann? Er det noen deler av hensynssonen hvor resultatene er spesielt usikre?

3.2 Hydraulisk overflatemodellering

Hydrauliske overflatemodeller kan brukes til å kartlegge både potensiell og reell fare fra overvann. Grenseverdier for D, V og DV fra hydrauliske overflatemodeller kan brukes til å kartlegge arealer som er utsatt for fare fra overvann. NVE (2022a, s. 35) foreslår grenseverdier for D, V og DV. Kommunen kan bruke andre grenseverdier.

Forslag til arbeidsgangen ved hydraulisk overflatemodellering er vist i figur 4. De ulike stegene i figur 4 er forklart i kapittel 3.2.1–3.2.5.

Arbeidsgang for hydraulisk overflatemodellering



Figur 4 Foreslått arbeidsgang for hydraulisk overflatemodellering.

3.2.1 Forarbeid

Forarbeidet innebærer å skaffe en oversikt over området som skal utredes, inkludert tidligere utredninger og hendelser.

Nødvendige grunnlagsdata må samles inn og bearbeides ved behov. Eksempler på grunnlagsdata kan være DTM, FKB-Veg, -Vann og -Bygning, nedbørdata, observasjoner av vannndybde, -hastighet og -utbredelse.

Dersom man skal sette opp en koblet modell med avløpsnettmodell, vil det også være behov for å ha oversikt over avløpsnett. En koblet modell kan også være en hydraulisk overflatemodell som er koblet til en vassdragsmodell.

Vi anbefaler å utføre GIS-analyser av dreneringslinjer hvis slike analyser ikke finnes fra før eller er utdaterte.

3.2.2 Modelloppsett og kjøring

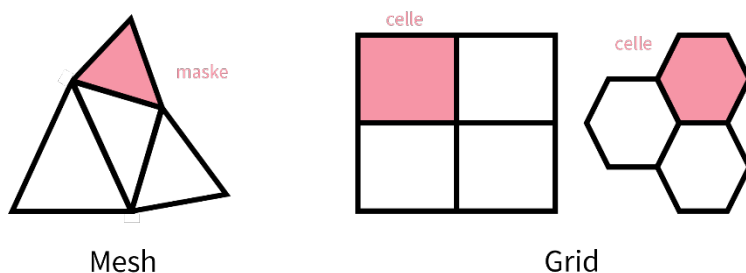
3.2.2.1 Modellområdet

Når modellområdet skal avgrenses, er det viktig at man tar hensyn til alle nedbørfeltene som planområdet ligger innenfor. Nedbørfeltets utstrekning er ikke nødvendigvis det samme som de administrative grensene eller eiendomsgrensene. Man må også vurdere hvor langt nedstrøms modellområdet skal strekke seg. Det kan være nødvendig å justere modellområdet underveis i modelleringsarbeidet.

3.2.2.2 Oppsett av beregningsnett

Beregningsnettets oppløsning og oppbygging er grunnlaget for beregningene som utføres gjennom en hydraulisk overflatemodell. Beregningsnettets kan være det samme som DTM-en, men er i de fleste tilfeller ikke det.

I noen programvarer settes beregningsnettets sammen av triangulære masker til et triangelnett (*mesh*), mens i andre modeller er kvadratiske eller heksagonale celler i et rutenett (*grid*) mer vanlig (figur 5). Ligningene som beregner vannstrømning i modellen, er som regel ulike mellom triangelnett og rutenett.



Figur 5: Beregningsnettets til hydrauliske overflatemodeller er som regel bygd opp av triangler (*mesh*), kvadrater eller heksagoner (*grid*).

For å unngå lang beregningstid kan beregningsnettets ha en grovere oppløsning i områder hvor man ikke ønsker detaljerte resultater. Det er derfor viktig å avklare formålet med modellen tidlig, for å identifisere områder der man kan tillate en grovere oppløsning i resultatene.

Hva som er riktig oppløsning på beregningsnettet, avhenger av hva som er formålet med modellen. Oppløsningen kan variere mellom bratte og flate modellområder, fra kommuneplaner til reguleringsplaner eller etter graden av urbanisering. Modellen bør kjøres med ulike oppløsninger på beregningsnettet og for ulike valg av tidsskritt for å undersøke at de valgte innstillingene ikke påvirker resultatene.

Som et utgangspunkt kan beregningsnettet til modeller av urbane områder være 2 m x 2 m eller 5 m x 5 m (Scottish Environment Protection Agency [SEPA], u.å., s. 74). Man må undersøke om den valgte oppløsningen gir høy nok detaljeringsgrad i resultatene.

3.2.2.3 Start- og utløpsbetingelser

Startbetingelser

Startbetingelsene er tilstanden til modellvariablene ved starten av simuleringen. Startbetingelsene kan være vannstanden i en elv eller bekk, fyllingsgraden i avløpsnettet, metningsgraden i bakken eller vannivået på bakken ved simuleringsstart.

Som startbetingelse kan vanndybder, - hastighet settes null fra start.

Metning i markvannsonen

Metningsgraden i markvannsonen er et tema som vi trenger mer kunnskap om. Det kan være utfordrende å velge riktig metningsgrad i modellen. Den simulerte avrenningen kan i stor grad påvirkes av metningsgraden i markvannsonen ved simuleringsstart. I virkeligheten kan mindre regn ved høy metningsgrad kan gi større avrenning enn kraftig regn ved tørre forhold. Det innebærer at forholdet mellom nedbør og avrenning ikke nødvendigvis er entydig. (NVE, 2022a, s. 12 og 24)). En for lav metningsgrad i modellen ved simuleringsstart kan føre til for lite overvann, mens en urealistisk høy metningsgrad kan føre til det motsatte.

Den som utfører utredningen, bør vurdere metningsgraden i markvannsonen, for eksempel ved å simulere med ulike metningsgrader fra start. Metningsgraden bør ikke velges for lav, ettersom det kan gi en avrenning med lavere gjentakintervall enn den modellerte nedbøren. Metningen i bakken bør imidlertid være høyere enn under normale forhold. Hvis det finnes data for metningsgrad fra tidligere overvannshendelser eller nedbørdata som kan bidra til å gi informasjon om hvor mett bakken var da hendelsen startet, kan det benyttes som et utgangspunkt. Metningsgraden i bakken ved simuleringsstart kan i flere programvarer angis i infiltrasjonsmodulen.

Utløpsbetingelser

Med utløpsbetingelser mener vi situasjonen ved utløpene til modellområdet, det vil si ved grensen nedstrøms i modellområdet. Utløpsbetingelsene kan være definert ved vannivået i en innsjø, en elv og i havet ved grensen til modellen. Betingelsene ved grensene kan defineres som konstant eller varierende vannstand og konstant eller fri vannføring ut av modellen.

Hvordan man setter grensebetingelsene, varierer mellom ulike modellverktøy. Når man velger grensebetingelser, må man sjekke at innstillingene ikke fører til stabilitetsproblemer eller urealistiske verdier som påvirker resultatene i områdene som man er mest interessert i. Grensen bør plasseres i stor nok avstand fra studieområdet, slik at resultater ved grensen ikke påvirker resultater i studieområdet.

3.2.2.4 Nedbør

Nedbør er den viktigste inngangsvariabelen i hydrauliske overflatemodeller. I Norge fører vanligvis de mest intense nedbørhendelsene, sammen med høyt vanninnhold i bakken, til de største utfordringene med overvann i tettbygde områder. Det er likevel lokale forskjeller for hva som skaper de største overvannsskadene.

I en nedbørhendelse kan nedbørintensiteten, totalnedbøren og tidspunktet for nedbørtoppen variere mye over korte geografiske avstander. Mange steder mangler det gode nedbørmålinger av ekstreme nedbørhendelser. Det gjør det utfordrende å velge representative nedbørforløp og verdier til modelleringsformål. Internasjonalt har det derfor blitt utviklet mange forskjellige metoder for å lage syntetiske nedbørforløp som kan brukes som dimensjonerende nedbør i nedbør-avløpsmodellering.

Nedbør ved akseptabel risiko

Hvis ikke kommunen selv har fastsatt et akseptabelt risikonivå for nedbør, anbefaler NVE (2022a) at kommunen legger til grunn et klimajustert 100-årsregn når fare fra overvann skal kartlegges til arealplaner (se kapittel 1.7). Vi tar utgangspunkt i denne anbefalingen videre i dette kapitlet.

100-årsregnet finner man fra IVF-kurver. Det er tilgjengelig offisiell IVF-statistikk for flere nedbørstasjoner i Norge på nettsidene til Norsk Klimaservicesenter.

Klimapåslag

Ved bruk av et klimajustert 100-årsregn til kartlegging av overvann legges klimapåslaget til nedbøren før det inngår i en modellberegning. Dette er i motsetning til hva man normalt gjør ved flomkartlegging, hvor klimapåslaget legges til den beregnede vannføringen.

I forbindelse med klimapåslag bør man vurdere levetiden til konstruksjonen eller arealbruksformålet. Levetiden kan deles inn i kort (10–20 år), middels (20–50 år) og lang (50–100 år). Ved kort levetid er det nødvendigvis ikke behov for et klimapåslag, og tiltaket kan vurderes ut ifra dagens klima. Når det gjelder arealplanlegging er levetiden til konstruksjonen eller arealbruksformålet i de fleste tilfeller lang. Det vil dermed være behov for et klimapåslag for å kunne tåle klimaendringene som forventes i løpet av levetiden. Tiltak med lang levetid kan utformes ut fra dagens klima, men klargjort for fremtidige endringer (NVE, 2015, s. 46 og 51).

Norsk Klimaservicesenter har i sine fylkesvise klimaprofiler anbefalinger om klimapåslag for dimensjonerende nedbør ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.c](#)). Bruk disse anbefalingene for å bestemme klimapåslag, hvis ikke lokale myndigheter har besluttet noe annet.

Arealreduksjonsfaktor

Nedbør har ulik romlig fordeling. Det innebærer at det vil falle mer nedbør i noen områder enn i andre. Nedbøren som er observert ved en nedbørstasjon er en punktverdi – og er det som oppgis i en IVF-kurve. En arealreduksjonsfaktor (ARF) justerer punktverdien til en arealverdi, som tar hensyn til at nedbøren ikke er like intens i hele nedbørfeltet. Vi anbefaler å korrigere nedbøren som inngår i hydrauliske overflatemodeller, fra punkt- til arealnedbør med ARF-verdiene for korttidsnedbør til Norsk Klimaservicesenter ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.b](#)).

