

Hva er en flomvei? Begrepsavklaring, reliabilitet og et rammeverk for implementering

Av Thea I. Skrede, Knut Alfredsen, & Tone M. Muthanna

Thea I. Skrede (M.Sc.) er næringslivsstipendiat ved NTNU og Norconsult.

Knut Alfredsen (Ph.D) er professor ved NTNU.

Tone M. Muthanna (Ph.D) er professor ved NTNU.

Summary

What is a floodway? Conceptual clarification, reliability, and a framework for implementation.

Climate change, combined with urbanization, has led to challenges with urban flooding. Solutions to reduce stormwater runoff and urban flooding, and to encourage better control of stormwater are needed. This study analyses current practices related to flow paths and identifies a lack of system thinking and unclear terminology. A systematic classification method was developed to differentiate and evaluate between different types of urban stormwater conveyors and floodways. The study proposes a framework to better identify which natural flood paths should be designated and managed as floodways (with or without alterations), with distinct requirements for design, maintenance, liability and protection compared to non-designated natural flow paths.

Sammendrag

Klimaendringer og urbanisering har økt behovet for effektiv overvannshåndtering. Studien analyserer dagens praksis for etablering av flomveier og identifiserer mangler i hvordan flomveier forstås og forvaltes. Videre vurderes dagens praksis for flomveier, der manglende systemtenkning og uklar begrepsbruk identifiseres. Basert på dette utvikles en funksjons- og pålite-

lighetsbasert avgrensning mellom avrenningslinjer, dreneringslinjer, flomlinjer, flomløp og flomveier. Dette gir et operativt skille mellom eksisterende traseer og forvaltede flomveier som infrastruktur, og åpner for målrettede krav til utforming, drift og eierskap. Endelig foreslås et rammeverk for kartlegging, risikovurdering og implementering av flomveier i tretrinnsstrategien (3TS), samt behovet for nasjonale retningslinjer for forvaltning gjennom hele livsløpet. Dette gir kommuner og planmyndigheter et konkret grunnlag for å ta informerte beslutninger og etablere et helhetlig flomveinettverk, hvilket reduserer behovet for kostbare oppgraderinger og bidrar til langsiktig klimatilpasning.

Introduksjon

Klimaendringer medfører en økning av risiko og fare for mennesker, eiendom og miljø (Dodman et al., 2023) og krever raske og effektive tiltak. Men å tilpasse byer til klimaendringene er en kompleks og langsiktig prosess (Kvitsjøen, 2022). Nasjonalt er tretrinnsstrategien (3TS) (Lindholm et al., 2008) anerkjent som faglige standard for delen av klimatilpasning som gjelder for overvannshåndtering ved økt nedbør (Taubøll & Paus, 2022). 3TS er forankret i veiledere, tekniske forskrifter (Taubøll et al., 2024) og fra 2024 også i lovverket (Plan og

bygningsloven, 2024, §28-10). Samtidig utfordres klimatilpasset overvannshåndtering i stor skala av et lovverk som i hovedsak er tilpasset enkelttomter og nyetablering. Dette resulterer i fragmenterte løsninger uten tilstrekkelig helhet. Selv om 3TS er enkel i prinsippet, er den kompleks å implementere i praksis (Pons et al., 2022). Det er særlig tredje trinn; etablering av trygge flomveier som møter praktiske og organisatoriske hindre (Taubøll et al., 2024).

Internasjonalt tar forskere til orde for et skifte fra å utforme urbane overvannssystemer basert på dimensjonerende regn med ett gitt gjentakintervall, til å designe byområder som er trygge og raskt kommer seg etter oversvømmelser (Haghighatafshar et al., 2020). Det innebærer overvanns-infrastruktur som ikke bare er pålitelige under normale eller dimensjonerte forhold, men også motstandsdyktige mot uventede og ekstraordinære forhold (Bertilsson et al., 2019; Butler et al., 2014; Mugume & Butler, 2016). Safe-to-fail er et nytt paradigme som beskriver løsninger der svikt tillates, men konsekvensene kontrolleres eller minimeres (Ahern, 2011; Kim et al., 2019; Kim et al., 2017). 3TS skiller seg fra disse, ved at flomveien ikke bare er en nedsenket infrastruktur eller overflate som kan oversvømmes, men en aktiv del av overvannssystemet som er knyttet til tiltakene i forrige trinn. Utforming av områder som er sikre mot oversvømmelse, krever at beslutningstakerne mobiliseres for å definere hva som er tilstrekkelig trygt (Haghighatafshar et al., 2020).

Flomveier er sentral i 3TS og muliggjør trygg overflateavledning under ekstremnedbør (Skrede et al., 2023). Uten identifiserte og sikre flomveier er det høy risiko for at overvann finner egne, ofte uønskede veier, med store konsekvenser for både økonomiske verdier og samfunnssikkerhet. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) har utgitt to veiledere¹ (NVE 4/2022 og 2/2023) som støtter kommuner i å kartlegge den reelle faren og skadepotensialet ved et klimajustert 100 års regn. Noen arealer som grønne

parker eller parkeringsplasser, egner seg til å håndtere overvann (O'Donnell et al., 2019), mens andre bør beskyttes mot overvann (La Loggia et al., 2020; Palazzo, 2019; Vercruysse et al., 2019). Tilsvarende kan det være arealer som i dag har uakseptabel fare fra overvann, som ikke nødvendigvis er best egnet til overvannshåndtering, og noen typer arealer som egner seg til å transportere overvann mellom arealer egnet og uegnet for oversvømmelse (Dawson et al., 2020; Skrede et al., 2023; Vercruysse et al., 2019). Flomveier kan betraktes som et viktig verktøy eller tiltak, for å redusere og håndtere faren fra overvann (Skrede et al., 2023) og for å lede vann mellom ulike areal typer. Selv om de tre trinnene i 3TS skal fungere som et sammenkoblet system, skiller flomveier seg fra mer tradisjonelle overvannstiltak ved at de i mindre grad er et fysisk objekt og i større grad må forstås som en funksjon i landskapet. Men der trinn 1 og 2 ofte kan implementeres enkeltvis eller innenfor eiendomsgrenser, krever trinn 3 at vannet faktisk kan ledes videre.

Mange kommuner har kartlagt hvor flomveiene går i dag, men få har aktivt tatt stilling til hvor flomveiene faktisk skal gå (Taubøll et al., 2024). Inntil kommunene har tatt stilling til en definert trase, er det derfor ingen trygg flomvei nedstrøms å lede vann til (Taubøll et al., 2024). Kommunene bør utarbeide en overordnet plan for traseene som avledet overvann skal ha; et flomveinettverk. I dag etableres flomveier i hovedsak som komponenter på prosjektnivå eller enkelttomter, ofte i forbindelse med utbyggingssaker (Taubøll et al., 2024). Arbeidet stopper ofte ved tomtegrensen, uten å ivareta den samlede risikoen i nedbørsfeltet eller i et større nettverk over tid. Klimaendringer og urbanisering fører til økt avrenning og i noen tilfeller endret avrenningsmønster (Li et al., 2021; Sørensen & Mobini, 2017).

