Myndigheten för samhällsskydd och beredskap

Vägledning för översvämningskartering av vattendrag

Fakta, inspirerande exempel och tips för en bra beställning

Vägledning för översvämningskartering av vattendrag

Fakta, inspirerande exempel och tips för en bra beställning

Vägledning för översvämningskartering av vattendrag
Fakta, inspirerande exempel och tips för en bra beställning

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Författare: Ola Nordblom och Markus Petzén, DHI
Kontaktperson: Erik Bern, MSB

Omslag: Bakgrundskarta © Lantmäteriet

Layout: Advant Produktionsbyrå
Tryck: DanagårdLiTHO

Publ.nr: MSB631 - augusti 2014
ISBN: 978-91-7383-402-5

Innehållsförteckning

Förord **5**

Översvämningskartering **9**

Underlag för en översvämningskartering 10

Exempel på användningsområden 14

Kartor över översvämningshotade områden *14*

Översvämningskarteringar i ett framtida klimat *15*

Erosionskänsliga områden *15*

Skyddsåtgärder *15*

Styr- och reglerstrategier *15*

Vattenståndsprognoser och prognossystem *16*

Dag- och spillvattennät *16*

Flöden i en kartering 16

Val av flöden *18*

Referenssystem 19

Avgränsning av modellområde 20

Den hydrauliska modellen **23**

Endimensionell hydraulisk modell 23

Tvådimensionell hydraulisk modell 25

GIS-bearbetning av modellresultaten 28

Fakta och underlag till den hydrauliska modellen **31**

Hydrologiskt underlag 31

Flöden för dagens klimat *31*

Flöden för framtida klimat *32*

Randvillkor *32*

Höjdmodell 33

Kartunderlag 34

Bottendata 34

Dämmande strukturer 35

Vattendragets och den översvämmade ytans friktion 35

Kalibreringsdata *36*

Övrig information *38*

Att hantera osäkerheter i underlag och resultat 38

Ordlista 42

Förord

En av förutsättningarna för en god samhällsplanering är information om vilka områden som riskerar att sättas under vatten vid en översvämning. Här spelar översvämningskarteringen en viktig roll eftersom den är ett värdefullt verktyg för att identifiera risker och kartlägga konsekvenser av en översvämning.

Översvämningskarteringen kan användas både vid nyexploatering och som underlag för åtgärder att minska riskerna för och konsekvenserna av översvämningar i befintlig bebyggelse. Det är möjligt att kartera översvämningar både i dagens klimat och för ett framtida förväntat klimat. Vattnets beräknade utbredning går att kombinera med annan information som lokalisering av samhällsviktig verksamhet, viktig infrastruktur eller anläggningar som hanterar miljöfarliga ämnen. En översvämningskartering kan också vara ett underlag för planering av räddningsinsatser i samband med en översvämning.

Denna vägledning vänder sig till dig som vill upphandla eller utföra en översvämningskartering. Avsikten är att på ett pedagogiskt och överskådligt sätt presentera de vanligaste karteringsmetoderna, vilka underlag som är användbara i karteringsarbetet samt ge tips på hur man gör en bra beställning. Vägledningen bjuder också på inspirerande exempel och erfarenheter från karteringar genomförda av Gislaveds kommun och Tidans Vattenförbund.

Det är vår förhoppning att vägledningen ska ge grundläggande kunskaper om översvämningskarteringar samt inspirera till bra beställningar av karteringar och därigenom ge en kvalitetshöjning på beslutsunderlaget för både förebyggande och skadebegränsande åtgärder mot översvämningar.

Karlstad, den 28 augusti 2014

Mette Lindahl Olsson
Enhetschef
Enheten för skydd av samhällsviktig verksamhet

MSB:s översvämningskarteringar

MSB har sedan 1998 karterat ett drygt 70-tal vattendrag och sjöar. Av landets vattendrag har cirka tio procent prioriterats för kartering, vilket motsvarar ungefär 1 000 mil.

Översvämningskarteringarna visar vattnets utbredning för två olika scenarier, dels 100-årsflödet och dels det beräknade högsta flödet.

100-årsflödet är ett flöde som inträffar eller överträffas i genomsnitt en gång på 100 år. Det beräknade högsta flödet motsvarar en situation där alla naturliga faktorer som bidrar till ett högt flöde samverkar vilket motsvarar ett teoretiskt värsta scenario. En grov uppskattning är att det beräknade högsta flödet inträffar i genomsnitt en gång på 10 000 år.

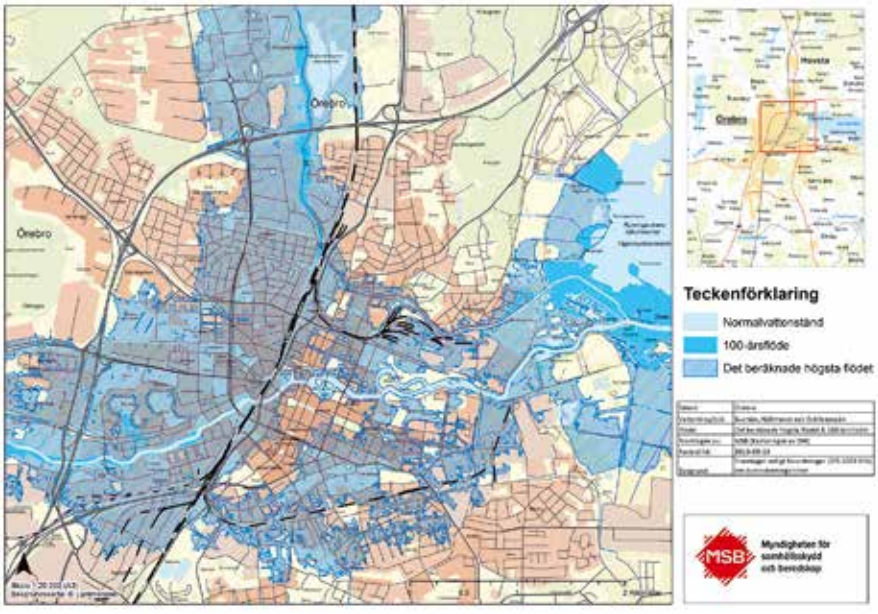
Karteringarna har baserats på Lantmäteriets äldre GSD-höjddatabas över Sverige. Denna höjddatabas är grov och har begränsat karteringarna till att vara ett planeringsunderlag för kommunernas översiktliga fysiska planering och som ett stöd i räddningstjänstens övergripande planering av insatser.

Från och med 2013 uppdaterar MSB kontinuerligt de äldre karteringarna med mer detaljerad höjddata från Lantmäteriet (NH) samtidigt som karteringarna konverteras till de nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000. 100-årsflödet och ett extra scenario för 200-årsflödet anpassas till ett framtida klimat för år 2100 medan det beräknat högsta flödet fortfarande avser dagens klimat. Uppdateringen kommer öka detaljeringsgraden i karteringarna och därmed öka användbarheten i till exempel fysisk planering.

Till karteringen hör en så kallad hydraulisk modell som beräknar vattennivåerna i översvämningskarteringen. Modellen kan användas för att ta fram andra scenarier och tillhandahålls kostnadsfritt av MSB.

Översvämningskartering

En översvämningskartering visar vilka ytor inom det karterade området som översvämmas vid ett givet vattenflöde. I karteringen beräknas vattennivåer längs olika delar av vattendraget som sedan läggs ut på en höjdmodell över området och på så sätt visar det område som översvämmas.



Figur 1. *Del av MSB:s översvämningskartering av Svartån genom Örebro. Bilden visar översvämmade områden vid två scenarier, det så kallade 100-årsflödet och det beräknade högsta flödet.*

Med hjälp av en översvämningskartering kan möjliga konsekvenser vid olika översvämningsscenarier beskrivas och underlaget kan exempelvis användas i en kostnads-/nyttoanalys vid beslut om förebyggande åtgärder. Det underlättar också att ha kartunderlag från en översvämningskartering när man ska kommunicera översvämningsrisker med allmänhet och beslutsfattare.

Stora översvämningar kan orsaka skador för mångmiljonbelopp. Direkta kostnader till följd av skador på byggnader och infrastruktur

är relativt enkla att beräkna medan det är svårare att få ett grepp om de indirekta kostnaderna (exempelvis elbortfall, störningar i funktionen av samhällsviktig verksamhet eller avbrott i transporter).

För befintlig bebyggelse kan konsekvenserna värderas och eventuella förebyggande åtgärder vidtas som till exempel byggande av skyddsvallar eller flytt av samhällviktig verksamhet. Inför nybyggnation kan karteringen peka ut områden som är olämpliga att bebygga ur översvämningssynpunkt eller som kan bebyggas först efter att förebyggande åtgärder vidtagits.