Hvordan konstruere nedbørforløp?

NVE anbefaler at man ved bruk av hydrauliske overflatemodeller tester ulike nedbørforløp hvor ved å på skjevhet faktoren.

Nedbørsummen over en gitt varighet er oppgitt i IVF-kurvene. For hydraulisk overflatemodellering er det av betydning hvordan nedbørsummen fordeler seg over tid, og hvor fuktig bakken er når nedbøren starter.

For å lage et nedbørforløp, anbefaler NVE å bruke et Chicago Design Storm-regn (CDS-regn) – eller en annen tilsvarende metode basert på IVF-kurver – til å beregne D, V og DV til farekartlegging av overvann i arealplaner.

CDS-regn er en konservativ metode med opphav fra USA, og den brukes i Sverige og Danmark (Svenskt Vatten, 2011, s. 25; Dansk Vand- og Spildevandsforening, 2007, s. 21). Den tar utgangspunkt i en IVF-kurve og antar samme gjentakintervall for alle varigheter i nedbørforløpet.

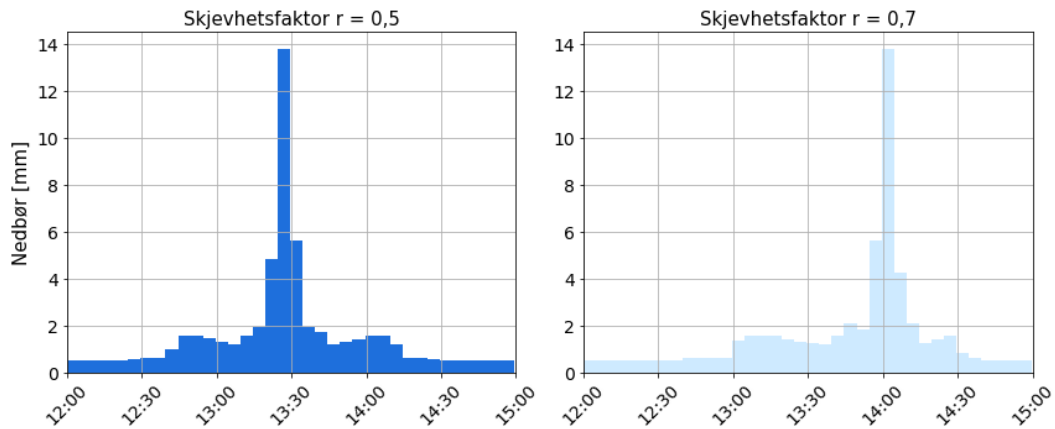
Nedbørforløp til bruk i hydrauliske overflatemodeller kan lages ved å

1. velge representativ IVF-kurve
2. velge varigheten til nedbøren
3. konstruere et CDS-regn (se Vedlegg A)
4. inkludere klimapåslag

Norsk Klimaservicesenter har utarbeidet veiledning til valg av IVF-kurve (Norsk Klimaservicesenter, u.å.a). Varigheten til nedbøren kan bestemmes ut ifra nedbørfeltets konsentrasjonstid, T_c . Det finnes imidlertid flere metoder for å beregne T_c på. T_c kan beregnes fra både ligninger som baserer seg på nedbørfeltets feltparametere, og modellsimuleringer (Statens vegvesen, 2022; NVE 2022e).

Det kan være utfordrende å bestemme varigheten for et nedbørfelt som skal modelleres, med en hydraulisk overflatemodell. En mulig tilnærming er å kjøre en hydraulisk overflatemodell for ulike varigheter av nedbør, og deretter velge varigheten som fører til størst fare fra overvann ut ifra verdier for D, V og DV.

Vi anbefaler at man kjører modellen med ulike skjevhet faktorer, r , for CDS-regn. $r = 0,5$ tilsvarer et symmetrisk nedbørforløp hvor perioden med mest intens nedbør er i midten av forløpet. Figur 6 viser eksempel på CDS-regn med $r = 0,5$ og $r = 0,7$. Nedbørforløpene i figur 6 er konstruert ut ifra fremgangsmåten i Vedlegg A.



Figur 6 CDS-regn med $r = 0,5$ og $r = 0,7$ for et 100-årsregn med varighet tre timer fra stasjon SN17879 Rustadskogen.

Usikkerhet ved IVF-kurver

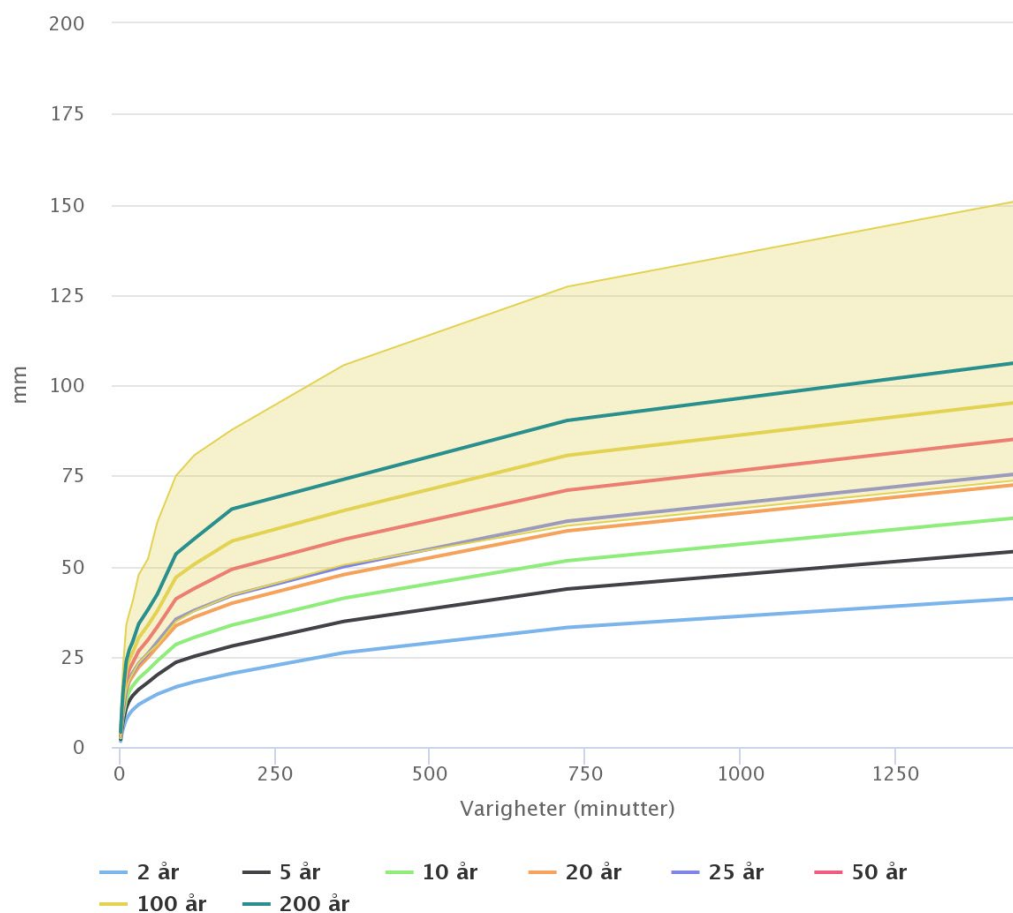
Usikkerhetene i IVF-kurvene fra Norsk Klimaservicesenter er store og kommer i hovedsak fra den geografiske dekningsgraden til stasjonsnettet, lengden på tidsseriene, metodikken som kurvene baserer seg på, og klimaendringene (Norsk Klimaservicesenter, u.å.a). Denne usikkerheten er fra 2022 fremhevet ved at 95 prosent-konfidensintervallet til IVF-verdiene er angitt for kurvene (Meteorologisk institutt, 2022).

95 prosent-konfidensintervallet angir spennet av verdier hvor man kan si med 95 prosent sannsynlighet at den ekte IVF-verdien befinner seg innenfor. De laveste og høyeste verdiene i dette konfidensintervallet utgjør henholdsvis av 2,5- og 97,5-persentilene. Verdiene for median og det øvre og nedre konfidensintervallet for den aktuelle nedbørstasjonen kan man finne i den utvidede tabellen for IVF-verdier på Norsk Klimaservicesenters nettside.

I figur 7 er konfidensintervallet til IVF-kurven for 100-års gjentakintervall vist som et gult felt. I dette tilfellet spenner konfidensintervallet til 100-årsregnet fra kurven for 25-års gjentakintervall til godt over kurven for 200-års gjentakintervall. Det betyr at man med 95 prosent sikkerhet kan si at 100-årsregnet har en verdi mellom kurven til 25-årsregnet og en kurve over kurven til 200-årsregnet.

IVF-verdier for Ås – Rustadskogen (SN17870), 120 moh.

Data fra 1974 – 2021, 40 ses. Oppdatert 31.12.2021.



Figur 7 IVF-kurven for stasjon SN17870 Rustadskogen sammen med 95 prosent konfidensintervallet til 100-årsregnet (markert i gult) (Norsk klimaservicesenter).

NVE anbefaler at man simulerer med medianverdien til 100-årsregnet. Hvis man velger en annen verdi innenfor konfidensintervallet, bør det begrunnes. Det gjelder spesielt hvis man velger å benytte en verdi som er lavere enn medianen. Begrunnelsen for å velge en verdi lavere enn medianverdien, kan være samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Å velge øvre konfidensintervall eller en annen verdi som er høyere enn medianen, kan begrunnes med at man ønsker en konservativ utredning eller å legge til et sikkerhetspåslag. Områder i en arealplan hvor man ønsker større sikkerhetsmargin, kan for eksempel være for arealplaner tiltenkt sykehus og andre kritiske bygninger.

Ved å simulere med hele utfallsrommet til konfidensintervallet til IVF-kurven, kan kommunen få et beslutningsgrunnlag som kan brukes til å prioritere tiltaksområder. Arealer som er utsatt for fare fra overvann ved nedre konfidensintervall kan på den måten få høyest prioritet når det gjelder hvor tiltak bør iverksettes.

Historisk regn

Observerte nedbørhendelser – historiske regn – er viktige innen overvannsmodellering. Historiske regn brukes fortrinnsvis sammen med samtidige observasjoner av vannstand, -hastighet og -utbredelse til å kalibrere og validere hydrauliske overflatemodeller. Bruken av historiske regn til kalibrerings- og valideringsformål er forklart nærmere i kapittel 3.2.4 og Vedlegg B.