Det finnes allerede arealer som fungerer som flomveier, enten som følge av terrengform eller eksisterende avrenningsmønstre, men deres egnethet er sjelden vurdert og funksjonen ofte ikke anerkjent (Skrede et al., 2023). Flomveiens funksjon er transport eller avledning av over-

¹ NVE 4/2022 Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar, Korleis ta omsyn til vassmengder?
NVE 2/2023 Kartlegging av fare fra overvann

vann på terrengoverflaten. Slike «eksisterende» flomveier er gjerne et resultat av byens topografi, og ikke nødvendigvis planlagt eller utformet som en del av infrastrukturen. De er derfor sårbare for endringer, både fra oppstrøms utbygging og hindringer nedstrøms, som bygg, veier, fartsdumper og kantstein – elementer som kan påvirke vannets retning, hastighet og skadepotensial (Mignot et al., 2020; Skrede et al., 2020). I dag finnes tekniske verktøy, metoder og kompetanse for å kartlegge hvor de «eksisterende flomveiene» potensielt vil gå (Skrede et al., 2022). Dette reiser spørsmål om hva som skiller en planlagt og etablert flomvei fra de arealene som allerede leder vann (eksisterende flomveier), og understreker behovet for et nettverk og system-perspektiv. En begreps-innsnevring som skiller eksisterende flomveier og den traseen som kommunen ønsker, kan være nyttig.

Selv om begrepet *flomvei* er mye brukt i kommunale planer og tekniske veiledere, finnes fortsatt ingen enhetlig definisjon eller standardisert metode for å implementere eller forvalte flomveier som infrastruktur. Ulike bransjedefinisjoner og retningslinjer i Norge refererer til flomveier med et bredt spekter av begreper som *avrenningslinjer*, *dreneringslinjer*, *flomlinjer*, *flomveier* og *vannveier* – ofte om hverandre. Dette skaper uklarhet om hvilken rolle flomveier faktisk spiller i byens overvannsstrategi, og gir usikkerhet knyttet til ansvarsforhold, fysisk plassering, vedlikehold og eierskap. For å tydeliggjøre konteksten brukes ofte adjektiv som *eksisterende*, *planlagt* eller *naturlig*. Skal planleggingsmyndigheter og overvannsforvaltere kunne bruke 3TS effektivt, må flomveier defineres og skilles fra andre former for urban overvømmelse og overvannstransport.

Vi trenger en klar inndeling mellom flomveier som skal forvaltes som infrastruktur, og naturlige eller utilsiktede traseer der vann renner. Dette er viktig for å rydde opp i terminologien for å identifisere hvilke arealer som krever aktiv forvaltning. En slik avgrensning gjør det mulig å stille andre krav til flomveier enn til tilfeldige arealer der vannet renner i dag.

Det vil synliggjøre behovet for et aktivt valg av hvilke traseer av flomveier som skal lede vann til resipient, og om dette skjer med akseptabel risiko. Dette danner grunnlaget for følgende forskningsspørsmål:

1. Hvordan skille mellom naturlige flomtraseer og flomveier som må forvaltes som infrastruktur?
2. Hvordan kan dette skillet støtte kommunene i å implementere flomveier?

Metode

Studien er gjennomført i tre trinn. Første del bestod av en systematisk litteraturgjennomgang for å kartlegge gjeldende terminologi og ulike typer overflatevannstransportører som opptrer som, eller har funksjonelle likhetstrekk med, flomveier i 3TS. I andre del ble et pålitelighetsbasert konsept introdusert for å differensiere mellom identifiserte begreper og deres funksjonelle egenskaper. Dette brukes til å definere hva som skiller en flomvei fra andre former for overvannstransport i urbane områder. Til slutt ble funnene fra del én og to integrert i et risikostyringsperspektiv (International Organization for Standardization, 2018), som videre ble utviklet til et rammeverk for forvaltning av flomveier.

Terminologi

For å analysere dagens kartleggingspraksis og vurdere potensialet for fremtidig praksis, ble akademisk litteratur, kommunale rapporter, strategier og planer gjennomgått i en litteraturstudie. Denne ble gjennomført som en integrativ litteraturstudie, der både empiriske og teoretiske studier systematisk samles, analyseres og syntetiseres (Snyder, 2019). Begrepet *flomveier* er i hovedsak et norsk faguttrykk, og søkene ble derfor tilpasset for å fange opp både internasjonal og nasjonal litteratur. Det ble utført søk i vitenskapelige databaser som Web of Science, Scopus, samt i Google Scholar. Søkeordene inkluderte kombinasjoner av “*boulevards*”, “*cloudburst streets*”, “*flood path*”, “*flood pathways*”, “*flow paths*”, “*floodways*”, og “*urban flood*”

routes“. I Google Scholar ble det i tillegg benyttet norske søkeord som “avrenningslinjer”, “bortledning av overvann”, “drenslinjer”, “dreneringslinjer”, “flomveier”, “flom traseer”, og “urban flom”. Det ble ikke lagt begrensninger på tidsperiode.

For å supplere den vitenskapelige litteraturen, ble det også søkt etter grå litteratur, det vil si rapporter, retningslinjer og veiledere fra nasjonale myndigheter, forskningsinstitutter og kommunale aktører som beskriver implementering av 3TS. Kilder som ble identifisert gjennom nettsider til relevante institusjoner, ble inkludert dersom de belyste temaet. Studier fra skandinaviske land som ikke var publisert på engelsk, ble ikke inkludert. Rapporter, planer og strategier som ikke var fagfellevurdert, ble vurdert kritisk, men inkludert dersom de representerte relevant grå litteratur. Dette gjelder i hovedsak kommunale overvannsveiledere, temaplaner for overvann og NVEs veiledere. I noen tilfeller krevde forståelsen av kunnskapssystemene og terminologien i disse planene en gjennomgang av støttedokumenter og lovverk. Den fullstendige søkestrategien kan gjøres tilgjengelig ved henvendelse til korresponderende forfatter.

Informasjonen som ble innhentet i litteraturgjennomgangen, ble sammenfattet for å støtte de påfølgende delene av studien. Som en del av dette arbeidet, ble det gjennomført en kartlegging av utfordringer og barrierer. De neste stegende utredet mulige løsninger for barrierene.