När man står inför ett beslut att genomföra en översvämningskartering bör man väga in hur känsligt vattendraget är för översvämningar, till exempel om det inträffar återkommande översvämningar. Det är också intressant att kartlägga om det finns höga skyddsvärden i närheten av vattendraget eller om dessa områden ska exploateras i framtiden. Jämfört med de kostnader som en översvämning normalt orsakar är en översvämningskartering och följande insatsplanering samt genomförande av skyddsåtgärder normalt sett en god investering.

Underlag för en översvämningskartering

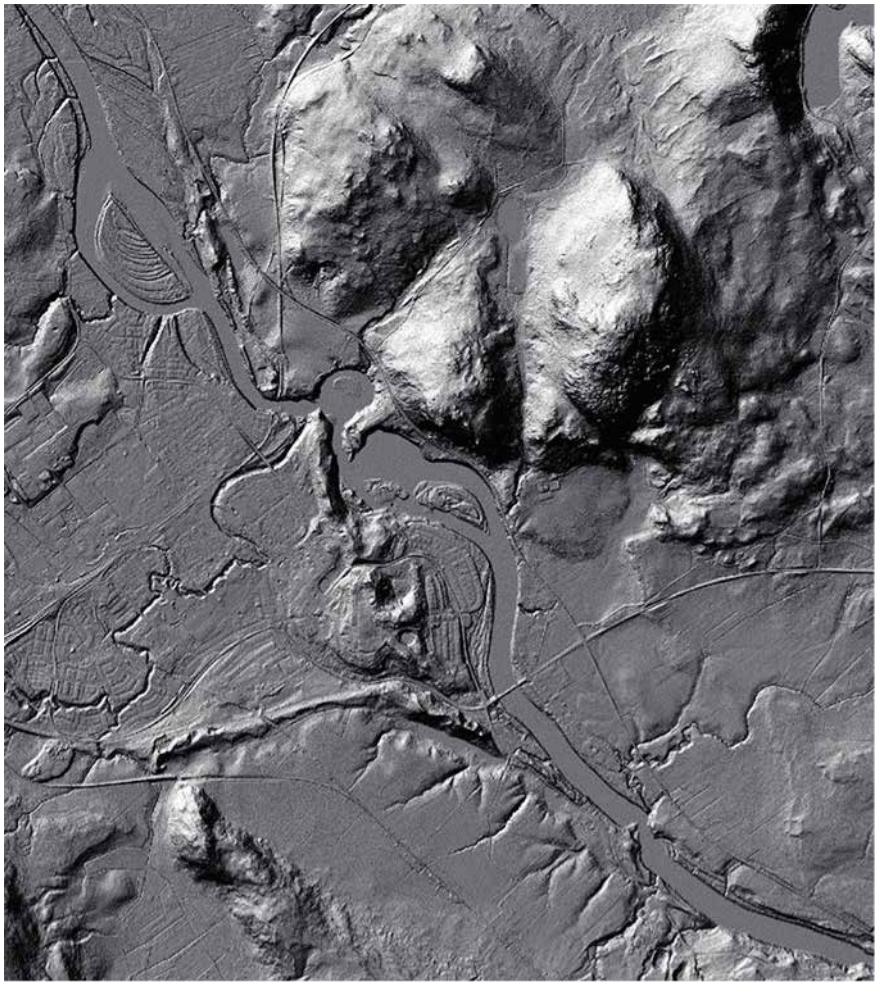
Vattennivåerna för de olika scenarierna beräknas med en så kallad hydraulisk modell som sätts upp för den sträcka av vattendraget man ska kartera. Det är komplicerade beräkningar men det finns flera konsulter i landet som erbjuder tjänster i hydraulisk modellering. För att vattennivåerna ska bli korrekt beräknade behövs en hel del data till modellen. En del av den nödvändiga informationen finns redan på kommunerna.

Flödet beskriver den mängd vatten som passerar en plats i vattendraget per tidsenhet vid ett givet scenario och anges i m^3/s. Flödet uttrycks ofta i kombination med en återkomsttid vilken beskriver den genomsnittliga tiden mellan två flödestoppar av denna storlek eller större, till exempel 100 års återkomsttid (se sida 16).

Flödet är ett avgörande underlag i en översvämningskartering och något förenklat kan man säga att ju större flöde som används i karteringen ju större översvämningsutbredning får man. Det är viktigt att tidigt besluta vilka scenarier som ska ingå i karteringen,

eftersom flöden kan ta tid att få fram. Flödesuppgifter för dagens eller för ett framtida klimat kan till exempel beställas från SMHI.

Ett annat viktigt underlag är höjdmodellen – en verklighetstrogen modell av landskapet. Lantmäteriets produkt Nationell Höjdmodell (NH) håller hög noggrannhet och tillhandahålls via Geodatasamverkan. Flera kommuner har dessutom egna höjdmodeller med motsvarande eller bättre detaljeringsgrad som också kan användas i karteringsarbetet.



Figur 2. *Bild framställd ur höjdmodell (NH) över Älvsbyn vid Piteälven.*

Exempel på underlag i en översvämningskartering

- Den mängd vatten som passerar i vattendraget per tidsenhet för det scenario man vill kartera (flödet).
- Höjdmodell med hög noggrannhet.
- Uppgifter om broar, dammar och andra strukturer som kan dämma vattendraget.
- Bottenförhållanden och trånga passager i vattendraget.
- Uppgifter om historiska flöden och vattennivåer längs vattendraget och vid dess utlopp för att kalibrera den hydrauliska modellen och för att använda som nedströms randvillkor.
- Fotografier över vattendraget och den översvämmade ytan som konsulten kan använda för att uppskatta friktionen (råheten).
- Kartunderlag för redovisning av översvämningsutbredningen.

Erfarenheter från översvämningskartering – Anderstorpsån

Under 2012 karterade Gislaveds kommun en delsträcka av Anderstorpsån. Syftet var att skapa ett underlag till en ny detaljplan för marken kring Anderstorps motorbana, men också att analysera förutsättningar för planering av skyddsåtgärder då området flera gånger drabbats av översvämningar.

Den handläggare på kommunen som från början hade ansvaret för karteringen slutade under planeringsfasen varpå projektet drog ut på tiden men en del av underlaget hade redan samlats in, bland annat brouppgifter med höjdangivelser. Under tiden som projektet stod stilla laserskannade dock Lantmäteriet kommunen så tack vare förseningen kunde Anderstorpsån karteras med ny detaljerad höjddata.

Kommunen ställde en rad krav i upphandlingen som till exempel dokumenterad erfarenhet för projektledare och medarbetare hos konsulten, ekonomisk stabilitet och inte minst att kommunen skulle ha full äganderätt till kartering, hydraulisk modell och allt underlag. Vidare ställdes noggranna krav på projektets genomförande, datum för uppstartsmöte, mötesfrekvens i projektet och ett tydligt leveransdatum kopplat till vite vid en eventuell försening. Allt material som kommunen samlat in fanns tillgängligt vid upphandlingen vilket underlättade för anbudsgivarna vid prissättningen.

Totalt tog karteringen fem månader att genomföra från beställning till leverans inklusive uppehåll för semester.

"Att inkludera insamlat material i anbudsunderlaget visade sig vara en bra idé" säger Johan Rönmark, ansvarig handläggare på Gislaveds kommun. Dels fick anbudsgivarna möjlighet att ge en mer rättvis prissättning och dels sparade kommunen en slant genom att göra en stor del av insamlingsarbetet själva. Kommunen tog också hjälp av en före detta kart- och mätingenjör med kunskap om ortens historiska utveckling och äldre dokumentation som kunde vara intressant för projektet.

"Det är viktigt att det tydligt framgår vilket höjdsystem som allt material är angivet i" fortsätter Johan. När projektet startat visade det sig att det saknades uppgift om höjdsystem för en del av höjdangivelserna i materialet vilket skapade osäkerheter och orsakade onödigt merarbete. Flödesmätningar som kommunen gjort på egen hand måste också relateras till en vattennivå i ett givet höjdsystem eftersom flödesuppgiften har ett begränsat värde om det inte kombineras med vattennivån. Detta är särskilt viktigt när den hydrauliska modellen ska kalibreras.

"De personer som var involverade i karteringsarbetet från kommunens sida saknade tidigare erfarenhet av översvämningskarteringar. Om det finns hydrologisk kompetens i kommunen blir framtagande av kravspecifikation, diskussioner med konsulten och granskning betydligt lättare" avslutar Johan.