3.2.2.5 Infiltrasjon

I hydrauliske overflatemodeller kan modellkjøringer med og uten infiltrasjon gi svært ulike resultater. Å ekskludere infiltrasjon i modellen kan føre til svært konservative resultater og beslaglegge unødvendig store arealer.

Grunnforhold, grunnvann og infiltrasjon

Det er viktig å ha kjennskap til grunnforholdene for å kjenne til volumet som er tilgjengelig for infiltrasjon. I områder hvor grunnvannstanden er høy, for eksempel i en forsenkning eller dalbunn, vil muligheten for å infiltrere nedbøren være mindre.

Vær oppmerksom på at i flere hydrauliske overflatemodeller vil ikke nedbøren som infiltreres tilføres grunnvannet, men gå tapt.

Infiltrert vann som tilføres grunnvann, følger grunnvannstrømmen og ender som regel opp i en bekk eller elv nedstrøms infiltrasjonsområder. Det er derfor viktig å vurdere konsekvensene nedstrøms av å legge opp til økt infiltrasjon oppstrøms i et nedbørfelt. I noen tilfeller kan det være aktuelt å etablere en hydrogeologisk modell som simulerer hvordan det infiltrerte vannet vil påvirke grunnvannstanden i området, og hvordan grunnvannstanden endrer seg ved ulike nedbørhendelser.

Infiltrasjonsparametere

De fleste infiltrasjonsmodulene i hydrauliske overflatemodeller bruker den mettede hydrauliske konduktiviteten, K_s , for å beskrive infiltrasjonshastigheten. Ulike programvarer beregner infiltrasjonshastigheten på forskjellige måter. I tillegg inkluderes det stadig nye beregningsmetoder i de ulike programvarene. Vi anbefaler å utføre en følsomhetsanalyse for infiltrasjonsparameterne som inngår i modellen. Infiltrasjonsmålinger er omtalt i Vedlegg B.

Arealtyper og infiltrasjon

Arealressurskart (AR5) blir ofte brukt for å dele inn modellområder i ulike arealtyper med tilhørende infiltrasjonsverdi. Arealtypene i AR5 kan avvike fra ortofoto og modelløren må selv vurdere hvilke arealtyper som bør inkluderes i modellen. I noen modeller kan det være hensiktsmessig å dele inn modellområdet i alle klassene til AR5, mens det i andre tilfeller kan holde å dele inn i færre klasser. Arealtypene kan for eksempel deles inn i tre arealtyper: permeable områder, tette flater i og utenfor bebygde områder.

3.2.2.6 Ruhet

Ruhet er et mål på hvor mye vannet blir bremsset langs overflaten. Høy ruhet gir langsommere vannhastighet. Lav ruhet tilsvarer en glatt overflate og gir høyere hastigheter. Ruhet oppgis ofte som Mannings-tallet M eller Mannings-koeffisienten n . Disse er omvendt proporsjonale; Ved høy ruhet er Mannings M lav, mens Mannings n er høy.

Følsomhetsanalyser for ruhet bør utføres som en del av modelleringen ved å justere verdiene opp og ned med en prosentandel, eller ved å variere innenfor intervallet som kan være oppgitt for den aktuelle overflaten.

3.2.2.7 Bygninger og veier

Bygninger

For å sørge for at bygningene hindrer vannstrømmen på terrengoverflaten i en hydraulisk overflatemodell, finnes det flere metoder (The Chartered Institution of Water and Environmental Management [CIWEM], 2021, s. 152; SEPA, u.å., s. 75). Man kan blant annet ta utgangspunkt i bygningenes fotavtrykk og

- øke ruheten
- øke terrenghøyden
- ekskludere bygningene ved å deaktivere celler/masker eller sette opp en lukket grense rundt bygningene

FKB-Bygning definerer fotavtrykket til eksisterende bygninger i det offentlige kartgrunnlaget. Eventuelle nybygg må legges til.

Veier

Hvis veinettet ikke er godt nok representert i beregningsnettet, kan det være hensiktsmessig å heve eller senke arealer som er dekket av veier, basert på hvordan vegen er utformet i terrenget. Hvis oppløsningen til beregningsnettet er for grov til å kunne simulere at noen veier i praksis fungerer som flomveier, kan man senke veiene eller omstrukturere beregningsnettet, slik at vannet renner i ønsket retning. Ulike programvarer tilbyr ulike måter å senke og heve veier og omstrukturere beregningsnettet.

FKB-Veg angir eksisterende veier i det offentlige kartgrunnlaget.

3.2.2.8 Overvannsrør

Overvannsrør kan deles inn i stikkrenner, kulverter og avløpsnett under bakken. De fleste todimensjonale (2D) hydrauliske overflatemodeller har mulighet for å legge inn stikkrenner og kulverter. Noen, men ikke alle, 2D hydrauliske overflatemodeller kan kobles til en endimensjonal (1D) avløpsmodell av avløpsnettet. Man må i hvert enkelt tilfelle vurdere om det er tilstrekkelig å ta hensyn til overvannsrør ved å kun legge inn stikkrenner og kulverter i den hydrauliske overflatemodellen, eller om det også er behov for å koble den til en avløpsmodell.

Hvis den hydrauliske overflatemodellen skal kobles til en avløpsmodell, er det viktig å gi en god beskrivelse av avløpsmodellen. Dokumentasjonen bør blant annet inneholde informasjon om når avløpsmodellen er opprettet og kvaliteten til den. Hvis avløpsmodellen er gammel, kan det være behov for å oppdatere den eller etablere en ny modell. Avløpsmodellen bør kalibreres og valideres mot nyere observasjoner fra avløpsnettet.

Merk at det finnes flere måter å koble hydrauliske overflatemodeller til avløpsmodeller på. Koblingen er en kilde til usikkerhet. Vi går ikke nærmere inn på avløpsmodeller og hvordan de kan kobles til hydrauliske overflatemodeller, i denne veilederen.

3.2.2.9 Stabilitet og gyldighet

Når en første versjon av den hydrauliske overflatemodellen er satt opp, må man undersøke om den er stabil, og om resultatene er fornuftige. En modellsimulering kan være fullført uten

feilmeldinger selv når det er feil i modellen. Resultat- og kjørefilene bør undersøkes når en kjøring er fullført. Man bør se spesielt på om

- modellen er stabil
- de beregnede hastighetene og dybdene er realistiske og ikke endres for raskt
- forholdene ved utløpsgrensene ikke påvirker resultatene i planområdet
- volumbalansen er fornuftig

Det kan forekomme ustabiliteter i form av urealistiske høye hastigheter eller endringer i hastigheter. Disse kan forbedres ved å forsøke å redusere beregningsmaskene eller -cellene, øke antall tidssteg, øke ruheten eller justere grensebetingelsene ved utløpet. En annen mulighet er å se etter større terrengforskjeller som kan skape store hastighetsendringer. I programvarens manual er det forklart hvordan stabiliteten til den aktuelle programvaren skal vurderes.

I de fleste 2D-modeller er det mulig å legge til hastighetsvektorer. Det kan være nyttig for å se strømningsmønsteret, at det ikke lekker vann gjennom strukturer eller barrierer som er satt opp i modellen, eller om det mangler strukturer. Hvis beregningsnettet har en grov oppløsning ved inntaket til stikkrenner og kulverter, kan det føre til at vann renner utenom dem.

Når modellen er stabil og resultatene virker rimelige, kan man gå videre med befaring, kalibrering og validering.

3.2.3 Befaring

Vi anbefaler på det sterkeste å gjennomføre en befaring. En befaring bør alltid gjennomføres for å få bedre kjennskap til området man jobber med. Befaringer er også med på å kvalitetssikre arbeidet. Befaringen bør dokumenteres så detaljert som mulig med et notat og georefererte bilder og videoer.

En befaring kan gjennomføres etter at de første modellresultatene er klare, eller eventuelt etter en første kalibrering. Da har man et grunnlag for hvilke områder som bør kontrolleres. Områder hvor modellresultatene ikke virker realistiske, hvor det samler seg store mengder vann, eller hvor vannet tar flere løp, kan være lurt å kontrollere med en befaring. Tilstanden til stikkrenner og kulverter bør også kontrolleres, i tillegg til andre kritiske punkter for overvann. Hvis det er stikkrenner i området som er eller står i fare for å bli tilstoppet, bør man i analysen anta at de er helt eller delvis tilstoppet. Hovedflomveiene bør kontrolleres i sin helhet under befaringen.

Modellen justeres eventuelt med observasjoner fra befaringen. Hvilke justeringer som er utført, bør dokumenteres.

3.2.4 Kalibrering, validering og følsomhetsanalyse

Fra kalibrering, validering og følsomhetsanalyse kan man få en bedre oversikt over modellens anvendelsesområder og hvor godt modellresultatene er som beslutningsgrunnlag. Kalibrering og validering er viktig for å kunne beskrive troverdigheten til modellresultatene. Følsomhetsanalyse bidrar til å gi kunnskap om modellens usikkerhet (SEPA, u.å., s. 81), og er spesielt viktig å utføre for ukalibrerte modeller.

NVE anbefaler at enhver modell kalibreres og valideres så langt det er mulig. Det gir mest mulig troverdige resultater. En vanlig utfordring med hydrauliske overflatemodeller til bruk i kartlegging av fare fra overvann er imidlertid mangel på observasjoner til kalibreringen og

valideringen. Derfor bør man alltid utføre følsomhetsanalyser for å avdekke hvilke parametere og inndata som i størst grad påvirker resultatene.

Kalibrering og validering

I en kalibrering endrer man på modellparametere slik at den simulerte verdien blir så lik som mulig den observerte verdien for en hendelse. Parameterne bør holdes innenfor sitt gyldighetsområde (SEPA, u.å., s. 81).

Validering utføres ved å sammenligne resultater fra den kalibrerte modellen mot observasjoner som ikke er benyttet til å kalibrere modellen. På den måten kan man få et estimat på hvor godt modellen presterer mot hendelser som modellen ikke er kalibrert mot (SEPA, u.å., s. 82). For hydrauliske modeller generelt anbefaler SEPA (u.å., s. 81) at minimum tre kalibreringshendelser og én valideringshendelse benyttes til å verifisere modellen. Hvis kalibreringen og valideringen gir dårlige resultater, bør man vurdere å rekalkulere modellen eller fremskaffe nye eller flere observasjoner.