Klassifisering basert på pålitelighet

I 3TS betraktes ikke flomveier som «failure» eller svikt i overvannshåndteringen, men som en del av overvannssystemet. Når kapasiteten i de tidligere trinnene og overvannssystemet overskrides, fungerer den urbane overflaten som en transportvei for overvann. *Eksisterende* eller *naturlige* flomveier får da den samme funksjon som planlagte eller etablerte flomveier, og inngår i det primære transportsystemet for overvann i tillegg til de faktiske flomveiene. Denne studien foreslår å bruke «reliabilitet» eller «pålitelighet» som begrep for å definere flomveiens funksjon og skille urbane flomveier fra andre former for oversvømmelse eller

eksisterende flomveier. Pålitelighet beskriver et objekts evne til å utføre en påkrevd funksjon og manglende oppfyllelse av den påkrevde funksjonen kan beskrives ved hjelp av en «failure rate» eller en feilratefunksjon (Billinton & Li, 1994). Begrepet «sikker» kan forstås som synonymt med «pålitelig», der pålitelighet er knyttet til sannsynligheten for at systemet fungerer som det skal (Jung et al., 2014), eller mer presist; sannsynligheten for at systemet ikke er i en sviktilstand (Butler et al., 2014).

I denne studien betraktes svikt som manglende oppfyllelse av et funksjonskrav. Pålitelighetsbegrepet brukes som utgangspunkt for å skille mellom de typene oversvømmelse og flomveier identifisert i første del. Pålitelighet ble anvendt både på komponentnivå (en separat flomvei eller et punkt langs flomveien) og på systemnivå, der flomveinettverket ses i sammenheng med andre overvannstiltak. Konseptet ble videre modifisert på følgende måte:

- (1) hvert begrep som ble identifisert i del 1, ble strukturert i design-, drifts- og styringsperspektiv
- (2) hvert begrep ble sammenlignet med de andre basert på funksjon
- (3) begreper med lik funksjon ble slått sammen
- (4) en definerende egenskap ble identifisert basert på (1)

Utvikling av en metode for kartlegging og implementering av flomveier

Resultatene fra pålitelighetsklassifiseringen av de ulike typene oversvømmelse ble brukt til å utvikle en metode for å kartlegge, identifisere, analysere og forvalte flomveier som infrastruktur. Først ble ønsket output og input for rammerverket definert basert på resultatene fra første del. Utviklingen av metoden ble basert på trinnene i retningslinjene for risikostyring i ISO 31000:2018. Deretter ble metoden utviklet i en iterativ prosess for å oppfylle følgende mål:

- (1) skille mellom kartlegging av overvannsfare, og implementering av flomveier
- (2) være deterministisk og transparent

- (3) kunne tilpasses brukere med ulike beregningsmodenhet og tilgjengelig data
- (4) kunne tilpasses ulike strategiske mål og verdier
- (5) avgjøre om en flomvei er trygg, ved implementering og i løpet av livssyklusen
- (6) hensynta flomveier som et system og komponenter
- (7) kunne brukes til å evaluere endringer i eksisterende flomveier
- (8) fremme kontinuerlig oppdatering og evaluering av flomveinettet
- (9) identifisere hvilke verdier som må forvaltes, og av hvem

Resultater: Begrepsavklaring og klassifisering

Forslag til begrepsavklaring

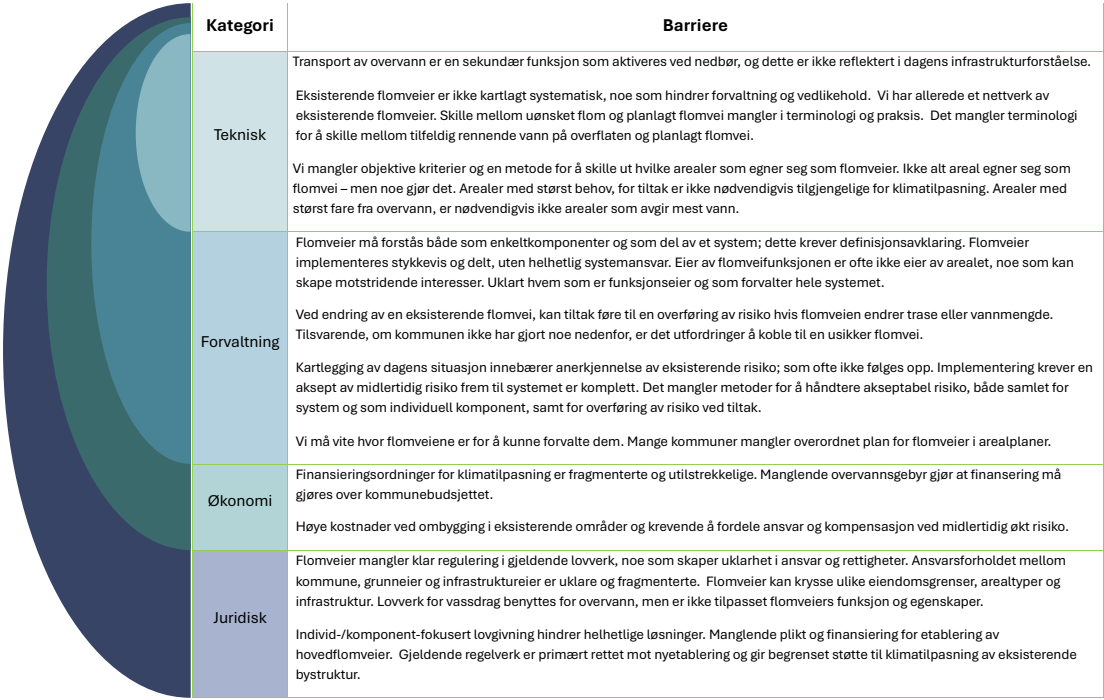
De ulike norske begrepene og de tilsvarende internasjonale begrepene fra kartleggingen, er presentert i Tabell 1. Flere av begrepene mangler entydig definisjon og er kontekstavhengige. Enkelte norske begreper har heller ingen direkte internasjonal oversettelse. Med dagens praksis og begrepsbruk er det utfordrende å skille faktiske flomveier fra eksisterende flomvei, og dermed også tilhørende risiko, ansvar og eier-

skap. Begrepene formidler ikke om de er knyttet til en reell hendelse og vannføring og skaper usikkerhet rundt fysisk plassering og aktive-ringsfrekvens. I tillegg brukes ofte adjektiver som unaturlig / naturlig, uplanlagt / planlagt, ukonstruert / konstruert, uverifisert / verifisert, teoretisk, uetablert / etablert og eksisterende, for å beskrive flomveier. Denne utbredte bruken av adjektiver tyder på at dagens definisjoner og navngivning ikke favner kompleksiteten. Begrepene formidler heller ikke hvilken forvaltnings-kontekst flomveiene inngår i.