Det översvämmade området togs fram för 50-årsflödet och 100-årsflödet och de översvämmade ytorna levererades som GIS-skikt för användning i kommunens GIS-applikation. Tack vare att kommunen har full äganderätt till den hydrauliska modellen kan även flöden med andra återkomsttider beräknas om det blir nödvändigt. En fullständig rapport levererades digitalt som PDF.

Del av Mofors damm i Anderstorpsån.
Foto: Piotr Kozakowski, Ramböll Sverige AB

Tips från Gislaveds kommun

- Kontrollera tidigt med personer på kart- och mätenheten eller motsvarande så att resultatet av karteringen blir kompatibelt med de databaser som det ska läggas in i.
- Gör en grov tidplan och ställ krav på datum för slutleverans kopplat till vite om leveranstiden överskrids. Räkna in marginaler för oförutsedda händelser.

Exempel på användningsområden

En översvämningskartering är ett användbart verktyg som kan användas inom en rad olika områden. Dels kan man använda utbredningsskikten för att göra analyser men det finns också tillämpningar där den hydrauliska modellen används. Tillämpningar som bygger på modellen är mer komplicerade och kräver förutom hydraulisk kompetens även tillgång till programvaran som den hydrauliska modellen är framtagen i. Följande exempel bygger på att en detaljerad höjdmodell har använts i karteringen.

TÄNK PÅ!

En färdig översvämningskartering är ett kraftfullt verktyg för kommunikation av översvämningsrisker. Det är därför en god idé att i förväg tänka igenom hur resultatet av karteringen ska hanteras och presenteras, både internt och externt. En tydlig kommunikationsstrategi och en enkel kommunikationsplan kan vara ett bra stöd. Framför allt mot målgrupper som massmedia och allmänhet är det viktigt att ha en klar strategi för var, när och med vilket budskap resultatet kommuniceras. En väl planerad kommunikation ger stöd för de åtgärder som kan bli nödvändiga för att hantera de risker som översvämningskarteringen visar.

Kartor över översvämningshotade områden

Utbredningsområdena för respektive flöde i översvämningskarteringen visar vilka områden som riskerar att översvämmas vid det aktuella flödet och kan användas både vid förebyggande arbete och under akuta insatser. De kan till exempel användas

för fysisk planering, räddningstjänstens insatsplanering och som underlag för kommunens arbete med översvämningsrisker och i arbetet med risk- och sårbarhetsanalyser.

En risk- och sårbarhetsanalys ger svar på hur stor sannolikheten är för att en specifik händelse ska inträffa och hur stora konsekvenser händelsen kan få. Till exempel är sannolikheten för ett beräknat högsta flöde låg men konsekvenserna av en sådan händelse blir ofta omfattande. Att ett 100-årsflöde inträffar har betydligt högre sannolikhet men kan fortfarande ge allvarliga konsekvenser.

Översvämningskarteringar i ett framtida klimat

Klimatforskningen visar att flödena kommer att förändras i framtiden och genom att klimatanpassa flöden och randvillkor är det möjligt att simulera och utreda konsekvenserna av översvämningar i ett framtida klimat. Resultatet är ett värdefullt beslutsunderlag vid identifiering och beslut om åtgärder som skyddar mot effekterna av ett framtida klimat.

Erosionskänsliga områden

Med den hydrauliska modellen kan även flödeshastigheter beräknas. Flödeshastigheten kan tillsammans med en jordartskarta användas för att ge en indikation om var det finns risk för erosion längs vattendraget.

Skyddsåtgärder

Den hydrauliska modellen kan användas för att identifiera vilka åtgärder som krävs för att skydda ett område mot en översvämning, till exempel dimensionering och bygge av en skyddsvall. Vallen kan läggas in i modellen och det nya utbredningsområdet för samma flöde kan beräknas. På samma sätt är det möjligt att simulera olika alternativ till skyddsåtgärder för att se vilken åtgärd som är mest kostnadseffektiv.

Styr- och reglerstrategier

Om det karterade vattendraget innehåller en damm kan modellen användas för att undersöka olika styr- och reglerstrategier och dess påverkan längs vattendraget.

Vattenståndsprognoser och prognossystem

En hydraulisk modell är tillsammans med flödesprognoser en av byggstenarna i ett prognossystem för vattendraget. Prognossystemet ger prognoser i realtid i form av flöde och vattennivåer längs vattendraget och kan fungera som ett webbaserat system för varning.

Hydrauliska modeller som sätts upp i modelleringsverktyget MIKE 11 (se sida 25) kan överlämnas till MSB för att ta fram detaljerade vattenståndsprognoser vid en situation med höga flöden (vid varning från SMHI i klass 2 eller 3).

Dag- och spillvattennät

En hydraulisk modell över vattendraget kan kopplas till dag- och spillvattenmodeller för att undersöka påverkan och samspel mellan höga nivåer i vattendraget och dag- och spillvattennäten. En tvådimensionell hydraulisk modell (se sida 25) är användbar för att beskriva marköversvämningen vid ett skyfall om dagvattensystemets kapacitet överskrids.

Flöden i en kartering

För att beskriva sannolikheten för att ett visst flöde (och den översvämning detta flöde orsakar) ska inträffa i ett vattendrag används begreppet återkomsttid. Med ett flödes återkomsttid menas att flödet statistiskt sett i genomsnitt inträffar eller överträffas minst en gång under den angivna tiden. För ett flöde med en återkomsttid på 100 år (100-årsflödet) betyder det till exempel att det i genomsnitt går 100 år mellan två flöden av denna storlek eller större.

Sannolikheten för att ett flöde med en viss återkomsttid ska inträffa eller överträffas är densamma för varje år och lika med 1/återkomsttiden. Sannolikheten för att till exempel ett 100-årsflöde ska inträffa eller överträffas är alltså 1 på 100 eller 1 % för varje enskilt år, oberoende av när händelsen inträffade senast. Om man vill veta sannolikheten för att ett flöde med en viss återkomsttid inträffar eller överträffas under en längre period måste man beräkna den ackumulerade sannolikheten. Tabell 1 visar den ackumulerade sannolikheten för de vanligaste återkomsttiderna.

Av tabellen framgår att ett 100-årsflöde med en årlig sannolikhet på 1 % inträffar eller överträffas med 39 % sannolikhet under en 50-årsperiod och med 63 % sannolikhet under en 100-årsperiod. Den ackumulerade sannolikheten för perioden innebär med andra ord en väsentlig ökning av risken för att händelsen ska inträffa vilket är viktigt att ha i åtanke när man gör riskbedömningar för byggnader, vägar och andra konstruktioner som ska stå en längre tid.

På samma sätt visar Tabell 1 att ett 10 000-årsflöde med en årlig sannolikhet på 0,01 % inträffar eller överträffas med 1 % sannolikhet under en 100-årsperiod och med 10 % sannolikhet under en 1 000-årsperiod.

Återkomsttid (år)	PERIOD AV ÅR						
	10	20	50	100	200	500	1 000
10	65	88	99	100	100	100	100
20	40	64	92	99	100	100	100
50	18	33	64	87	98	100	100
100	10	18	39	63	87	99	100
200	5	10	22	39	63	92	99
500	2	4	10	18	33	63	86
1 000	1	2	5	10	18	39	63
10 000				1	2	5	10

Tabell 1. *Sannolikhet uttryckt i procent för att en händelse med en viss återkomsttid ska inträffa eller överträffas minst en gång under en angiven tidsperiod. Procentsatserna i tabellen är avrundade till heltal. Värden under 1 % redovisas inte.*

!

TÄNK PÅ!

Exponering för en händelse med låg årlig sannolikhet under många år ger en hög ackumulerad sannolikhet. Om till exempel en anläggning står i 100 år i ett område som endast är skyddat mot ett 100-årsflöde är sannolikheten att anläggningen översvämmas minst en gång under denna tid hela 63 %.

I skrivande stund saknas nationella riktlinjer som styr lokalisering av bebyggelse, infrastruktur och verksamheter med hänsyn till översvämningsrisken. Däremot finns det flera regionala och lokala initiativ. En publikation som kan ge tips i fysisk planering är *Stigande vatten – en handbok för fysisk planering i översvämningshotade områden*[1], av länsstyrelserna i Värmlands och Västra Götalands län. Här har man föreslagit en kartläggning av risker i fyra översvämningszoner, där gränserna mellan zonerna ges av beräknade vattennivåer för 100-årsflödet, 200-årsflödet och en teoretisk maximal nivå motsvarande det beräknade högsta flödet. En annan användbar publikation är *Klimatanpassning i fysisk planering – Vägledning från länsstyrelserna*[2].

Val av flöden

När en översvämningskartering ska tas fram behöver man ta ställning till vilket eller vilka flöden som ska ingå i karteringen, samt om hänsyn ska tas till klimatförändringens påverkan på flöden och havsnivåer (om vattendraget mynnar i havet). Utgå från karteringens ändamål och välj därefter flöden med lämpliga återkomsttider.