Observasjonene som brukes til å kalibrere og validere hydrauliske overflatemodeller, vil som regel være punktobservasjoner. Det kan likevel være flere observasjonspunkter fra samme hendelse. Da må man være oppmerksom på blant annet tidspunktet for observasjonene og representativiteten til nedbørdataene. Flere punktobservasjoner fra én og samme hendelse er trolig ikke foretatt på ett og samme tidspunkt. Det må man ta hensyn til i kalibreringen og valideringen. I tillegg må man undersøke om tidsserier med observerte nedbør er representative for observasjonene som man kalibrerer mot. Hvis for eksempel observerte nedbør ikke er representativ for et punkt hvor man har observasjoner av vannndybde og vannutbredelse, bør man ikke bruke observasjoner fra dette punktet til å verifisere modellen.

Nedbørhendelsene som den hydrauliske overflatemodellen kalibreres og valideres mot bør representere så høye gjentakintervall som mulig. På den måten vil den kalibrerte modellen være bedre egnet til å kartlegge fareutsatte områder for gjentakintervallet til nedbøren som danner grunnlaget for kartleggingen (for eksempel klimajustert 100-årsregn). Det er likevel bedre å kalibrere mot observasjoner som representerer lave gjentakintervall enn å bruke en ukalibrert modell.

Når en hydraulisk overflatemodell skal brukes til å lage resultater for D, V og DV for overvann, bør modellen kalibreres og valideres mot observerte vannndybde og vannutbredelse (altså oversvømt areal). Modellen kan også gjerne kalibreres mot hastighet, men data for hastighet er vanligvis vanskeligere å skaffe fra historiske hendelser. Historisk kortidsnedbør er de viktigste inngangsdataene til modellen. Informasjon om hvordan man kan finne observasjoner fra overvannshendelser er beskrevet i Vedlegg B.

Kalibreringsprosessen bør dokumenteres i sluttdokumentasjonen, og valgene av parameterverdier og inndata som er endret, bør begrunnes. Observasjoner som er brukt til kalibreringen og valideringen bør stedsfestes med koordinater, slik at de er lett å finne tilbake til.

Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyser bør alltid utføres som en del av prosessen med å etablere en modell. Følsomhetsanalyser bidrar til å vurdere kvaliteten til modellen ved at man undersøker usikkerheten til modellen. I en følsomhetsanalyse varierer man modellparameterne og

undersøker hvordan det påvirker resultatene. Følsomhetsanalyser er spesielt viktig å utføre når datatilgangen gjør det utfordrende å kalibrere og validere modeller (CIWEM, 2021, s. 160; SEPA. u.å., s. 87). Det vil gjelde for de fleste hydrauliske overflatemodeller som brukes til å kartlegge faren fra overvann.

Vi anbefaler at man i en følsomhetsanalyse undersøker hvordan D, V og DV endrer seg ved å justere parametere og inndata. Parameterne og inndataene som bør justeres er

- nedbørens mengde, varighet og formen til nedbørforløpet ved bruk av konsentrert CDS-regn
- infiltrasjonshastigheten (den mettede hydrauliske konduktiviteten)
- metningsgraden i grunnen ved simuleringsstart
- beregningsnettets oppløsning
- ruheten

Analysen utføres for én parameter av gangen ved å justere parameterverdiene opp eller ned med for eksempel en prosentvis andel. For nedbør kan følsomheten utføres ved å ta utgangspunkt i konfidensintervallet til IVF-kurven (se kapittel 3.2.2.4). De justerte verdiene bør holdes innenfor parameterne og variablenes gyldighetsområde.

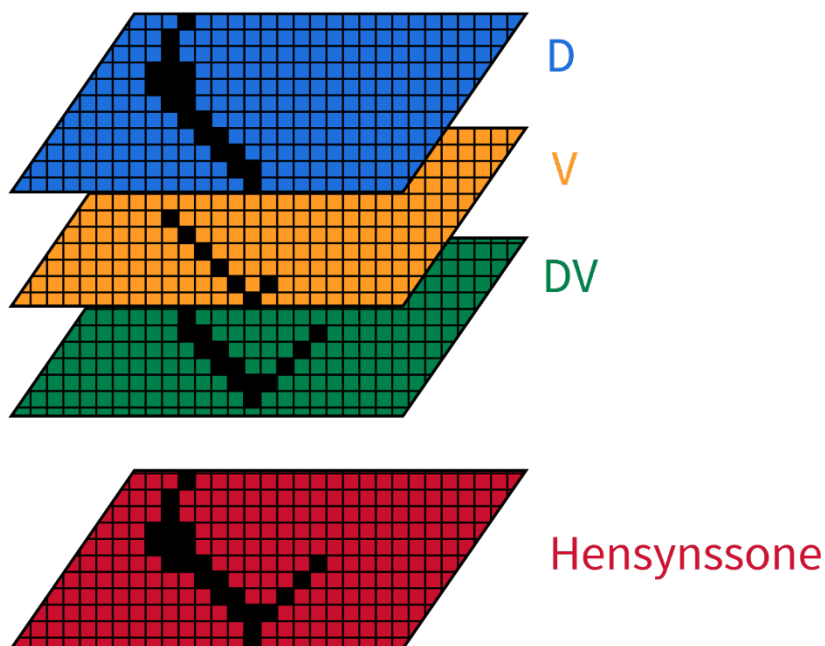
Den som utfører utredningen må vurdere usikkerheten til modellen ved å bestemme om følsomhetsanalyse av de ulike parameterne og inndataene medfører stor, liten eller ingen endring i D, V og DV. Se kapittel 3.2.6 for vurdering av modellens samlede usikkerhet.

3.2.5 Fra resultater til hensynssoner

Til kommuneplaner angir hensynssonene områder som er utsatt for potensiell fare fra overvann. Til siste plannivå, reguleringsplaner, angir hensynssonene områder som er utsatt for reell fare fra overvann (se kapittel 1.6). Resultatene fra de hydrauliske overflatemodellene kan brukes til å finne arealer utsatt for fare fra overvann. Arealene som utgjør en fare kan videre brukes til å lage hensynssoner for overvann.

Fra den hydrauliske modellen kan man hente ut tre kartlag: dybde (D), hastighet (V) og produktet av D og V (DV). DV bør være den maksimale verdien av DV gjennom hele simuleringsperioden – ikke maksimal D x maksimal V. Maksimal D x maksimal V kan resultere i urealistiske høye verdier for DV sammenlignet med den maksimale verdien av DV gjennom hele simuleringsperioden (Australian Institute for Disaster Resilience, 2017, s. 7–9.).

Det er nødvendig å bestemme hvilke verdier for D, V og DV i de tre kartlagene som utgjør en fare. Foreslåtte grenseverdier for D, V og DV som kan utgjøre fare er oppgitt i NVE (2022a, s. 35). Kommunen kan ha valgt andre grenseverdier. Det er bare arealer hvor verdien av D, V og DV overstiger de grenseverdiene, som brukes til å lage hensynssonen. Hensynssonen lages ved å legge sammen alle arealene som overstiger grenseverdiene for D, V og DV (Figur 8). Til slutt vil det være nødvendig å glatte hensynssonen slik at den blir brukervennlig.



Figur 8 En samlet vurdering av D, V og D x V bør være grunnlaget for hensynssonen for overvann basert på hydraulisk overflatemodell.

De tre enkelte kartlagene med D, V og DV bør følge med som vedlegg til hensynssonen for overvann. Det gjør det mulig å utføre en videre siling for ulike arealtyper, for eksempel bruke andre grenseverdier for D, V og DV.

Når hensynssonen er gjort klar i GIS, kan den konverteres til egnet format, for eksempel SOSI-format. Hensynssonen bør inneholde informasjon om opprettelsesdatoen, metoden, kvaliteten, typen hensynssone og annen relevant informasjon.

3.2.6 Vurdering av usikkerhet

Formålet med å evaluere den hydrauliske modellen er å beskrive usikkerheten til utredningen. Inndataene til en hydraulisk modell, parametervalgene og andre antagelser som blir tatt underveis, innebærer en usikkerhet som samlet kan påvirke utbredelsen til den endelige hensynssonen.

Det kan være utfordrende å kvantifisere usikkerheten i en utredning, men den som utfører utredningen, bør ta stilling til om den hydrauliske overflatemodellen er god nok til å utrede om det er fare fra overvann.

For å forsikre seg om at byggegrunnen er trygg i tråd med plan- og bygningsloven § 28-1, kan kommunen bestille en uavhengig kvalitetskontroll (NVE, 2022a, s. 53). Dette gjelder spesielt hvis overvannsfaren kan føre til store konsekvenser, eller utredningen er basert på stor usikkerhet. Derfor er det viktig at den som utfører utredningen, beskriver usikkerheten ved en utredning.

For å vurdere den samlede usikkerheten kan den som utfører utredningen, drøfte usikkerheten til ulike deler av utredningen, for eksempel ved faktorene i tabell 3.

Tabell 3 Forslag til hva som kan drøftes for å vurdere usikkerheten til modellen.

Usikkerheten ved ...	Hjelpespørsmål for å vurdere usikkerheten
kalibrering, validering og følsomhetsanalyse	Er den hydrauliske modellen kalibrert og validert mot observasjoner? Er det utført følsomhetsanalyse? I så fall: representerer følsomhetsanalysen usikkerheten i modellen godt nok?
kritiske punkter	Er alle de relevante kritiske punktene lagt inn i modellen? Er det utført befaring av de kritiske punktene og eventuelt innmåling?
terrengmodellen (DTM)	Er oppløsningen til terrengmodellen god nok for formålet? Er det nyeste datagrunnlaget benyttet, og er det gjort store endringer siden terrenget ble skannet?
nedbør	Hvilken kvalitetsklasse har målestasjonen som er valgt? Er modellen testet for flere nedbørforløp?
parametere	Er valg av ruhet, infiltrasjonshastigheter og metning ved simuleringsstart representativ? Hvordan vet vi at valgene er representative?
beregningsnettet	Er størrelsen på beregningsnettet tilstrekkelig for formålet? Dekker beregningsnettet hele nedbørfeltet?