Det er også utfordrende å direkte identifisere dreneringslinjer som flomveier med påfølgende vedlikehold og ansvar, på grunn av den store usikkerheten og informasjonsgraden tilknyttet drens-, drenerings- og avrenningslinjer, etter-som de er GIS-avledet. Likevel blir ofte drene-ringslinje brukt til å identifisere flomveier, selv om den fysiske flomveien kan avvike fra den teoretiske dreneringslinjen. Et viktig skille er om begrepet beskriver selve den fysiske overvanns-transportøren, eller den digitale representasjo-nen (GIS eller modell). Begrepene forteller heller ikke om de er dimensjonert som over-vannstransportører eller utilsiktet transporterer vann basert på topografien. Slik terminologien

Tabell 1. Begreper som beskriver overvannstransportører, som er koblet til eller ikke koblet til 3TS

Norsk begrep	English terms	Kommentar
Drenslinje Dreneringslinje Avrenningslinje	Drainage lines Drainage path Flood path	En matematisk utregning av hvor vannet vil renne på overflaten basert på terreng og helning. I NOU 2015: 16 (s. 5) brukes begrepet avrenningslinjer om det samme begrepet.
Flomvei	Flood lines Flood path Flow path	En trasé i terrenget som transporter eller leder overvann.
Flomvei	Floodway	En trasé som er ment å lede overvann til en resipient.
Naturlig flomvei	Natural flood path Natural flood path	Naturlig trasé i terrenget som transporter eller leder overvann til en resipient. Ikke designet eller tilpasset
Uverifisert flomvei	Theoretical floodway Theoretical flood path	En trasé for en gitt hendelse som transporter vann. En teoretisk trasé i terrenget som leder vann.
Sekundær flomvei	Secondary floodway Secondary flood path	Hovedflomveisystem, med primære og sekundære flomveier, inngår i kommunens overordnede overvannssystem.
Hoved flomvei	Primary floodway Primary flood path	



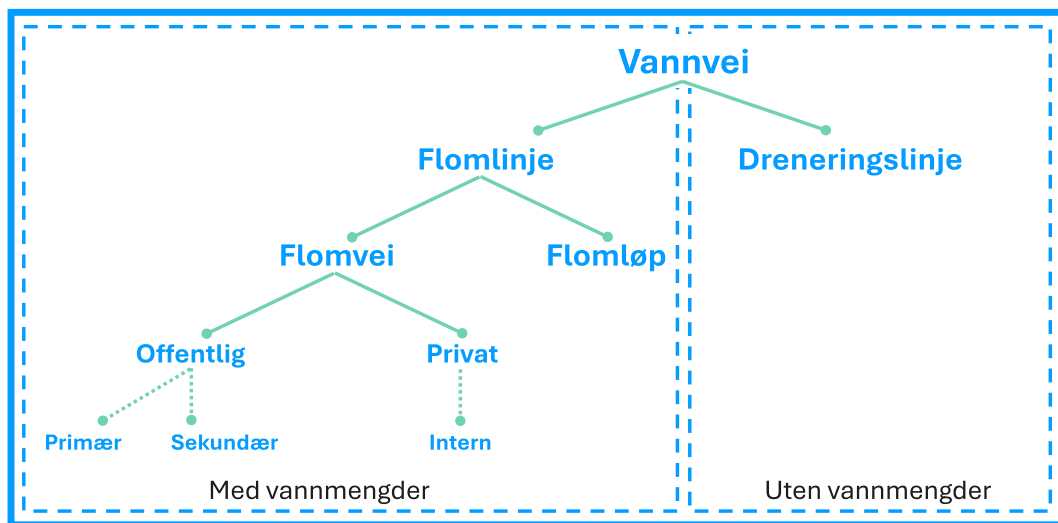
Figur 1. Figuren viser resultater fra en oversiktsgjennomgang av ulike barrierer for implementering av flomveier som infrastruktur i Norge. Barrierene er inndelt etter ulike perspektiver.

brukes av praktikere og beslutningstakere i dag, er det derfor ikke mulig å identifisere om overvannstransportøren eller flomveien er konstruert og underlagt en gjeldende forvaltningsplan, med usikkerhet knyttet til den fysiske plasseringen, aktiveringsfrekvensen og vannmengden. Arbeidet har også resultert i en oversikt over flere barrierer for implementering av flomveier i dag, som er sammenstilt i Figur 1.

Dagens planverktøy gir få eksplisitte hjemler for å regulere og sikre flomveier som teknisk infrastruktur, ettersom de er avhengige av å lede vannet videre. Taubøll et al. (2024) deler flomveier inn i primære, sekundære og interne, avhengig av hvilket lovverk som gjelder. Mens primære og interne flomveier er godt regulert, er de sekundære (bindeleddet mellom interne og primære) ikke hensyntatt i lovverket (Taubøll et al., 2024). Flomveier må likevel ses som et sammenhengende system, der interne leder vann til sekundære. Et fragmentert lovverk og uklare ansvarsforhold gjør det krevende å se og

forvalte helheten. Det er særlig behov for bedre juridisk forankring, sterkere tverrfaglig samarbeid og langsiktig planlegging for å implementere flomveier som del av overvannsinfrastrukturen. Med ulike nivåer og komponenter ulikt forankret i lovverket, mangler det en helhetlig forvaltning av flomveifunksjonen som et flomveinettverk og system.

En løsning på flere barrierer kan være en tydeligere definisjon på hva som er en flomvei, og hva som ikke bør være en flomvei. Mangelen på en enhetlig definisjon og designkriterier for flomveier i dag, kombinert med spørsmålet om juridisk eierskap i tillegg til forvaltnings- og skadeansvar, gjør at det er en betydelig utfordring å enes om en klar definisjon av flomveier og tilhørende egenskaper og eventuelle designkriterier. Vårt forslag til løsning er en funksjonsbasert definisjon for flomveier, som ekskluderer flomveier som ikke er en del av 3TS. Dette forslaget er illustrert i Figur 2, og mer utdypende i Tabell 2.



Figur 2. Foreslått inndeling av begreper som beskriver avledning av overvann. Inndelingen er basert på overvannstransportørens egenskaper og funksjon, ikke på språklige definisjoner.

Etter dette avsnittet betraktes *flomveier* kun som flomveier som er en del av 3TS, mens flomløp brukes om *flomveier* som ikke er det, som illustrert i Figur 2. De kartlagte traseene som ikke er tatt stilling til, betraktes som flomlinjer frem til det er tatt et aktivt valgt om de skal og bør være flomveier eller flomløp. I dagens praksis betyr det at mange kommuner har kommet langt med å kartlegge flomlinjer, men svært få har påbegynt arbeidet med implementering av flomveier. Videre, at det som i dag ofte anses som en *eksisterende* eller *naturlig* flomvei, er en flomlinje.