Enligt klimatforskningen kommer flödena i Sverige att förändras i framtiden. I några delar av landet förväntas de öka medan de förväntas minska i andra delar. På några håll kommer flödena först att öka i förhållande till dagens situation och därefter minska fram till år 2100.

Med hjälp av regionala klimatmodeller och med hydrologiska modellberäkningar kan flöden för dagens klimat anpassas så de motsvarar flöden i ett framtida klimat.

Man bör med andra ord vara noga med vilket eller vilka flöden som ska karteras och hur de ska användas. Om karteringen ska användas för planering av räddningsinsatser bör man kartera dagens förhållanden och inte använda sig av framtida flöden. Ska man planera för en längre tidshorisont och om till exempel det framtida 100-årsflödet visar sig vara mindre än 100-årsflödet för dagens klimat bör man använda det högre flödet.

---

1. Publikationsnummer 2011:22 (Värmlands län) och 2011:72 (Västra Götalands län).
2. ISBN: 978-91-86533-61-8

För reglerade vattendrag går det att beställa flödesberäkningar för både reglerade och oreglerade förhållanden. I reglerade vattendrag dämpas normalt flödena när magasinen fylls upp under våren. Om magasinen är fulla kan vattendraget vid ett högt flöde uppträda som oreglerat då vattnet spiller över dammkrönet. Beräkningarna vid en kartering utgår normalt från höga flöden under reglerade förhållanden. Avser karteringen ett reglerat vattendrag så rådgör gärna med både den konsult som utför karteringen och med SMHI före flödesbeställningen.

TÄNK PÅ!

Flöden för dagens klimat och med lägre återkomsttider (< 100 år) kan vara användbara för räddningstjänstens insatsplanering vid akuta översvämningssituationer.

Referenssystem

Det är viktigt att man anger i beställningen vilket koordinat- och höjdsystem som ska användas i karteringen. I de fall kommunen hjälper till med att samla in data är det också viktigt att det tydligt framgår vilket koordinat-/höjdsystem materialet är angivet i.

TÄNK PÅ!

Det finns många lokala höjdsystem i bruk så var noga med att kontrollera höjdangivelserna på nivåuppgifter och gamla ritningar.

Referenssystem

Koordinatsystemet SWEREF 99 utgör tillsammans med höjdsystemet RH 2000 Sveriges officiella referenssystem och ersätter det tidigare använda RT 90 och RH 70. Det nya systemet är globalt anpassat och allt fler kommuner går över till att använda SWEREF 99/RH 2000. Har kommunen ännu inte gått över till de nya referenssystemen går det att få stöd av Lantmäteriets geodesienhet.

Avgränsning av modellområde

Beskriv sträckan som ska karteras i upphandlingsunderlaget så kan den konsult som sedan utför karteringen ge goda råd om modellens slutliga avgränsning. Viktig information till konsulten i upphandlingsskedet är till exempel var det finns översvämningskänsliga områden, bebyggelse eller infrastruktur som riskerar att översvämmas, samt om det finns speciella skyddsobjekt som till exempel vattentäkter eller områden med förorenad mark.

Valet av start- och slutpunkt för den hydrauliska modellen styrs både av intresseområdet för karteringen och av lokala förhållanden och tillgängliga data. Ibland måste modellområdet sträcka sig en bit uppströms eller nedströms det område som ska karteras. En vanlig situation är att modellen börjar i en punkt där man känner antingen flödet eller vattennivån (ett så kallat uppströms randvillkor). På motsvarande sätt låter man ofta modellen sluta i en punkt där vattennivån är känd genom mätningar, eller där det går att göra ett rimligt antagande om vattennivån, till exempel vid en damm, vid utloppet i en sjö eller i havet (nedströms randvillkor).

Att tänka på vid upphandlingen

Var noga med att tydligt ange följande i förfrågningsunderlaget:

- Karteringens användningsområde (se sida 14).
- Vad som ska ingå i slutleveransen, till exempel rapport, kartor, GIS-filer, hydraulisk modell, metadata, underlagsdata etc.
- Karteringens avgränsning (se sida 20).
- De scenarier som ska karteras (se sida 32).
- Val av hydraulisk modell (se sida 23).
- Referenssystem för plan och höjd (se sida 19).
- Format för GIS-filer och bilder.
- Utseende och skala på översvämningskartor.
- Utseende och disposition av rapport.
- Äganderätt till hydraulisk modell och underlagsmaterial, rapport, fotografier, digitalt material med mera.
- Om det finns information som kan återanvändas från tidigare utredningar.

- Bestäm om konsulten eller kommunen ska beställa uppgifter om flöden (se sida 31) och randvillkor (se sida 32). Leveranstiden kan variera beroende på arbetsbelastningen så beställ i så god tid som möjligt.
- Bestäm om konsulten eller kommunen ska beställa höjddata (se sida 33) och kartunderlag (se sida 34) om det inte redan finns på kommunen.
- Begär timkostnad för eventuellt tillkommande arbeten.
- Om en högflödessituation inträffar i vattendraget under karteringens arbete kan det vara bra att låta konsulten göra fältmätningar som sedan kan användas för att kalibrera modellen. Detta är särskilt viktigt i vattendrag där det finns få eller rent av saknas uppgifter om vattennivåer. Fältarbete bör regleras i avtalet och räknas som tillkommande arbete.

Om modeller som uppdateras med nyare och mer detaljerad höjddata överlämnas till MSB kan de inkluderas i den förvaltning som utförs på uppdrag av MSB. Modellen kan då användas för att ta fram vattenståndsprognoser vid hydrologiska varningar i klass 2 och 3 som kostnadsfritt levereras till kommuner och länsstyrelser.

TÄNK PÅ!

Om kommunen ingår i geodatasamverkan så kan kartunderlag och höjddata erhållas utan kostnad.

TÄNK PÅ!

MSB kommer succesivt att uppdatera de översiktliga karteringarna med NH och klimatanpassade flöden för att spegla ett framtida klimat. Om kommunen avser uppdatera ett vattendrag som redan har karterats av MSB bör MSB kontaktas för att undvika eventuellt onödigt dubbelarbete.

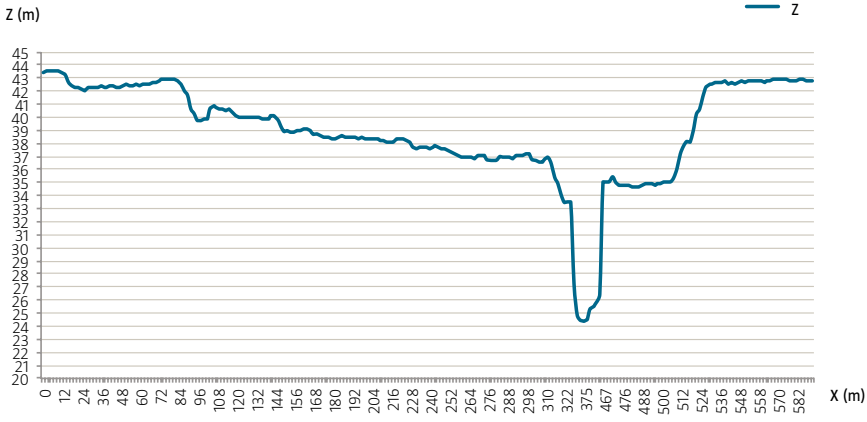
Den hydrauliska modellen

Översvämningskarteringar kan genomföras med två olika typer av hydrauliska modeller; endimensionella eller tvådimensionella. Skillnaden mellan modelltyperna är hur vattendraget och den översvämmade ytan beskrivs i modellen.

Endimensionell hydraulisk modell

I den endimensionella modellen beskrivs vattendraget med hjälp av tvärsektioner som placeras vinkelrätt mot huvudfåran och eventuella förgreningar. Varje tvärsektion representerar en kort delsträcka av vattendraget. Tvärsektionerna måste sträcka sig så pass långt utanför vattendraget så att vattnets utbredning vid översvämningssituationer täcks och med säkerhet kan beräknas. Det är också viktigt att tvärsektionerna beskriver eventuella nya flödesvägar som vattnet kan ta i en översvämningssituation.