Avslutningsvis bør forbehold og svakheter ved den hydrauliske modellen beskrives. I tillegg bør utførende tydelig beskrive om modellen er tilstrekkelig til å utrede om det er overvannsfare i planområdet. Som hjelp for å vurdere om modellen er tilstrekkelig, kan tabellen i vedlegg F brukes for å vurdere om modellen har liten, middels eller stor usikkerhet.

Litteratur

Australian Institute for Disaster Resilience. (2017). Flood Hazard: Supporting document for the implementation of Australian Disaster Resilience Handbook 7 Managing the Floodplain: A Guide to Best Practice in Flood Risk Management in Australia. (Guideline 7-3). Australian Institute for Disaster Resilience. <https://knowledge.aidr.org.au/media/3518/adr-guideline-7-3.pdf>

Bratlie, R. (2015). Beregning av flomveier med eksempler på bruk i kommunal forvaltning. Kart og plan, 75, s. 24–34. <http://www.kartogplan.no/Artikler/KP1-2015/Beregning%20av%20flomveier.pdf>

Byggeskikknøkkel. (u.å.). Plan og planprosess. <https://byggeskikknokkelen-dibk.azurewebsites.net/bsn/begrep/Sider/Plan-og-planprosess.html>

CIWEM. (2021). Integrated Urban Drainage Modelling Guide [versjon 2.01, mai 2021]. The Chartered Institution of Water and Environmental Management. https://www.ciwem.org/assets/uploads/IUD_1.pdf

Dansk Vand- og Spildevandsforening. (2007). En kagebog for analyser af klimaændringers effekter på oversvømmelser i byer [versjon 3, mars 2021]. Dansk Vand- og Spildevandsforening. <https://www.klimatilpasning.dk/media/1909350/klimakagebog-3.pdf>

Digitaliseringsdirektoratet. (u.å.). SOSI (Samordna Opplegg for Stadfesta Informasjon). <https://www.digdir.no/standarder/sosi-samordna-opplegg-stadfesta-informasjon/1729>

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2016). Risikoanalyse av regnflom i by: krisescenarioer 2016 – analyser av alvorlige hendelser som kan ramme Norge. Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. <https://www.dsbinfo.no/DSBno/2016/Tema/regnflom-i-by/>

Høydedata. (2022). Brukerdokumentasjon Høydedata. https://hoydedata.no/laserinnsyn/help_no/index.htm?context=130 [Lesedato 04.11.2022]

Innst. 35 L (2022–2023). Innstilling fra kommunal- og forvaltningskomiteen om Endringer i plan- og bygningsloven (reglar om handtering av overvatn i byggjesaker mv.). Kommunal- og forvaltningskomiteen. <https://www.stortinget.no/globalassets/pdf/innstillinger/stortinget/2022-2023/inns-20223-035l.pdf>

Kartverket. (u.å.). Geovekst produktspesifikasjoner. Kartverket. <https://www.kartverket.no/geodataarbeid/geovekst/fkb-produktspesifikasjoner>

Kommunal- og distriktsdepartementet. (2022, 20. september). Reguleringsplan (Brosjyre/veiledning). Kommunal- og distriktsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/reguleringsplan/id2928063/>

Kommunal- og moderniseringsdepartementet. (2018, oktober). Samfunnssikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling. Rundskriv H-5/18. Kommunal- og moderniseringsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/samfunnssikkerhet-i-planlegging-og-byggesaksbehandling/id2616041/>

Meld. St. 15. (2011-2012). Hvordan leve med farene - om flom og skred. Olje- og energidirektoratet.
<https://www.regjeringen.no/contentassets/65e3e88d0be24461b40364dd6111f21/no/pdfs/stm201120120015000dddpdfs.pdf>

Meteorologisk institutt. (2022, 23. februar). IVF-verdier for norske nedbørstasjoner. (MET report no. 2/2022). Meteorologisk institutt. https://www.met.no/publikasjoner/met-report/_/attachment/download/a7c730df-6320-488f-bfbc-f56974a418e1:a6dbf376c8787687a0ad7f3189eb7210ad1de263/MET-report-02-2022.pdf

Miljødirektoratet. (2020, 2.mars). Høringsnotat : Forslag til endringer i forurensningsloven og vass- og avløpsanleggslova for bedre overvannshåndtering. Saksnr. 2020/3211. Miljødirektoratet. <https://www.miljodirektoratet.no/hoeringer/2020/mars-2020/overvannshandtering.-forslag-til-endringer-i-forurensningsloven-og-vass--og-avlopsanleggslova/>

Norsk Klimaservicesenter. (u.å.a). Hjelp til valg av IVF. Norsk Klimaservicesenter. <https://klimaservicesenter.no/kss/vrdata/ivf-veiledning>

Norsk Klimaservicesenter. (u.å.b). Kraftig nedbør. Norsk Klimaservicesenter. <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/%20kraftig-nedbor>

Norsk Klimaservicesenter. (u.å.c). Klimaprofilene: et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning. Norsk Klimaservicesenter. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

Norsk Klimaservicesenter. (u.å.d). Kraftig nedbør. Norsk klimaservicesenter. <https://klimaservicesenter.no/kss/laer-mer/%20kraftig-nedbor#dimensjonerende-nedbr-for-dgn-og-oppoover>

NOU 2015: 16. (2015). Overvann i byer og tettsteder: Som problem og ressurs. Klima- og miljødepartementet.

NVE. (2023). Veileder for innsamling av måledata til overvannsformål (NVE Veileder nr. 1/2023). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2023/veileder2023_01.pdf

NVE. (2022a). Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar: Korleis ta omsyn til vassmengder? (NVE Veileder nr. 4/2022). Noregs vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_04.pdf

NVE. (2022b). Automatiserte infiltrasjonsmålinger i tettsteder: sammendrag av målinger gjennomført av NVE i Oslo og Bergen 2020 (NVE Rapport nr. 5/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_05.pdf

NVE. (2022c). Veileder for flomberegninger (NVE Veileder nr. 01/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_01.pdf

NVE. (2022d). Sikkerhet mot flom: Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (NVE Veileder nr. 3/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf

- NVE. (2022e). Karakteristiske tidsparametere for hydrologisk respons i urbane og naturlige nedbørfelt (NVE Rapport nr. 25/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE). https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_25.pdf
- NVE. (2019). Bruk av registrerte overvannskader for validering av beregnede vannveier og overvannsansamlinger (bluespots) (NVE Rapport nr. 44/2019). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2019/rapport2019_44.pdf
- NVE. (2015). NVEs klimatilpasningsstrategi 2015–2019 (NVE Rapport nr. 80/2015). Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_80.pdf
- NVE. (1993). FERSKVANNSTESAURUS : En første, foreløpig del av Norsk miljøtesaurus. Publikasjon nr. 18/1993. Norges vassdrags- og energidirektorat. http://publikasjoner.nve.no/publikasjon/1993/publikasjon1993_18.pdf
- NVE. (u.å). Under utvikling: Hvordan finne dreneringslinjer med GIS. Norges vassdrags- og energidirektorat. <https://arcg.is/Tqa8j>
- Prop. 125 L (2021–2022). Endringer i plan- og bygningsloven (reglar om handtering av overvatn i byggesaker mv.). Kommunal- og distriktsdepartementet. <https://www.regjeringen.no/contentassets/ce945a8b68614614994f333b1b5c0204/nn-no/pdfs/prp202120220125000dddpdfs.pdf>
- Seip, U.B.A. (2022). Prediksjon av mettet infiltrasjonsrate ved bruk av fjernmåling og nevralt nett [Masteroppgave, Universitetet i Oslo]. DUO vitenarkiv. <http://urn.nb.no/URN:NBN:no-98252>
- SEPA. (u.å.). Flood Modelling Guidance for Responsible Authorities [versjon 1.1]. Scottish Environment Protection Agency. https://www.sepa.org.uk/media/219653/flood_model_guidance_v2.pdf
- Statens vegvesen. (2022, 19. desember). V240 Vannhåndtering (Veiledning). Statens vegvesen. <https://viewers.vegvesen.no/product/859952?filePath=e1b38f9e-5062-48d9-9d1e-3ddf979349ba.pdf>
- Statens vegvesen. (u.å). Nasjonal vegdatabank. Statens vegvesen. <https://www.vegvesen.no/fag/teknologi/nasjonal-vegdatabank/>
- Svenskt Vatten. (2011). Nederbördsdata vid dimensionering och analys av avloppssystem (Publikation P104). Svenskt Vatten AB.
- Taubøll, S. og Paus, K. (2022). Overvann som naturfare: faktagrunnlag og rettslig håndtering. I S. Taubøll (red), Vann, juss og samfunn: rettigheter og regulering i utvikling (s. 95–117). Cappelen Damm Akademisk. <https://doi.org/10.23865/noasp.176>

Vedlegg A Begreper

Akseptabel risiko er en sannsynlighet for fare eller skade som er innenfor det samfunnet godtar i en gitt sammenheng. Risikoakseptkriterier er de kriteriene som legges til grunn når man skal avgjøre hva som er akseptabel risiko. Slike kriterier kan være uttrykt med ord eller være tallfestet (Meld. St. 15 (2011–2012), s. 27). For ekstrem driftssituasjon for overvann har NVE foreslått risikoakseptkriterier i NVE (2022a, s. 32, 35).

Aktsonhetsområder for overvann er arealer som potensielt kan bli utsatt for skade eller fare fra overvann (se definisjon av *potensiell fare fra overvann*). Et aktsonhetskart for overvann viser aktsonhetsområdene.

Arealreduksjonsfaktor (ARF) er en faktor i beregninger av nedbørforløp som tar høyde for at nedbøren ikke er like intens i hele nedbørfeltet. Faktoren justerer den observerte nedbør fra ett punkt til en arealverdi som brukes i beregning av nedbørforløp. De anbefalte arealreduksjonsfaktorene finnes hos Klimaservicesenteret (Norsk klimaservicesenter, u.å.d)

Avløpsnett er rør som håndterer avløpsvann slik som spillvann, overvann og drens vann.

Beregningsnett er modellens beregningsoppløsning og kan være sammensatt av triangler (mesh) eller kvadratiske celler (grid).

CDS-regn eller Chicago Design Storm, er en metode for å lage et nedbørforløp basert på IVF-kurver.

Dreneringslinjer er en matematisk utregning av hvor vannet vil renne på overflaten basert på terrengform og helning. I NOU 2015: 16 (s. 5) brukes begrepet avrenningslinjer om det samme begrepet. Det må ikke forveksles med ordet flomveier.