Et tydelig skille mellom de ulike overvannstransportørene og terminologien som benyttes, vil være en viktig milepæl i implementeringen av flomveier og 3TS. Det gjør det mulig å aktivt skille på hvor vann er tenkt avledet til, og hvor det tilfeldigvis renner i dag. Vi foreslår at skillet baseres på funksjon og definerende egenskaper istedenfor en språklig definisjon. Et slikt skille gir også muligheten til å sette andre krav til flomveier enn til flomlinjer.

Klassifisering basert på pålitelighet

Det er et klart behov for å flytte diskusjonen bort fra én felles definisjon som skal fungere på

alle nivåer – forvaltning, ansvar og teknisk – og heller basere den på funksjon. Resultatene som presenteres i Tabell 2 understreker viktigheten av å være enhetlig i beskrivelsene av dreneringslinjer, flomlinjer, flomløp og flomveier, ettersom de representerer ulike typer assets (verdier) og ulike typer objekter. Dette gjør det mulig å gå fra å kartlegge dagens situasjon til å vurdere hvilke av dagens flomlinjer og arealer som kan eller bør fungere som flomveier, og hvilke som ikke bør det. Deretter kan nødvendige tiltak iverksettes for å implementere arealer som flomveier.

Resultatene fra litteraturgjennomgangen viser at de ulike begrepene har ulik usikkerhet knyttet til fysisk plassering og informasjon om flomforhold og aktiveringsfrekvens. Dette fører til ulike nivåer av kjent risiko (både konsekvens og sannsynlighet). Vi vet ikke hvor ofte en overvannstransportør aktiveres, hvilken trase eller retning de renner, eller hvilken skade de kan føre til.

Flomlinjer og flomløp skilles fra flomveier for å formidle tilknyttet risiko, forvaltning og styring. Traseer med en flomveifunksjon, blir i dette perspektivet nødvendigvis ikke en flomvei før det vurderes både risiko og forvaltning. En flomlinje har en ukjent risiko, og ukjent forvalt-

Tabell 2. Klassifisering basert på funksjonen til ulike typer overvannstransportører (objekter) fra ulike perspektiver

Objekt		Dreneringslinje	Flomlinje	Flomløp	Flomvei	Vassdrag
Definerende egenskaper	Beskrivelse	Gir retning, ingen tilknyttet flomtilstand	Gir retning, og tilhørende flomforhold dvs. dybde og hastighet ved gitt hendelse	Gir retning, og tilhørende flomforhold dvs. dybde og hastighet ved gitt hendelse	Engineered eller planlagte flomforhold dvs. dybde og hastighet ved gitt hendelse	Naturlig system eller konstruert for å oppføre seg som et naturlig system
	Særegenhet	Teoretisk linje hvor vann kan renne	Leder vann ved nedbør	Leder vann ved nedbør og beskytter omgivelsene fra traseen	Leder vann ved nedbør frem til resipient og beskytter omgivelsene fra traseen, Traseen må beskyttes fra omgivelsene	Beskytter omgivelsene fra traseen Traseen må beskyttes fra omgivelsene
	Etablerings status	Kartlagt	Kartlagt og modellert	Kartlagt, modellert og analysert	Kartlagt, modellert analysert, verifisert, designet og tilpasset	Kartlagt, analysert, verifisert, designet og tilpasset
Teknisk og design	Aktivisering	Aktiveres når det regner	Aktiveres når det regner	Aktivert ved en gitt og kjent returperiode og aktiveringsfrekvens	Aktivert ved en gitt og kjent returperiode og aktiveringsfrekvens	Alltid aktivert
	Dataopprikkelse	GIS-avledet	Hydrodynamisk avledet/modellert	Hydrologisk og hydrodynamisk avledet	Hydrologisk og hydrodynamisk avledet	Hydrologisk og hydrodynamisk avledet
	Kapasitet	Ukjent kapasitet - ikke knyttet til vannføring	Ukjent kapasitet	Kjent kapasitet	Designet og gitt kapasitet	Kjent kapasitet
	Flomforhold	Usikker	Usikker	Infrastruktursikker	Infrastruktur sikker Hydrodynamisk sikker	Infrastruktur sikker Hydrodynamisk sikker
Operativt	Funksjon	Ukjent sekundær funksjon	Sekundær funksjon	Sekundær funksjon	Designet sekundær funksjon som vanntransport og del av 3TS	Primærfunksjon som vanntransport, og kan være del av 3TS
	Svikt	Ukjente svikthold	Ukjente svikthold	Kjent terskelverdi for kapasitetssvikt	Kjent terskelverdi for kapasitetssvikt	Kjent terskelverdi for kapasitetssvikt
	Drift	Ingen forvaltning	Reaktiv forvaltning	Reaktiv forvaltning	Proaktiv drift	Proaktiv drift
Forvaltning og styring	Risiko	Ukjent risiko	Kjent risiko	Kjent og akseptert risiko	Kjent, gitt og forvaltet risiko	Kjent og akseptert risiko
	Fysisk plassering	Ulike traseer ved ulike hendelser	Ulike traseer ved ulike hendelser	Ulike traseer ved ulike hendelser	Lik eller kjent trase ved ulike hendelser frem til resipient	Lik trase ved ulike hendelser
	Rettslig status	Ikke regulert areal	Ikke regulert areal	Ikke regulert areal	Regulert areal til funksjon	Regulert areal til funksjon

ning knyttet til eierskap og hvilken rolle flomlinjen har som del av overvannsystemet. Flomlinjer skilles fra dreneringslinjer basert på tilgjengelig informasjon, da dreneringslinjer kun representerer retningen på overvannstransporten basert på topografi, og er basert på oppstrøms areal og ikke vannmengde.

Det er også viktig å kartlegge de eksisterende flomlinjene for å kunne vurdere om de bør forvaltes aktivt som flomveier, med eller uten tilpasning. Etter at en flomlinje er modellert og vurdert, og hvis man ønsker en flomvei-funksjon som del av 3TS, så er den en flomvei. Da er flomveien forbundet med en akseptert risiko, retning og vannmengde ved en gitt returperiode. Flomløp er ikke nødvendigvis koblet til de andre trinnene i 3TS eller leder vann helt frem til en resipient. De eksisterer likevel og aktiveres under regn, og det er derfor viktig å kjenne til plasseringen av dem med tilhørende risiko. Ved å skille funksjonskravene til flomveier fra definisjonen, er det mulig å definere svikt i den gitte funksjonen og vurdere urban oversvømmelse fra et nytt perspektiv. En slik klassifisering gjør det mulig for kommuner å sammenligne ytelsen til to ulike flomveier basert på funksjon, og ikke andre stedlige egenskaper.