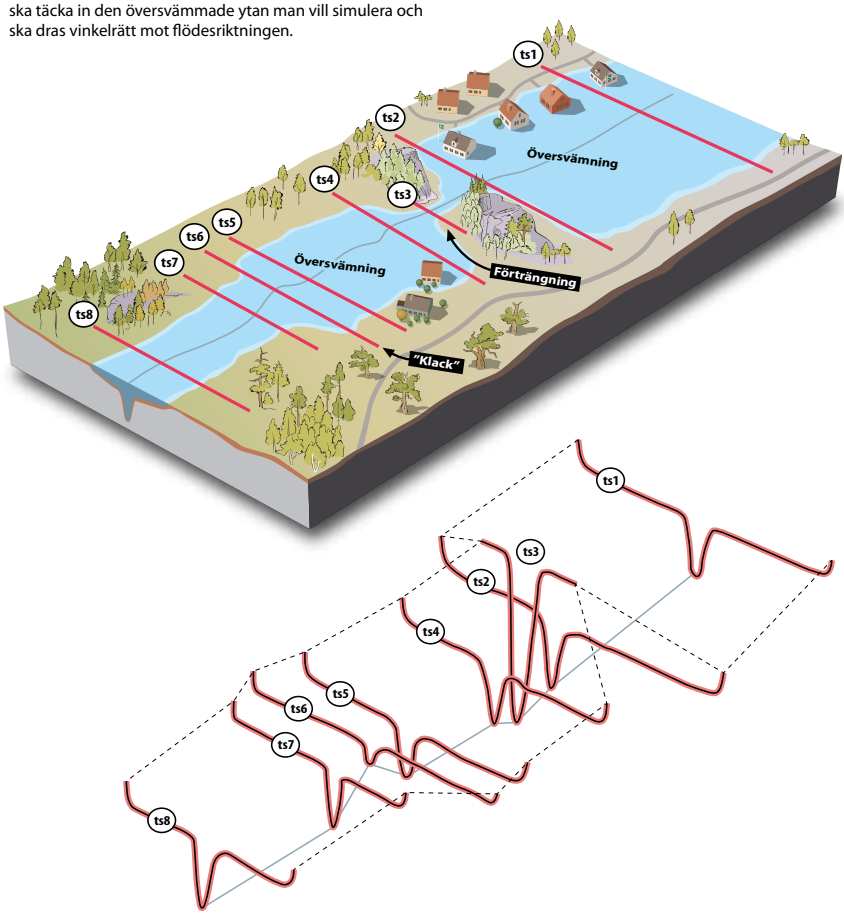
När en endimensionell hydraulisk modell körs beräknas vattennivån och vattnets medelhastighet i varje tvärsektion. De beräknade vattennivåerna längs med vattendraget bildar tillsammans en vattenståndsprofil.



Figur 3. *En tvärsektion i profil från MSB:s kartering av Piteälven. X-axeln visar tvärsektionens horisontella utbredning och Z-axeln visar nivåer i terrängen och i älvfåran i höjdsystemet RH 2000 (observera att skalorna är olika på de båda axlarna).*

Var och hur man drar tvärsektioner

Dra tvärsektionerna där flödesarean förändras. Tvärsektionerna ska täcka in den översvämmade ytan man vill simulera och ska dras vinkelrätt mot flödesriktningen.



ts1 = ts2 – Topografin mellan tvärsektion 1 och 2 är homogen och därför behöver de inte ligga så tätt.

ts3 ≠ ts2 – Tvärsektion 3 beskriver en förträngning som måste tas upp i modellen.

ts4 = ts5 – (se ts1 – ts2)

ts5 ≠ ts6 – Tvärsektion 6 beskriver en förhöjning i terrängen som måste tas upp i modellen.

ts7 = ts8 – (se ts1 – ts2)

Man ser att alla ts är dragna så långt att översvämningen "får plats i tvärsektionerna

Grafik: MARTIN EK

Figur 4. Var och hur man drar tvärsektioner.

De vanligaste endimensionella hydrauliska modellerna som används i Sverige är MIKE 11, som utvecklas av DHI, och HEC RAS, som utvecklats av US Army Corps of Engineers. Modellerna är likvärdiga men skiljer sig åt på några punkter.

HYDRAULISK MODELL: MIKE 11

- MIKE 11 är en kommersiell programvara vilket innebär att verktyget uppdateras och utvecklas kontinuerligt.
- Det går att få support på programvaran.
- MIKE 11-modellen kan kopplas till (integreras med) andra modeller, till exempel för att inkludera en tvådimensionell beskrivning av ett delområde, göra dammbrottsberäkningar, urbana ledningsnätsmodeller eller användas tillsammans med prognossystem.
- Det finns en utbredd erfarenhet av beräkningar med MIKE 11 i Sverige vilket ökar konkurrensen vid upphandling av översvämningskarteringar.

HYDRAULISK MODELL: HEC-RAS

- HEC RAS är en gratis programvara som har utvecklats av US Army Corps of Engineers.
- Verktyget har bra grafik.
- US Army Corps erbjuder ingen support på HEC-RAS för användare utanför organisationen.
- Det finns ingen integrerad tvådimensionell modell, koppling till prognossystem eller koppling till urbana modeller.

Tvådimensionell hydraulisk modell

I en tvådimensionell modell beskrivs istället vattendraget och omgivande terräng i ett rutnät där både terrängens höjd och vattendragets bottennivåer finns beskrivna. Modellen hanterar automatiskt transporten av vatten och kan därmed beskriva var i rutnätet vattnets utbredning ligger vid varje tidpunkt under beräkningen. Resultaten från modellen är vattennivåer, vattendjup och flödeshastighet i samtliga vattenfyllda rutor i nätet.

Fördelen med en tvådimensionell modell framför en endimensionell är framför allt möjligheten att på ett mer korrekt sätt beskriva översvämningsförlopp i flack terräng där det är svårt att förutse vattnets väg, som i till exempel floddeltan eller i kraftigt meandrande vattendrag. Vattnet i den tvådimensionella modellen hittar sin egen väg baserat på topografin medan vattnet i den endimensionella modellen endast kan flöda genom de fördefinierade tvärsektionerna. Beräkningarna i den tvådimensionella modellen är dock betydligt mer tidskrävande eftersom de utförs i samtliga rutor i rutnätet. I praktiken kan man därför behöva använda ett rutnät med lägre upplösning än i den detaljerade höjdmodellen för att minska beräkningstiden.

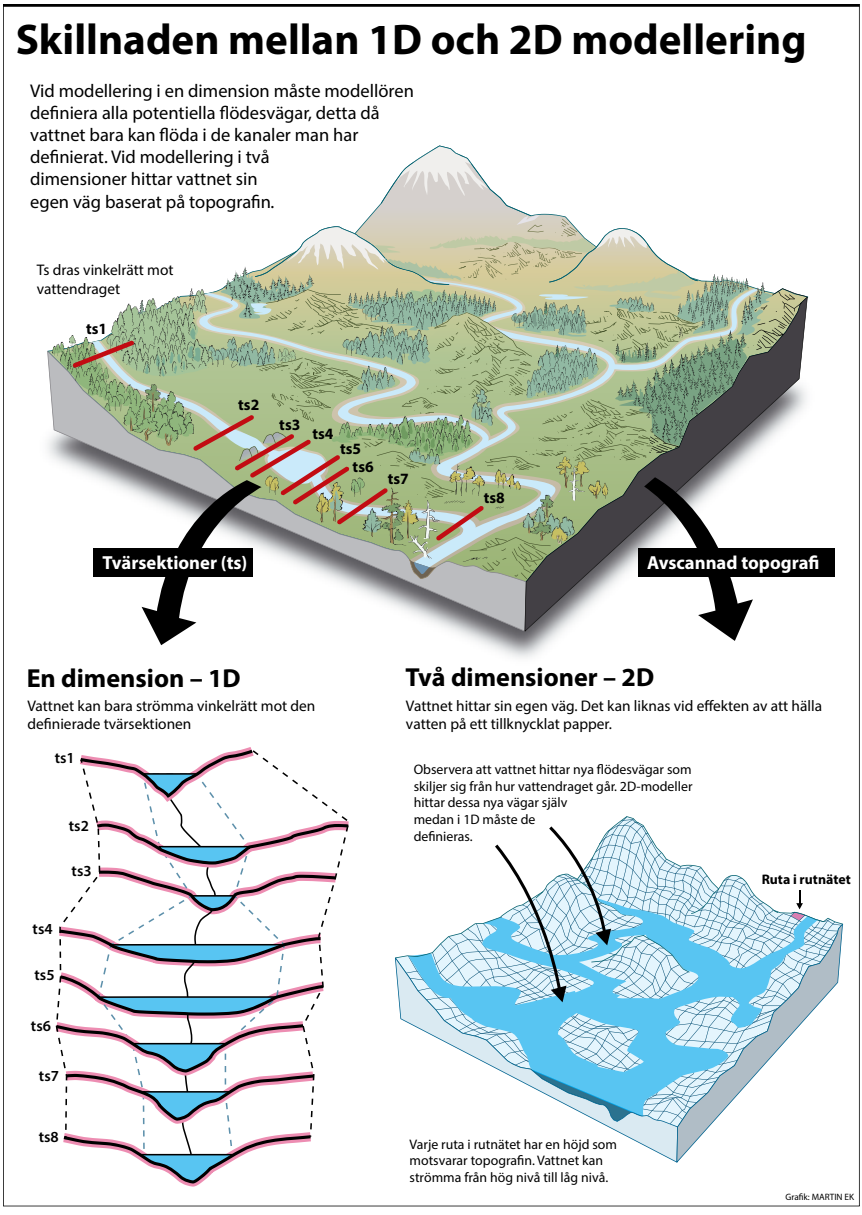
Avgränsningen av det område som ska karteras med en tvådimensionell modell görs i princip utifrån samma kriterier som för en endimensionell modell. Det blir dock ofta en kompromiss mellan områdets storlek och rutornas storlek (rutnätets upplösning).