DV-tall er modellerte tall for vannndybde (D) og vannhastighet (V) og produktet av de to (DV) for oversvømte areal.

Ekstrem driftssituasjon er når overflateavrenningen overstiger kapasiteten til avløpsnettet og lokale overvannstiltak. Under slike situasjoner kan det være fare for tap av liv og skade på bygninger og for fremkommelighet og infrastruktur (NVE, 2022a, s. 10). NVEs forslag til akseptabel risiko (NVE, 2022a, s. 32) gjelder for ekstrem driftssituasjon.

FKB står for **Felles KartdataBase**. Det er en samling av datasett over blant annet arealbruk og bygninger. Dataene samles inn og forvaltes i fellesskap av Geovekst-partene i en kommune (Kartverket, u.å.).

Flomvei er en trasé som er ment å lede overvann til en resipient. En flomvei kan være naturlig eller konstruert (NOU 2015:16, s. 5)

Grunnvann er vann i den mettede sonen i grunnen (vannressursloven § 2). Mettet sone er når alle porene er fylt med vann.

Hensynssoner angir hvilke spesielle hensyn som skal ivaretas når arealbruken, som går frem av plankartet, gjennomføres. De vises på plankartet og kan gå over flere arealformål. Hensynssoner kan være rettslig bindende eller retningsgivende for gjennomføringen av tiltak (Byggeskikknøkkel, u.å.).

Hydraulisk overflatemodell er en beskrivelse av terrengoverflaten i 2D hvor overflateavrenningen blir beregnet ved hjelp av hydrauliske ligninger.

Infiltrasjon er når vann trenger ned i bakken (NVE, 2022a, s. 8).

Infiltrasjonshastighet er hvor raskt vannet trenger ned i bakken. Infiltrasjonshastigheten er oftest raskest i starten, og vil over tid med kontinuerlig tilførsel av regn bli lik den mettede hydrauliske konduktiviteten (se definisjon av *mettet hydraulisk konduktivitet*).

IVF er nedbørintensitet (I) for ulike varigheter (V) som forekommer for en gitt hyppighet eller frekvens (F). Frekvensen eller hyppigheten er ofte beskrevet som et gjentakintervall. Dimensjonerende nedbør blir ofte uttrykt som en IVF-verdi (NVE, 2022a, s. 8).

Kalibrering er å endre modellparameterne for å få de simulerte verdien så like de observerte som mulig.

Klimapåslag for nedbør legges til nedbørforløpet for å ta hensyn til de forventede klimaendringene. Klimapåslaget på nedbør må ikke forveksles med klimapåslaget for flom som legges til den beregnede vannføringen, og som gjelder for vannføring i vassdrag.

Koblet modell er sammensatt av flere modeller, for eksempel en overflatemodell og en avløpsmodell.

Konfidensintervall brukes til å angi usikkerhet for en måling eller beregnet verdi og relateres gjerne til en sannsynlighet. Det omtales også som troverdighetsintervall og usikkerhetsintervall. For eksempel viser 95 % konfidensintervallet at verdien med 95 % sannsynlighet ligger innenfor dette intervallet (NVE, 2022c, s. 93-94).

Kritiske punkter i tilknytning til overvann er tekniske inngrep eller konstruksjoner som endrer vannets retning. Eksempler på tekniske inngrep eller konstruksjoner kan være stikkrenner, kulverter osv.

Lavpunkt er en forsenkning eller grop i terrenget der overvann kan samle seg (NVE, 2022a, s. 8).

Lokale overvannstiltak er tiltak som håndterer overvann lokalt. Lokale overvannstiltak kan være risikoreduserende tiltak (se egen definisjon av *risikoreduserende tiltak*).

Markvann er vannet i den umettede sonen i jorda, mellom jordoverflaten og grunnvannssonen. Porene i denne sonen er fylt av både vann og luft, til forskjell fra grunnvannssonen hvor alle porene er fylt med vann.

Manning beskriver ruheten til overflaten i de fleste hydrauliske overflatemodeller (se definisjon av *ruhet*). Ruheten oppgis ofte som Mannings n eller M , som er omvendt proporsjonale.

Mettet hydraulisk konduktivitet, K_s , er jordlagets evne til å transportere vannet i de fylte porene (NVE, 2022b).

Nedbørfelt er et område som har felles utløpspunkt for sitt avløp (NVE, 1993).

Nedbørforløp, også kalt hyetogram, er fordelingen av nedbør over tid. Ofte settes forløpet sammen av dimensjonerende nedbørverdier (IVF) for ett bestemt gjentakintervall, for

eksempel 100-årsregn, men for ulike varigheter. Det finnes ulike metoder for hvordan nedbørforløp kan konstrueres.

Overvann er vann som renner av på overflaten som følge av regn og smeltevann (Forslag til ny definisjon i forurensningsloven § 21 nytt tredje ledd (Miljødirektoratet, 2020, s. 10)).

Potensiell fare fra overvann viser områder som kan være utsatt for fare eller skade fra overvann. Kartleggingen er overordnet og detaljeringsgraden er lav. Et kart over arealer med potensiell overvannsfare kalles et aktsomhetskart for overvann.

Påregnelig driftssituasjon er når overflateavrenningen er høyere enn normalt, men ikke overstiger dimensjonert kapasiteten til avløpsnett og lokale overvannstiltak. Risikoen under påregnelig driftssituasjon kan være overløpsdrift, forurensing, tilbakeslag i kjellere, lokal oversvømmelse eller skade på teknisk infrastruktur (NVE, 2022a, s. 10).

Reell fare fra overvann viser den faktiske faren for hvor overvann vil utgjøre en fare eller skade. Kartlegging er detaljert, og arealene som er utsatt for fare eller skade fra overvann utgjør et faresonekart for overvann.

Resipient er en vannforekomst som mottar avløp (NVE, 1993).

Risikoreduserende tiltak verner byggverk mot fare eller skade fra overvann. Tiltakene inkluderer tilpasning av bygg og byggegrunn for å unngå skade (NVE, 2022a, s. 54). Lokale overvannstiltak kan være et risikoreduserende tiltak, dersom formålet med det lokale overvannstiltaket er å unngå fare eller skade fra overvann.

Ruhet eller overflateruhet beskriver overflatens ujevnhet. En overflate med høy ruhet har en ujevn eller ru overflate, mens lav ruhet vil være en glatt eller jevn overflate.

SOSI står for **S**amordna **O**pplegg for **S**tadfesta **I**nformasjon. Det er et format som er utviklet for utveksling av geodata, og er ett av kartformatene som er godkjent ved avlevering til offentlige arkiver (Digitaliseringsdirektoratet, u.å.; Riksarkivarens forskrift, § 5-17).

Urbanhydrologi er læren om den delen av vannets kretsløp som er knyttet til utbygde områder (NVE, 2022a, s. 11)

Validering er å simulere den kalibrerte modellen på en nedbørserie hvor det finnes observasjonsdata, som modellen ikke er trent opp på.

Vassdrag regnes som alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredde inntil høyeste vanlige flomvannstand. Selv om et vassdrag på enkelte strekninger renner under jorden eller under isbreer, regnes det i sin helhet som et vassdrag. Som vassdrag regnes også vannløp uten årssikker vannføring dersom det tydelig skiller seg fra omgivelsene (vannressursloven § 2).

Vedlegg B Innsamling av observasjoner

Dette vedlegget handler om innsamling av observasjoner fra overvannshendelser som kan bidra til å redusere usikkerheten i kartleggingen av fare fra overvann.

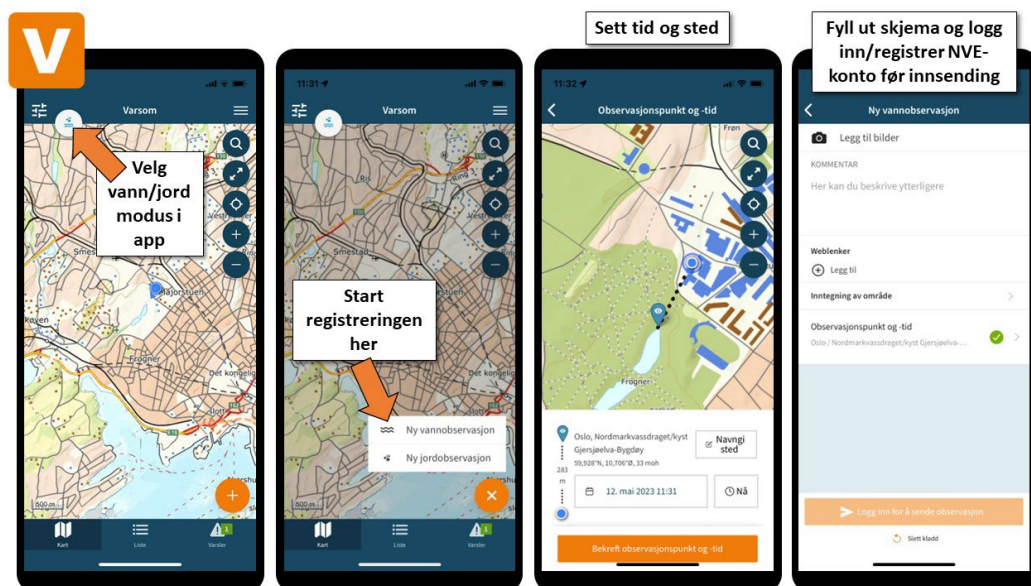
B.1 Observasjoner til GIS-analyser og hydrauliske overflatemodeller

Informasjon om hvor i terrenget vannet renner, og hvor det oppstår problemer med overvann, vil være nyttig både i forbindelse med GIS-analyser og hydrauliske overflatemodeller.