I dag er det eneste funksjonskriteriet for en flomvei å «transportere overvann til en resipient på en sikker måte» (Lindholm et al., 2008). Flomveiers definerte egenskap er deres evne til å lede og transportere store mengder overvann i urbane områder til en resipient, og ikke om de er utformet eller definert som flomveier. Basert på dette kan flomveier gis tre primære funksjoner:

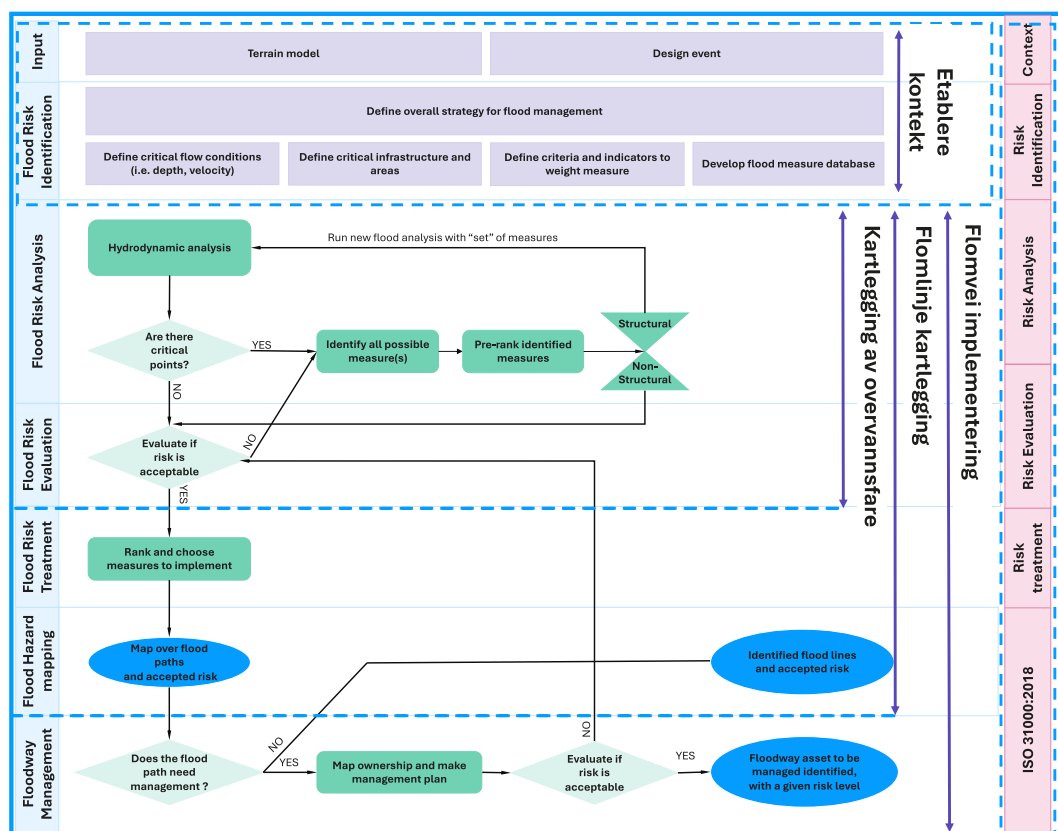
- (1) Transport av overskytende overvann til en resipient
- (2) Under sikre (trygge) forhold
- (3) Som en del av 3TS

En flomvei fungerer fortsatt som en overvannstransportør og transporterer overvann, selv om flomforholdene (hastighet, dybde) overskrider dimensjonerende returperiode, men under utrygge forhold (Skrede et al., 2020). Det er ikke gunstig å definere en flomvei ut fra

en gitt returperiode, men hvorvidt den er dimensjonert for en returperiode eller ikke. Det er derfor behov for å definere en feilbetingelse for «trygg» eller «sikker», ettersom sikre forhold for kryssing av flomveien, interaksjon med flomveien, skader på infrastruktur og miljøet kan variere geografisk. Selv om det er vanskelig å definere hva som er trygt nok (Haghighatafshar et al., 2020) kan det utvikles kvantitative kriterier for tolerabel risiko for flomveier (Skrede et al., 2020). Ved å skille flomveier fra flomløp, vil ikke disse kravene gjelde alle steder det renner vann. Men ved å representere «trygt» med kvantitative kriterier for risiko, kan flomveier ha ulike sikkerhetskriterier på ulike arealformål, steder og i ulike bymiljøer, noe som gjør det mulig å håndtere risiko aktivt. Systemperspektivet er viktig, da noen områder drar nytte av å iverksette et tiltak, mens det samme tiltaket kan forverre risikoen andre steder (Ahmadisharaf et al., 2016).

Mulig metode for kartlegging og implementering av flomveier

Det utarbeidede rammeverket (Figur 3) illustrerer en helhetlig prosess som kombinerer kartlegging og analyse av flomlinjer, med risikoanalyser og implementering av flomveier. Rammeverket markerer et skifte fra dagens fragmenterte «puslespilltilnærming», der flomveier ofte kun vurderes på enkelttomter som frittstående komponenter, til en systemtenkning der flomveier forstås som del av dynamiske nettverk, og som ett system. Det foreslåtte rammeverket definerer terskelen mellom implementering av flomveier og dagens kartlegging av flomlinjer, samtidig som det bygger på prinsippene om systemtenkning, safe-to-fail og flomresiliens. Formålet er å vurdere flomveier som et nettverk, med en samlet risiko. Rammeverket bistår beslutningstakere i å identifisere hvilke typer flomlinjer som bør være flomveier, og hvilke som er eller kan være flomløp. Flomveier er assets som skal forvaltes (til forskjell fra flomløp og flomlinjer). Rammeverket kan brukes på følgende måter: (1) identifisere kritiske punkter der risikoen må reduseres; (2)



Figur 3. Det foreslåtte rammeverket definerer terskelen mellom implementering av flomveier og dagens praksis med kartlegging av flomlinjer, tilpasset fra (Skrede et al., 2021). Rammeverket starter med å etablere konteksten, rektanglene (lys syrin) er input-parametere og vurderinger som må gjennomføres før en analyse. Venstre kolonne viser de ulike stegene i rammeverket (pudderblå), mens høyre kolonne presenterer tilsvarende steg i ISO 31000 Risk Management (rosa). Linjer (lilla) markerer hvilke steg som skiller en kartlegging av fare for overvann og flomlinjekartlegging fra implementering av flomveier. Forskjellen ligger i flomvei-forvaltning (floodway management), der det gjøres et aktivt valg om flomlinjen skal være del av 3TS, med tilhørende plan for forvaltning over hele livsløpet. Ellipsene (blå) representerer output fra rammeverket, mens diamantene (akvamarin) markerer aktive valg. Mørk grønn representerer handlinger.

identifisere hvor tiltak vil ha størst effekt når de gjennomføres; (3) kartlegge flomlinjer og akseptert risiko; (4) identifisere flomlinjer som må tilpasses til flomveier; (5) identifisere flomveier som må forvaltes; og (6) evaluere hvordan eksterne endringer vil påvirke flomrisiko og kritiske punkter.