Avgränsningen av den tvådimensionella modellen kan påverka flödesvägarna på den översvämmade markytan. Lösningen kan vara att flytta avgränsningen så att modellområdet blir större. Rådfråga den konsult som genomför karteringen.

Det finns även modellsystem som utnyttjar fördelarna med båda modelltyperna genom att kombinera en endimensionell modell av vattendraget med en tvådimensionell modell av den omgivande terrängen. Olika modelltekniker (endimensionella, tvådimensionella och kombinerade en- och tvådimensionella) beskrivs bland annat i en rapport från Lantmäteriet (2011)[3].

Vid översvämningskarteringar i Sverige har främst endimensionella modeller använts, bland annat i MSB:s översiktliga karteringar. Användningen av tvådimensionella hydrauliska modeller har dock blivit vanligare på senare år, tack vare bättre tillgång till detaljerade höjdmodeller. Både en- och tvådimensionella modeller har använts i uppdateringen av MSB:s karteringar. En viktig fördel med att använda en endimensionell hydraulisk modell är att beräkningarna går relativt snabbt. Nackdelen är framför allt svårigheter att beskriva översvämning av flacka områden då nya flödesvägar kan uppstå.

3. Lantmäteriet, 2011. Tvådimensionell översvämningsmodellering för nedre delen av Jädraån genom Sandviken med ny nationell höjdmodell, DHI 2011-09-15, uppdragsnr 12801690.



Figur 5. *Skillnaden mellan 1D och 2D modellering.*

Ett typexempel då man kan behöva använda en tvådimensionell modell är översvämningsmodellering i tätbebyggda områden, särskilt i de fall en väsentlig del av vattnet transporteras utanför den normala å- eller älvfåran vid höga flöden. Byggnadernas blockerande effekt och de komplicerade flödesvägar som uppstår gör det svårare att beskriva strömningsmotståndet på ett korrekt sätt med en endimensionell modell.

PROGNOSER OCH VARNINGAR VID HÖGA FLÖDEN

De hydrauliska modeller som satts upp för de vattendrag där MSB utfört översiktliga översvämningskarteringar förvaltas av MSB utsedd förvaltare. Då SMHI utfärdar en klass 2 eller klass 3 varning för höga flöden i något av de karterade vattendragen kan modellen användas för att ta fram detaljerade vattenståndsprognoser efter begäran av kommun eller länsstyrelse.

GIS-bearbetning av modellresultaten

Vid både en- och tvådimensionell översvämningsmodellering behöver modellresultaten efterbearbetas med hjälp av GIS-programvara. Proceduren skiljer sig lite åt beroende på vilken modelltyp som används. Vid endimensionell modellering kombineras beräknad vattennivå i tvärsektionerna med höjdmodellen för att få fram utbredningen i varje tvärsektion. Mellan tvärsektionerna interpoleras nivåerna. Resultatet som fås fram kan tolkas som en tvådimensionell avbildning av beräknade nivåer på höjdmodellen. Både nivåer och djup kan beräknas och redovisas i samma upplösning som höjdmodellen, till exempel 2x2 m.

Vid tvådimensionell modellering beräknas översvämningsutbredningen direkt i modellen med den valda upplösningen i rutnätet. I GIS kan man därefter kombinera översvämningsutbredningen med höjdmodellen varvid vattennivå och vattendjup kan beräknas i varje ruta.

Resultaten kan sparas i så kallade rasterfiler med nivå och djup, samt i shapefiler som visar utbredningsytan (gäller både en- och tvådimensionell modellering). Beräknade hastigheter kan antingen redovisas i rasterfiler efter en liknande procedur som för vattennivån, eller som ett punktlager i en shapefil med koordinater och hastighet för varje ruta i modellen (gäller tvådimensionell modellering).

1.4
9
8
7
6
5
4
3
2
1

Fakta och underlag till den hydrauliska modellen

Hydrologiskt underlag

För att kunna utföra beräkningar med den hydrauliska modellen behövs hydrologiskt underlag i form av flöden i vattendraget för valda återkomsttider. Man kan antingen kartera för dagens klimat eller välja att anpassa flödena till ett framtida klimat och därför beskrivs båda varianterna här.

Flödet för ett visst scenario, till exempel 100-årsflödet, behöver som regel tas fram för mer än en punkt längs den sträcka som ska karteras, bland annat före och efter varje större biflöde.

Flöden för dagens klimat

SMHI förvaltar ett rikstäckande observationsnät med hydrologiska stationer för vilka historiska flödes- och vattennivåserier kan beställas.

Flöden för respektive återkomsttid beräknas med hjälp av flödesdata från en hydrologisk station i det aktuella vattendraget eller i ett annat vattendrag med jämförbara hydrologiska förhållanden, alternativt med data från hydrologiska modellberäkningar. När man bestämt vilka återkomsttider som ska karteras kan motsvarande flöden beställas från till exempel SMHI. Om en annan konsult utför flödesberäkningarna kan SMHI tillhandahålla data från de hydrologiska stationer de förvaltar.

Om det beräknade högsta flödet ska ingå i karteringen krävs modellberäkningar med en hydrologisk modell. Detta görs enligt en fastställd metodik som följer Flödeskommitténs riktlinjer för dammdimensionering av dammar i riskklass 1[4].

!

TÄNK PÅ!

Det beräknade högsta flödet omfattar endast naturliga flöden och inte flöden som exempelvis kan uppstå vid dammbrott.

4. Svensk Energi, Svenska Kraftnät och SweMin. Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – nyutgåva 2007.

Flöden för framtida klimat

På senare år har det blivit vanligare att använda så kallade ”klimatanpassade” flöden. Exempelvis kan ett 100-årsflöde som är beräknat från en historisk mätserie och därmed avser det klimat som då rådde anpassas för att istället beskriva ett 100-årsflöde för en period i framtiden.

På grund av ett förändrat klimat kommer framtidens flöden att förändras beroende på var i landet man bor[5]. För beställning av hydrologisk data och mer information om klimatanpassade flöden hänvisas till SMHI.

Randvillkor

Randvillkoren beskriver förhållandena där den hydrauliska modellen börjar och slutar och kan antingen vara ett givet flöde eller en given vattennivå. Uppströms randvillkor är oftast ett inflöde till modellen och utgör därmed en del av det hydrologiska underlaget. Nedströms randvillkor utgörs oftast av en vattennivå i ett nedströms beläget magasin, i en sjö eller i havet. Flöden som tillkommer vid biflöden till vattendragets huvudfåra utgör också randvillkor till modellen och behöver ingå i det hydrologiska underlaget.

Kombinationen av ett flöde med en viss återkomsttid och en vattennivå som nedströms randvillkor utgör tillsammans ett översvämningsscenario. Vilka flöden och vattennivåer som ska ingå i karteringen och hur dessa ska kombineras behöver beslutas innan underlaget beställs och beror bland annat på syftet med karteringen. Exempel på karakteristiska vattennivåer i sjöar och hav som kan vara relevanta randvillkor är medelhögvattenstånd (MHW[6]) eller högsta högvattenstånd (HHW[7]) för dagens eller ett framtida klimat.

TÄNK PÅ!

En kombination av ett 100-årsflöde i vattendraget och en vattennivå med 100 års återkomsttid i en sjö/havet motsvarar generellt sett ett scenario med betydligt längre återkomsttid än 100 år.

5. Elforsk:s rapport 11:25 ”DAMMSÄKERHET Dimensionerade flöden för dammanläggningar för ett klimat i förändring, metodutveckling och scenarier” (Andréasson m fl 2011).
6. MHW: medelvärdet av varje års högsta vattennivå.
7. HHW: högsta uppmätta vattennivå.