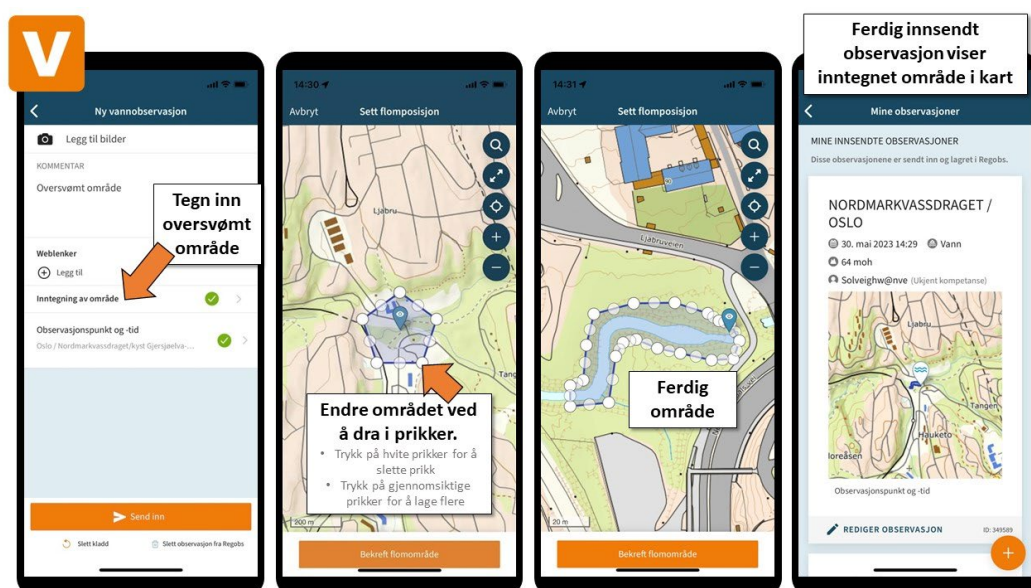
Stedfestet informasjon om historiske overvannshendelser kan legges inn i egne eller eksterne innmeldingstjenester. Observasjonene kan legges inn i løpet av en hendelse eller i etterkant. Bilder og opplysninger kan også hentes fra aviser og sosiale medier, og legges inn i en innmeldingstjeneste. Informasjon om hvor informasjonen er hentet fra, må i så fall også være med.

Det er imidlertid viktig at årsakene til en oversvømmelse beskrives så godt som mulig. Hvis de vanlige vannveiene er blokkert eller har redusert kapasitet, bør man være forsiktig med å bruke observerte oversvømmelser til å verifisere resultatene fra kartleggingen. Løv, kvister, is, snø og gjenstander kan føre til at stikkrenner og kulverter får redusert kapasitet som følge av at inntakskapasiteten er redusert. Observasjoner av oversvømmelser som skyldes brudd på vannledninger, bør ikke benyttes.

NVE tilbyr innmeldingstjenesten Varsom. I Varsom kan privatpersoner, kommuner, bedrifter og statlige aktører registrere vannobservasjoner via en app som lastes ned via App Store eller Google Play eller ifra nettstedet Varsom Regobs (regobs.no). Med Varsom-appen kan man enkelt registrere en oversvømmelse (figur 9). Det betyr at plasseringen og tidspunktet for observasjonen registreres, i tillegg kan annen informasjon som bilder, nettadresser, inntegning av oversvømt areal (figur 10) og kommentarer legges til observasjonen.



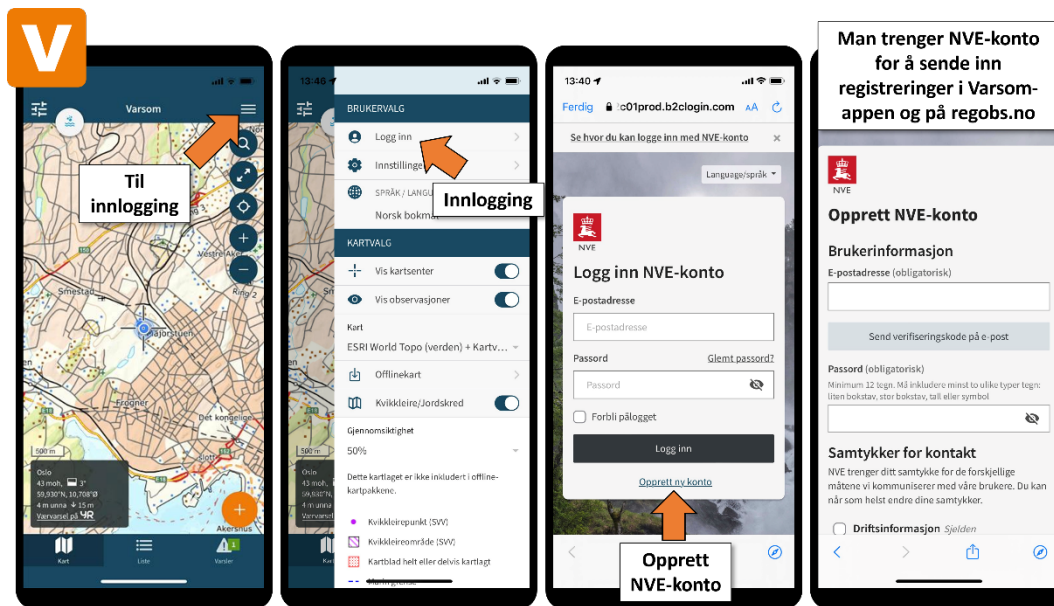
Figur 9 Varsom-appen: registrering av oversvømmelse (Varsom).



Figur 10 Varsom-appen: inntegning av oversvømt areal. Det inntegnede området er ment som en illustrasjon, og representerer ikke en reell oversvømmelse (Varsom).

Etter å ha sendt inn en vannobservasjon i Varsom-appen, blir dataene tilgjengelige for alle både i en kartløsning og via et API. Man kan redigere observasjonen 48 timer etter innsending, gjerne i en nettleser hvis man vil fylle ut mer informasjon på en datamaskin.

For å sende inn en observasjon med Varsom-appen trenger man en NVE-konto (figur 11).



Figur 11 Varsom-appen: Hvordan opprette en NVE-konto for å sende inn observasjoner (Varsom).

B.2 Observasjoner til hydraulisk overflatemodell

Her kommer vi med forslag til hvilke observasjoner det er interessant å hente inn fra historiske overvannshendelser, og hvilken informasjon som kan samles inn i felt. Bruksformålet er til hydrauliske overflatemodeller i forbindelse med kartlegging av overvann.

Observasjoner fra historiske overvannshendelser

I tillegg til å stedfeste hvor det oppstår problemer med overvann, er det i et modelleringsformål interessant å vite tidspunktet til den maksimale utbredelsen og den maksimale høyden til en oversvømmelse. Vannhastigheter er også verdifulle observasjoner, men det kan være utfordrende å måle, og er derfor ikke omtalt videre.

Til hydrauliske overflatemodeller er det verdifullt med samtidige data av

- nedbør
- vannstand
- vannutbredelse

Hvis det ikke finnes samtidige observasjoner av nedbør og vannstand og vannutbredelse i det aktuelle området, bør man starte arbeidet med å samle inn observerte data. Modellresultater som er verifisert mot observasjoner fra overvannshendelser, vil være mindre usikre enn resultater som ikke er det. Å hente inn observasjoner som kan brukes til å kalibrere og validere hydrauliske overflatemodeller, vil bidra til å redusere usikkerheten i beslutningsgrunnlaget til kartleggingen av faren for overvann. Vi anbefaler kommunen å måle inn kulminasjonshøyden og -utbredelsen til oversvømmelser fra overvann med GPS under eller i etterkant av overvannshendelser.

Hvis det er få nedbørmålere i kommunen, tilbyr NVE (2023) og Meteorologisk institutt ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.b](#)) veiledning til hvordan disse kan etableres og driftes. Norsk Klimaservicesenter oppfordrer alle kommuner og profesjonelle brukere til å etablere en

nedbørmåler som måler korttidsnedbør med høy tidsoppløsning ([Norsk Klimaservicesenter, u.å.a](#)).

Fordi det ofte ikke finnes målte data fra overvannshendelser, kan man bruke bilder, videoer og beskrivelser av historiske hendelser til kalibrering og validering av modellen. Merk at bilder som dokumenterer overvannshendelser, trolig ikke er fra tidspunktet da hendelsen kulminerte.

Både forsikringsselskaper, offentlige myndigheter og privatpersoner kan sitte på informasjon om overvannshendelser som kan brukes til kalibrering og validering av hydrauliske overflatemodeller. I tillegg kan det være bilder og informasjon om overvannshendelser på Varsom-appen eller på Regobs.no. Bruk filtreringsfunksjonen til å finne bilder og informasjon for en ønsket tidsperiode.

Grunnforhold og grunnvannstand

Grunnforholdene og grunnvannstanden har betydning for tilgjengelig infiltrasjonsvolum og driver avrenningen i nedbørfeltet. Det kan være nyttig å innhente kunnskap om grunnforholdene og grunnvannstanden i forbindelse med grunnundersøkelser i området. I så fall bør man være oppmerksom på at grunnvannsundersøkelser er oppgavepliktige etter vannressursloven § 46. Både overvåkingpunkter og rapporter skal rapporteres inn til Norges geologiske undersøkelser (NGU). Bestillingen bør omfatte en henvisning til vannressursloven § 46 og tilhørende forskrift om oppgaveplikt for brønnboring og grunnvannsundersøkelser.