Diskusjon: Forvaltnings-implikasjoner og risiko

Ved å implementere 3TS introduserer norske kommuner flomveier som en infrastruktur-

ressurs, med behov for forvaltning eller vedlikehold. En flomvei skal ikke bare være trygg på tidspunktet for implementering, men gjennom hele livssyklusen. Derfor er det behov for retningslinjer for forvaltning og drift av flomveier, ikke bare krav til utforming og retningslinjer for implementering. Prinsippet med rammeverket er å synliggjøre risikoen kommunene har akseptert ved å ikke regulere eksisterende flomlinjer som flomveier i 3TS, noe som fører til uønskede, ukontrollerte og i noen tilfeller uventet overflateflom. En flomlinje som

er analysert og vurdert til akseptabel risiko, kan med manglende beskyttelse og oppfølging over tid få uakseptabel risiko. Risikoen vi kan akseptere i implementerte, og dermed forvaltede flomveier, er noe annet enn den risikoen vi kan akseptere i en ukjent flomlinje eller ett kjent flomløp.

Fra et risikoperspektiv handler flomveiforvaltning om å forstå sannsynligheten for og konsekvensen av funksjonssvikt. Dette krever en klar forståelse av funksjonen og svikthorholdene. Områder som er utformet (og eventuelt regulert) for å fungere som flomveier under ekstreme hendelser, krever mer informasjon og en bedre forståelse av risiko. En slik forståelse øker anleggseierens evne til å reagere før en hendelse, sammenlignet med usikkerheten knyttet til en ukjent flomlinje.

Det gjenstår likevel flere barrierer for implementering av flomveier. Videre er det viktig å forske mer på ulike implementeringsstrategier, men vi tror at ved å skille mellom flomveier som en del av 3TS og flomlinjer, blir dette arbeidet lettere. Rammeverket kan brukes til å kartlegge hvor tiltakene vil ha størst effekt, og i hvilken rekkefølge de bør prioriteres, samt til å identifisere hvilken plassering av flomveier i bymiljøet som forårsaker minst økonomisk skade, eller gir lavest risiko under ulike hendelser. Men midlertidig endring av risiko må hensyntas der tiltak som forbedrer den samlede risikoen, kan føre til økt risiko for en enkel tomt eller flomvei.

Oppsummering og konklusjoner

Denne studien viser at en tydelig definisjon av hva som utgjør en flomvei, er viktig for å skille flomveier fra dagens praksis med kartlegging av skadepotensial knyttet til overvann. Flomveier må forstås som aktivt planlagt infrastruktur, med formål å lede vannet dit vi ønsker det skal renne, ikke nødvendigvis der det allerede renner. Like viktig er det å avgrense hva som ikke skal regnes som flomveier, for å kunne stille krav til utforming, drift og beskyttelse av de faktiske flomveiene. I dette perspektivet er det viktig å enes om hva som ikke er flomveier, før vi kan definere hva en flomvei er.

Studien har utviklet en funksjonsbasert klassifisering som skiller mellom naturlige flomlinjer og flomveier som teknisk infrastruktur. Et operativt skille mellom flomlinjer, flomløp og flomveier, åpner for målrettede krav til utforming, drift og eierskap. Flomveier kan ha andre designkrav, vedlikeholdsbehov, ansvarsforhold og behov for beskyttelse enn flomløp. Dette gir et grunnlag for kommuner og planmyndigheter til å ta informerte beslutninger og etablere et helhetlig flomveinettverk, som kan redusere oppgraderingsbehov, beskytte infrastruktur og bidra til klimatilpasning. Samtidig; noen må ta ansvar for å forvalte helheten i systemet. Flomveier er ikke bare et teknisk spørsmål, men også et spørsmål om forvaltning, prioritering og vurdering av akseptabel risiko.

Videre peker studien på behovet for nasjonale retningslinjer som ikke bare omfatter utforming og implementering, men også forvaltning og drift. Derfor foreslår vi et rammeverk for kartlegging, risikovurdering, implementering og forvaltning av flomveier som infrastruktur i tretrinnsstrategien, gjennom livsløpet.

Anerkjennelse av bidragsytere

En stor takk til Kim H. Paus ved NMBU, for gode diskusjoner og verdifulle innspill.

Denne forskningen ble finansiert av Norges forskningsråd, tilskuddsnummer 311207. Forfatterne takker Norges forskningsråd og industripartneren Norconsult for økonomisk støtte.

References

- Ahern, J. (2011). From fail-safe to safe-to-fail: Sustainability and resilience in the new urban world. *Landscape and Urban Planning*, 100(4), 341–343.
<https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.02.021>
- Ahmadisharaf, E., Kalyanapu, A. J., & Chung, E.-S. (2016). Spatial probabilistic multi-criteria decision making for assessment of flood management alternatives. *Journal of Hydrology*, 533, 365–378.
<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.12.031>
- Bertilsson, L., Wiklund, K., De Moura Tebaldi, I., Rezende, O. M., Veról, A. P., & Miguez, M. G. (2019). Urban flood resilience – A multi-criteria index to integrate flood resilience into urban planning. *Journal of Hydrology*, 573, 970–982.

<https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2018.06.052>

Billinton, R., & Li, W. (1994). Basic concepts of power system reliability evaluation. In *Reliability Assessment of Electric Power systems Using Monte Carlo Methods* (pp. 9–31). Springer.

https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1346-3_2

Butler, D., Raziye Farmani, Guangtao Fu, Sarah Ward, Kegong Diao, & Astarae-Imani, M. (2014). A new approach to urban water management: Safe and sure. *Procedia Engineering*, 89, 347–354.

<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.198>

Dawson, D. A., Vercruyse, K., & Wright, N. (2020). A spatial framework to explore needs and opportunities for interoperable urban flood management. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 378(2168), 20190205. <https://doi.org/doi:10.1098/rsta.2019.0205>

Dodman, D., Hayward, B., Pelling, M., Castán Broto, V., Chow, W., Chu, E., Dawson, R., Khirfan, L., McPhearson, T., & Prakash, A. (2023). Cities, settlements and key infrastructure. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegria, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, & V. Möller (Eds.), *Climate Change 2022 – Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 907–1040). Cambridge University Press. <https://doi.org/doi:10.1017/9781009325844.008>.