Höjdmodell

Höjdmodellen används både som underlag vid uppbyggnad av den hydrauliska modellen och för att generera utbredningsområden för de vattennivåer som modellen räknat fram. Höjdmodellen utgörs av ett raster, det vill säga ett rutnät med ett höjdvärde för varje ruta. Höjdmodellens upplösning (rutstorlek) kommer att bestämma den högsta möjliga upplösningen i det framtagna utbredningsområdet och därmed styra vad resultatet kan användas till.

Lantmäteriets Nationell höjdmodell (NH) håller hög noggrannhet och rekommenderas därför att användas vid översvämningskarteringar (om det inte finns lokal höjddata att tillgå med ännu bättre noggrannhet). NH har i de flesta terränger och vegetationstyper ett medelfel i höjdled som är bättre än ±0,5 m men över plana hårdgjorda ytor är felet betydligt mindre, ca ±0,05 m[8]. I mer varierad terräng är medelfelet ±0,2–0,3 m. I områden med tät vegetation och stark lutning är osäkerheten större. För mer information om NH hänvisas till Lantmäteriet.

NH levereras i de nationella referenssystemen SWEREF 99 och RH 2000 och kan beställas som ett rutnät med två meters upplösning (GSD-Höjddata, grid 2+) eller som hela det laserskannade punktmolnet (Laserdata).

För de kommuner som gått med i geodatasamverkan är NH kostnadsfritt, annars kan den beställas från Lantmäteriet till en låg kostnad.

I vissa fall kan höjdmodellen, till exempel NH, behöva bearbetas innan karteringen genomförs så att de hinder i terrängen som kan påverka vattnets flödesvägar och utbredning, till exempel vallar och vägbankar, blir korrekt beskrivna i höjdmodellen. Om dessa hinder saknas kan de läggas in manuellt av konsulten. Om man har tillgång till höjddata med högre noggrannhet än NH i en del av området kan de olika höjdmodellerna kombineras till en sammanhängande modell.

8. Rönnberg A. (2011). Höjdmodellens noggrannhet, PM 2011-04-06, Lantmäteriet.

Kartunderlag

Vid uppbyggnad av den hydrauliska modellen behövs bakgrundskartor som visar vattenytor (vattendrag och sjöar), vallar, vägbankar eller liknande hinder i terrängen, korsande vägar, järnvägar med mera. Information om vattenmagasin, lokala förträngningar samt strukturer som broar och dammar kan också lokaliseras utifrån kartan.

TÄNK PÅ!

Områden utanför utbredningsområdet riskerar att översvämmas om vattnet kan rinna genom vattenpassager som inte är beskrivna i höjdmodellen, som till exempel dagvattensystem och genomsläppliga vallar. Här spelar kommunens lokalkännedom en viktig roll.

Bottendata

Information om bottennivåer är generellt sett ett viktigt underlag vid uppbyggnad av hydrauliska modeller. Bottendata kan tas fram genom bottenkarteringar (ekolodningar i vattendraget). Används äldre bottenkarteringar så är det viktigt att säkerställa att de fortfarande är aktuella. Broritningar är också en källa till information om bottennivåer. Vid framställning av höjdmodeller genom laserskanning från luften ges normalt bara information om höjdfördelningen över land. Bottennivåer i sjöar och vattendrag finns därför inte representerade i höjdmodeller som till exempel NH.

Om bottendata saknas helt eller delvis ger detta en extra osäkerhet i resultaten från karteringen. I viss mån kan man kompensera för brister i bottendata vid kalibrering av modellen, förutsatt att det finns tillgång till bra kalibreringsdata. Om även kalibreringsdata saknas bör man överväga att mäta in botten, åtminstone för en del av vattendraget.

Mätinsatsen kan koncentreras till områden där det ställs högre krav på noggrannhet i resultaten. Därutöver kan man behöva mäta in trånga sektioner i vattendraget som kan ha stor påverkan på beräknade vattennivåer vid höga flöden.

Dämmande strukturer

Det är viktigt att identifiera och beskriva geometrin för de strukturer som begränsar flödet och kan orsaka dämning i vattendraget, till exempel broar och dammar.

Det finns möjlighet att ladda ner broritningar från Trafikverkets bro- och tunnelförvaltningssystem (BaTMan) medan information om kommunala broar oftast finns hos kommunen. Trafikverket och kommuner har ibland även information om enskilda broar, i annat fall får dessa uppgifter sökas hos privata förvaltare. Den viktigaste informationen för broar är dimensioner och nivåer för brokulverten, samt vägbanans bredd, under- och överkant.

Dammar har en stor påverkan på flöden och vattennivåer i vattendraget och behöver beskrivas i detalj i den hydrauliska modellen. Information om dammens typ av utskov, utskovens dimensioner och tröskelnivåer, alternativt en fastställd relation mellan nivån i dammen och flödet genom utskoven är viktigt liksom uppgifter om dammkrönets nivå och längd (om dammen överströmmas vid höga flöden), se bild på sida 37. Uppgifter om dammanläggningar går att få från dammägaren.

I en endimensionell hydraulisk modell bör tvärsektionerna placeras precis före och efter en dämmande struktur för att få en korrekt översvämningsbeskrivning.

Vattendragets och den översvämmade ytans friktion

Friktionen mellan vattnet, bottnen och den omgivande marken beskrivs och regleras i den hydrauliska modellen med en särskild råhetsparameter, ett så kallat Manningstal. I en endimensionell modell beskrivs råheten i tvärsektionerna, både på botten och på land. I en tvådimensionell modell anges råheten i samtliga rutor i rutnätet. Råheten delas grovt in utifrån exempelvis en databas med marktäckesinformation där gräs, buskage, skog med mera tilldelas olika råheter enligt till exempel Chow, 2009[9].

!

TÄNK PÅ!

Fotografier kan vara användbara för att uppskatta råheten längs vattendraget (för exempel, se Chow 2009).

9. Chow, V. T. (2009). Open-Channel Hydraulics, Blackburn Press.

Kalibreringsdata

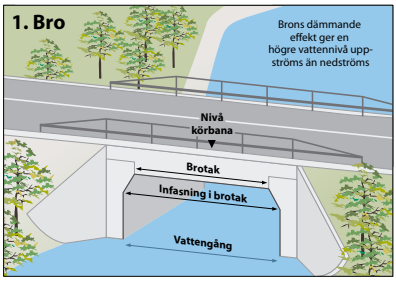
För att de beräkningar som görs med den hydrauliska modellen ska bli så rättvisande som möjligt behöver modellen justeras in (kalibreras) mot uppmätta nivåer i vattendraget vid kända flöden. Kalibreringen går till så att modellen belastas med kända flöden (uppströms randvillkor) och känd vattennivå (nedströms vattennivå), varpå beräknade vattennivåer jämförs med uppmätta vattennivåer. Den parameter som i första hand justeras vid kalibreringen är råheten i vattendraget, men det kan även handla om att justera lokala dämningseffekter i modellen vid broar och dammar. Genom kalibreringen kan man delvis kompensera för förenklingar i modellbeskrivningen och brister i underlaget. Generellt kan sägas att ju större bristerna är i beskrivningen av vattendragets geometri och råhet, desto viktigare är det med tillgång till bra data att kalibrera modellen mot.

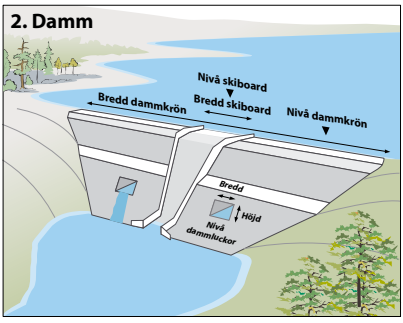
Eftersom modellen ska användas till beräkningar av översvämningsscenarier bör kalibreringsdata hämtas från ett tidigare tillfälle med höga flöden och vattennivåer. Det är en fördel om det finns uppgifter om vattennivåer i flera punkter längs den karterade sträckan och om det finns data från mer än ett tillfälle. Uppgifter om flödenas återkomsttid vid den aktuella tidpunkten kan till exempel erhållas från dammägare eller från SMHI. Platser där nivåobservationer kan finnas är bland annat vid dammar, broar och andra kritiska anläggningar. Fotografier från tidigare översvämningar kan ibland användas för att uppskatta hur högt vattnet stod. Dammprotokoll kan innehålla uppgifter om avbördningskapaciteten för olika utskovsdelar i dammanläggningar vid till exempel dämningsgränsen, vilket är användbart för kalibrering och kontroll av modellen.

Det är viktigt att det finns en dokumentation till kalibreringsunderlaget där det framgår när och var observationerna gjordes, och om uppgifterna är baserade på mätningar eller mer osäkra uppskattningar. Dokumentationen bör även beskriva vilka förhållanden som rådde under händelsen, till exempel vilka utskov som var öppna vid dammar, eller om vissa vägtrummor blev igensatta så att dämningseffekten var större än normalt. Denna information behövs för att kunna värdera osäkerheter i kalibreringsunderlaget och genomföra kalibreringen med rätt förutsättningar i modellen.