Infiltrasjonsmålinger

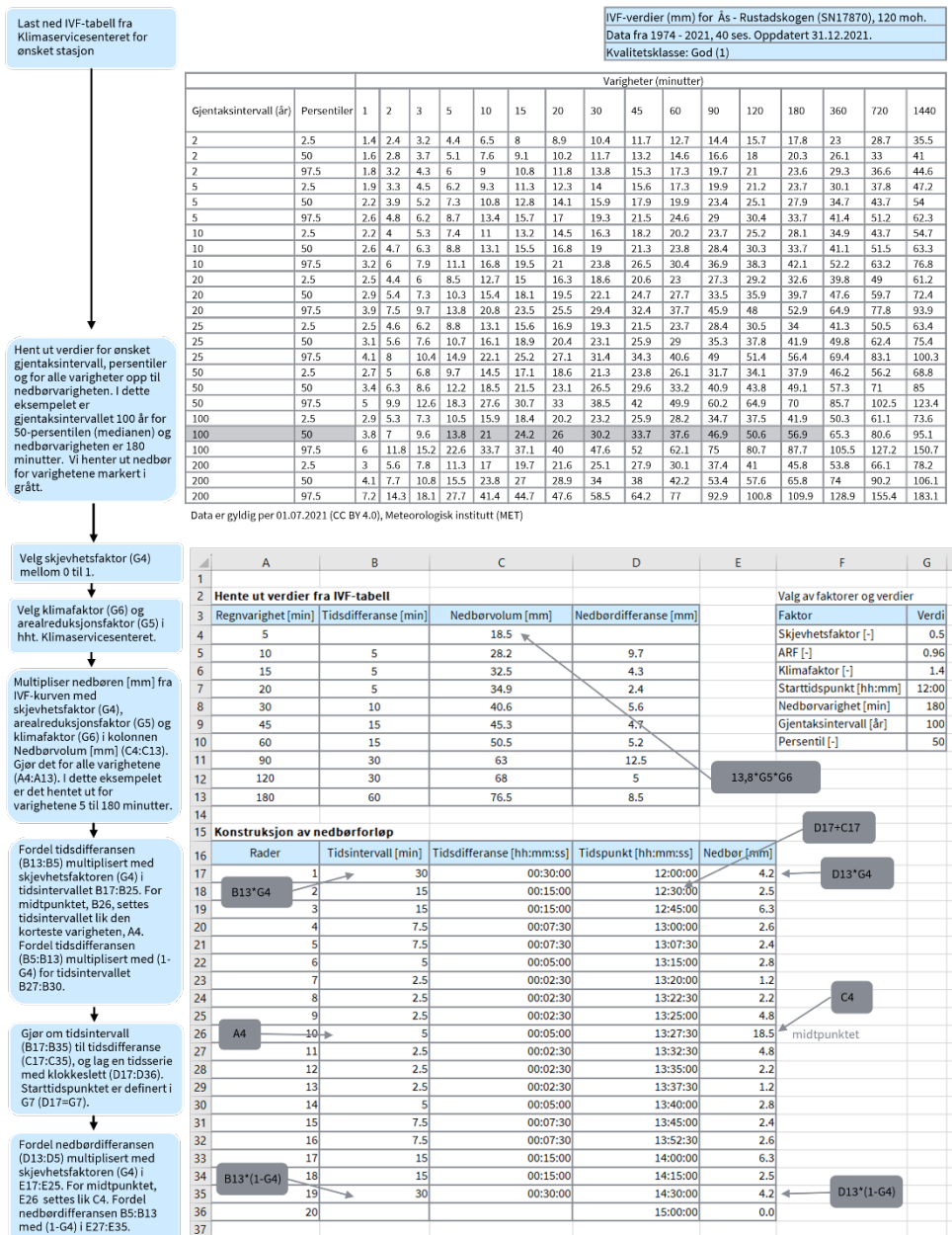
Det kan være aktuelt å utføre infiltrasjonsmålinger for å anslå den mettede hydrauliske konduktiviteten, K_s . K_s inntreffer når jorden er vannmettet. Verdier for K_s viser seg imidlertid å være utfordrende å fastsette, og det er stor variasjon i observerte verdier (NVE, 2022b, s. 52–53). For punktverdier er det stor usikkerhet i K_s på grunn av jordens variabilitet og svakheter i tilgjengelige målemetoder (NVE, 2022b, s. 7; Seip, 2022, s. 43; NVE 2023, s. 94).

Hvis man skal utføre infiltrasjonsmålinger til bruk i hydraulisk overflatemodellering, anbefaler vi at det utføres mange målinger. Hvis det bare er brukt ett målepunkt, vil det være stor usikkerhet knyttet til verdien av K_s (NVE, 2022b, s. 5). Infiltrasjonsmålinger med dobbeltringinfiltrrometer (DRI) har vist seg å være mer pålitelig enn målinger utført med metoden Modifisert Philip-Dunne (MPD) (Seip, 2022). NVE (2023) beskriver hvordan målinger med DRI og MPD kan utføres.

Vedlegg C CDS-regn

Fremgangsmåten for å lage CDS-regn tar utgangspunkt i beskrivelsen i kapittel 6 i Svenskt Vatten (2011). Figuren under henviser til bestemte celler og rader i regnearket nederst i figuren.

Fremgangsmåte for å lage CDS-regn



Vedlegg D Fremgangsmåte for å beregne lavpunkter

Vi har utarbeidet to generelle prosedyrer for å beregne lavpunkter i GIS, og begge er uavhengige av hvilken GIS-programvare som brukes. Vi erfarer imidlertid at ulike GIS-programvarer kan gi ulike resultater.

Alternativ 1 er mindre kompleks enn alternativ 2, men tar ikke vare på dybder i sluttproduktet. Hvis du ønsker å eksperimentere med å sortere lavpunktene på ulike dybder og arealer til slutt, kan det være en fordel å bruke alternativ 2.

Steg	Alternativ 1	Alternativ 2
1	Lag en DTM hvor lavpunktene i terrenget er fylt igjen, for eksempel ved fill-sinks-metoden. Kjør eventuelt analysen flere ganger. Bruk DTMen med bygninger og kritiske punkter.	Lag en DTM hvor lavpunktene i terrenget er fylt igjen, for eksempel ved fill sinks-metoden. Kjør eventuelt analysen flere ganger. Bruk DTMen med bygninger og kritiske punkter.
2	Beregn lavpunkter med en rasterkalkulator (fylt DTM minus DTM med bygninger og kritiske punkter).	Beregn lavpunkter med en rasterkalkulator (fylt DTM minus DTM med bygninger og kritiske punkter).
3	Sett alle lavpunktceller under terskelverdien for dybde til «1» og eventuelt de andre cellene til NULL (altså uten verdi).	Gjør om rasteren med lavpunktceller til vektorgrafikk.
4	Gjør om rasteren med lavpunkter til vektorgrafikk	Gjør om naboflater til én flate med en unik ID.
5	Beregn arealet og slett lavpunktflatene under terskelverdien for areal.	Legg til dybder og arealer som attributter.
6		Slett lavpunktflater under terskelverdiene for dybde og areal.

Vedlegg E Rapportmal

Forslag til innhold i rapporter ved utredning av fare fra overvann.

Kapittel	Tittel	Innhold
	Sammendrag	Beskriv formålet med utredningen og hvilke plannivåer den gjelder for. Gi en kort beskrivelse av hvilke verktøy som er brukt, og beregningsmetoden og datagrunnlaget som inngår i analysene. Beskriv funnene fra resultatene. Er planområdet utsatt for fare eller skade fra overvann, i henhold til kommunens akseptable risiko? Kan utbyggingen øke faren eller skadene fra overvann utenfor planområdet? Vurder kvaliteten på utredningen og usikkerheten i resultatene.
1	Innledning	Beskriv formålet med oppdraget og hva som er bestilt. Oppsummer hvilke plannivå det utredes for, og hvilke krav og bestemmelser som gjelder i dag. Ta med informasjon om tidligere utredninger eller observasjoner dersom det finnes. Beskriv kommunens akseptable risikonivå for skade og fare fra overvann dersom den har dette, eller andre kommunale krav eller anbefalinger til utredninger av fare fra overvann.
2	Avgrens området	Vis nedbørfeltene til planområdet, nærmeste resipient og eventuelt arealene utenfor planområdet som utbyggingen påvirker. Ta med aktsomhetskart for eksempelvis flom, og avgrens hvilke områder som skal utredes for overvannsfare.
3	Metode og data	Beskriv valget av metode, og begrunn hvorfor metoden er egnet til å svare ut bestillingen. Beskriv og begrunn valgene av data, parametere og andre forutsetninger som gjøres i beregningen. En detaljert beskrivelse kan passe i et vedlegg. Beskriv hvordan kalibreringer, valideringer og følsomhetsanalyser er utført for hydrauliske overflatemodeller.
4	Valg av risikoreduserende tiltak	Beskriv hvilke risikoreduserende tiltak som er tatt med i beregningene, og virkningen av dem ved en ekstrem driftssituasjon.
5	Resultater fra beregning	Vis utstrekningen av arealer som er utsatt for fare fra overvann (hensynssoner), i kart. Vis også kart over dybder, hastigheter og DV. Beregn hensynssoner før og etter utbygging.

6	Andre farevurderinger	Gi en oppsummering av andre relevante farevurderinger, for eksempel erosjon, grunnforhold, høyt grunnvannsnivå, utfordringer vinterstid osv.
7	Usikkerhet i utredningen	Drøft usikkerheten i utredningen og utstrekningen til hensynssonene. Kommenter resultatene fra følsomhetsanalysen, kalibreringen og valideringen. Dokumenter at utredningen er kvalitetssikret.
8	Konklusjon	Oppsummer funnene fra utredningen. Bruk disse hjelpespørsmålene for å gi en god oppsummering: ■ Er planområdet tilstrekkelig trygt å bygge på? Er området utsatt for fare eller skade fra overvann? ■ Vil utbyggingen føre til økt fare eller skade utenfor planområdet? For eksempel nedstrøms eller oppstrøms planområdet? ■ Hvilke risikoreduserende tiltak er lagt til grunn? ■ Er utredningen etterprøvbart, og bygger den på oppdaterte data?
9	Eventuelle forslag til arealplan	Gi forslag til arealformål, hensynssoner, bestemmelser og bestemmelsesområder, som vil sikre god nok sikkerhet mot fare fra overvann.
	Referanser	List opp all litteraturen som er brukt i utredningen.
	Vedlegg	Ta med flest mulig detaljer fra den valgte metoden, og beskriv versjonen til programmene, hvilke grunnlagsdata som inngår, parametervalg, antagelser som er gjort, osv., for at utredningen skal være etterprøvbart.

Vedlegg F Vurdering av modellusikkerhet

Tabellen under er ment til hjelp til å vurdere usikkerheten i utredninger med bruk av hydrauliske overflatemodeller.

Usikkerhet	Kriterier
Liten	Modellen er kalibrert og validert mot observasjoner fra modellområdet. Grunnlagsdataene er av god kvalitet. God kvalitet innebærer at dataene for eksempel har høy oppløsning, beskriver dagens forhold eller er av nyere dato og er representative for planområdet. Det er liten variasjon i utbredelsen av hensynssonen etter følsomhetsanalyse.
Middels	Modellen er <i>ikke</i> kalibrert og validert mot observasjoner fra modellområdet. Grunnlagsdataene er av god kvalitet. God kvalitet innebærer for eksempel at dataene har høy oppløsning, beskriver dagens forhold og er representative for planområdet. Det er liten variasjon i utbredelse av hensynssonen etter følsomhetsanalyse.
Stor	Modellen er <i>ikke</i> kalibrert og validert mot observasjoner fra modellområdet. Grunnlagsdataene er av dårlig kvalitet. Det innebærer at dataene for eksempel har lav oppløsning, ikke beskriver dagens forhold eller er av eldre dato, eller at verdiene ikke er representative for planområdet. Det er stor variasjon i utbredelsen av hensynssonen etter følsomhetsanalyse.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 22 95 95 95