Haghighatafshar, S., Becker, P., Moddemeyer, S., Persson, A., Sörensen, J., Aspegren, H., & Jönsson, K. (2020). Paradigm shift in engineering of pluvial floods: From historical recurrence intervals to risk-based design for an uncertain future. *Sustainable Cities and Society*, 61, 102317. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102317>

International Organization for Standardization. (2018). Risk management — Guidelines. In *ISO 31000:2018*.

Jung, D., Kang, D., Kim, J. H., & Lansey, K. (2014). Robustness-Based Design of Water Distribution Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 140(11), 04014033. [https://doi.org/doi:10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0000421](https://doi.org/doi:10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0000421)

Kim, Y., Chester, M. V., Eisenberg, D. A., & Redman, C. L. (2019). The Infrastructure Trolley Problem: Positioning Safe-to-fail Infrastructure for Climate Change Adaptation. *Earth's Future*, 7(7), 704–717. <https://doi.org/10.1029/2019EF001208>

Kim, Y., Eisenberg, D. A., Bondank, E. N., Chester, M. V., Mascaro, G., & Underwood, B. S. (2017). Fail-safe and safe-to-fail adaptation: decision-making for urban flooding under climate change. *Climatic Change*, 145(3–4),

397–412. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2090-1>

Kvitsjøen, J. (2022). *Kostnadseffektiv håndtering av overvann og urban flom i en by i vekst og i et klima i endring* [Doctoral thesis, Norwegian University of Life Sciences, Ås]. <https://hdl.handle.net/11250/3034683>

La Loggia, G., Puleo, V., & Freni, G. (2020). Floodability: A New Paradigm for Designing Urban Drainage and Achieving Sustainable Urban Growth. *Water Resources Management*, 34(10), 3411–3424.

<https://doi.org/10.1007/s11269-020-02620-6>

Li, X., Erpicum, S., Mignot, E., Archambeau, P., Piroton, M., & Dewals, B. (2021). Influence of urban forms on long-duration urban flooding: Laboratory experiments and computational analysis. *Journal of Hydrology*, 603, 127034. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.127034>

Lindholm, O., Endresen, S., Thorolfsson, S., Sægrov, S., Jakobsen, G., & Aaby, L. (2008). Veiledning i klimatilpasset overvannshåndtering. *Norsk vann*, 162, 8.

Mignot, E., Camusson, L., & Riviere, N. (2020). Measuring the flow intrusion towards building areas during urban floods: Impact of the obstacles located in the streets and on the facade. *Journal of Hydrology*, 583, 124607. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124607>

Mugume, S. N., & Butler, D. (2016). Evaluation of functional resilience in urban drainage and flood management systems using a global analysis approach. *Urban Water Journal*, 14(7), 727–736.

<https://doi.org/10.1080/1573062X.2016.1253754>

Norges vassdrags- og energidirektorat. (2022). *Rettleiar for handtering av overvann i arealplanar: Korleis ta omsyn til vassmengder?* (NVE Veileder 4/2022). Norges vassdrags- og energidirektorat.

Norges vassdrags- og energidirektorat. (2023). *Kartlegging av fare fra overvann* (NVE Veileder 2/2023). Norges vassdrags- og energidirektorat.

O'Donnell, E., Thorne, C., Ahilan, S., Arthur, S., Birkinshaw, S., Butler, D., Dawson, D., Everett, G., Fenner, R., Glenis, V., Kapetas, L., Kilsby, C., Krivtsov, V., Lamond, J., Maskrey, S., O'Donnell, G., Potter, K., Vercruyse, K., Vilcan, T., & Wright, N. (2019). The blue-green path to urban flood resilience. *Blue-Green Systems*, 2(1), 28–45. <https://doi.org/10.2166/bgs.2019.199>

Palazzo, E. (2019). From water sensitive to floodable: defining adaptive urban design for water resilient cities. *Journal of Urban Design*, 24(1), 137–157. <https://doi.org/10.1080/13574809.2018.1511972>

Plan og bygningsloven. (2024). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling*, (LOV-2008-06-27-71). Lovdata.

<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Pons, V., Muthanna, T. M., Sivertsen, E., & Bertrand-Krajewski, J.-L. (2022). Revising green roof design methods with downscaling model of rainfall time series. *Water Science and Technology*, 85(5), 1363–1371. <https://doi.org/10.2166/wst.2022.023>

Skrede, T., Tørudstad, V., Pons, V., Alfredsen, K., & Muthanna, T. (2023). From flood paths to floodways, an efficient method to map, identify and evaluate suitable floodways: A case study from Trondheim, Norway. *Journal of Environmental Management*, 346, 118672. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118672>

Skrede, T. I., Muthanna, T., & Alfredsen, K. (2021). *Challenges with identification and management of floodways as stormwater infrastructure assets* International Conference on Urban Drainage 2021, Melbourne.

Skrede, T. I., Muthanna, T., & Alfredsen, K. (2022). *Comparison of tools for mapping floodways in urban planning* Urban Drainage Modelling international conference, Costa Mesa.

Skrede, T. I., Muthanna, T. M., & Alfredsen, K. (2020). Applicability of urban streets as temporary open floodways. *Hydrology Research*, 51(4), 621–634.

<https://doi.org/10.2166/nh.2020.067>

Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of business research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>

Sörensen, J., & Mobini, S. (2017). Pluvial, urban flood mechanisms and characteristics – Assessment based on insurance claims. *Journal of Hydrology*, 555, 51–67. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.09.039>

Taubøll, S., Paus, K. A. H., & Hansen, A.-J. (2024). Etablering av trygge flomveier – hvilke regler gjelder? *Flom, skred og juss*, Kap. 1, s. 17–49. <https://doi.org/10.23865/cdf.241.ch1>

Taubøll, S., & Paus, K. H. (2022). Overvann som naturfare – faktagrunnlag og rettslig håndtering. i *Vann, juss og samfunn – rettigheter og regulering i utvikling*, Steinar Taubøll (red.), Cappelen Damm Akademisk.

Vercruyse, K., Dawson, D. A., & Wright, N. (2019). Interoperability: A conceptual framework to bridge the gap between multifunctional and multisystem urban flood management. *Journal of Flood Risk Management*, 12(S2), e12535. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12535>

VANN

COWI har lang erfaring fra prosjekter innen fagområdene vann, avløp og kommunale vegger. Dette omfatter hovedplaner og strategisk rådgiving, vannforsyning, transportsystemer, avløpsbehandling, overvannshåndtering og flomsikring.