Dämmande strukturer och vegetation

Vid hydraulisk modellering är det viktigt att beskriva de strukturer och den vegetation som kan tänkas påverka vattendragets kapacitet och därvid ha en dämmande effekt. Att tillhandahålla korrekta nivåer och dimensioner för respektive struktur är således av största vikt.



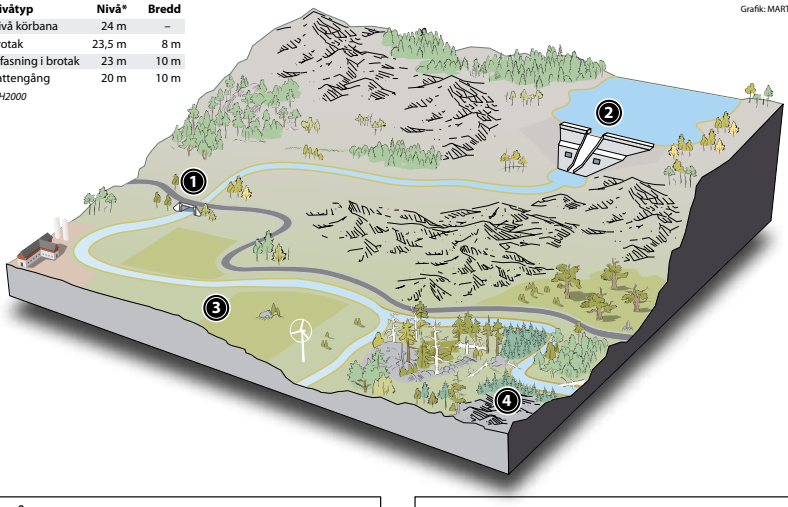


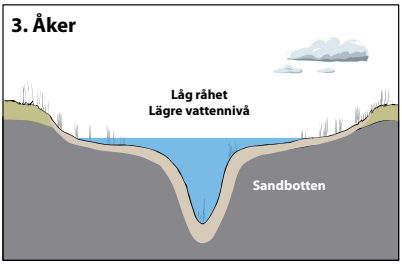
Grafik: MARTIN EK

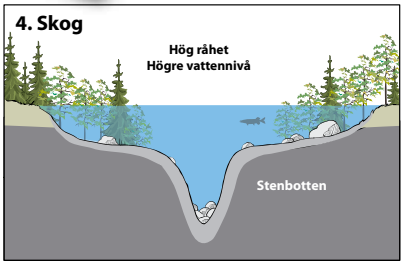
Exempel på nödvändiga nivåer vid inmätning av bro

Nivåtyp	Nivå*	Bredd
Nivå körbana	24 m	–
Brotak	23,5 m	8 m
Infasning i brotak	23 m	10 m
Vattengång	20 m	10 m

**RH2000*







Figur 6. Dämmande strukturer och vegetation.

Övrig information

Fältbesök
Ett fältbesök kan ge värdefull information om hur vattendraget kan bete sig i en översvämningssituation. Det är också ett bra tillfälle att uppskatta vattendragets råheter eller att göra kompletterande inmätningar av dämmande strukturer.

Anekdotisk information
Ibland finns det markeringar på till exempel husgrunder, murar, brofundament och stolpar som visar hur högt vattnet nådde vid en viss översvämningshändelse. Det kan också finnas information från kommunala peglar och uppgifter vid vattenkraftanläggningar. Denna information kan vara användbar vid kalibrering och kontroll av modellen.

Befintliga modeller
MSB har genomfört ett stort antal översiktliga översvämningskarteringar (se sida 7). Modellerna till karteringarna är uppsatta i MIKE 11 och kan lånas kostnadsfritt av MSB. De innehåller information om bottensektioner, dämmande strukturer, hydrologiskt underlag med mera som kan användas i arbetet. Informationen bör kontrolleras så att den fortfarande är aktuell.

Att hantera osäkerheter i underlag och resultat

Det finns flera källor till osäkerheter i resultaten från översvämningskarteringar. Rådgör därför alltid med konsulten i vilket skalområde karteringen bör användas i. En del av osäkerheten kan kopplas till det hydrologiska underlaget, det vill säga till beräknade flöden för valda återkomsttider, och en del till de data och parametrar som definierar vattendragets kapacitet. Ytterligare en del av osäkerheten kan kopplas till den hydrauliska modellen som till exempel beräkningsmetoden och den geometriska upplösningen, det vill säga avståndet mellan tvärsektionerna vid endimensionell modellering respektive rutornas storlek vid tvådimensionell modellering.

Osäkerheten i flödesberäkningar baserade på statistisk analys av observerad vattenföring beror av tillgången till representativa data, samt mätperiodens längd i förhållande till vald återkomsttid. Om hänsyn ska tas till klimatförändringar tillförs ytterligare osäkerheter vid framtagning av så kallade klimatanpassade flöden. Osäkerheten i vattennivåer beräknade med den hydrauliska modellen

beror på hur detaljerad information som finns om vattendragets lutning, tvärsektioner och råhet, interpoleringen mellan tvärsektionerna samt tillgången till data för kalibrering.

När beräknade vattennivåer överförs till motsvarande översvämningsutbredning tillkommer osäkerheter på grund av felen i höjdmodellen. I tidigare översvämningskarteringar som baserades på Lantmäteriets gamla nationella höjdmodell (GSD-Höjddata, grid 50+) berodde en betydande del av osäkerheten på den låga upplösningen och den förhållandevis stora osäkerheten i höjdvärdena. Genom tillgången till höjddata med högre upplösning och bättre noggrannhet under senare år, till exempel Lantmäteriets nya nationella höjdmodell (GSD-Höjddata, grid 2+), har denna källa till osäkerhet i utbredningen minskat i betydelse. Även med dagens detaljerade höjdmodeller kan dock lokala höjdfel vid vallar och andra barriärer i terrängen få stor inverkan på den beräknade utbredningen.

Det är ofta svårt att uppskatta den sammanlagda effekten av alla osäkerheter i underlaget. I samband med kalibreringen kan den som utför beräkningarna få en viss uppfattning om osäkerheten i resultaten från den hydrauliska modellen baserat på avvikelsen mot observationerna. Detta kan uttryckas med ett felintervall i beräknade vattennivåer. Felintervallet varierar vanligen från någon decimeter i bästa fall, upp till några decimeter efter kalibrering. Denna typ av feluppskattning är dock begränsad till de punkter där modellen har kalibrerats, samt till flöden av samma storleksordning som kalibreringsflödet. Mellan kalibreringspunkterna och vid högre eller lägre flöden kan felintervallet vara större. Speciellt är osäkerheten i resultaten vid det beräknade högsta flödet (BHF) svårt att uppskatta eftersom BHF-flödet kan vara flera gånger större än det flöde som används för att kalibrera modellen. Vid så stora flöden som BHF sker en betydande del av flödestransporten utanför den normala vattendragsfåran, vilket ger extra osäkerheter i beskrivningen av de komplexa flödesvägar och dämningseffekter som då kan uppstå.

En mer generell metod för att uppskatta osäkerheter i modellberäkningar är att göra känslighetsanalyser. Då testar man modellens känslighet för respektive parameter, till exempel flöde eller råhet, inom uppskattade intervall kring det antagna parametervärdet. Känslighetsanalysen kan visa vilka parametrar som har störst inverkan på resultaten, samt även ge en uppfattning om hur mycket resultaten kan variera.

Vid sammanställning av underlaget till översvämningskarteringar bör man kritiskt granska kvaliteten i underlaget och försöka identifiera de områden där osäkerheter kan bli kritiska för resultaten. Därefter får man ta ställning till om det finns behov av kompletteringar. Det kan handla om att göra kompletterande inmätningar av botten, inmätningar av vattennivåer och flöden som underlag till kalibrering om de inträffar under arbetets gång, inmätningar av broar och dammar samt inmätningar av barriärer i terrängen som styr vattnets utbredning vid en översvämning. Kraven på noggrannhet i underlag och resultat bör anpassas till användningsområdet för karteringen samt till det skalområde kartorna är avsedda att visas i. Det rekommenderas att dessa frågor tas upp och diskuteras med konsulten i ett tidigt skede av karteringen.

Översvämningskartering i Tidan, Mariestads kommun

Den 9 juli 2007 drabbades den nedre delen av Tidandalen av ett häftigt regn som resulterade i höga flöden i vattendraget Tidan. Detta gav stora översvämningar i området mellan samhällena Tidavad och Ullervad i Mariestads kommun eftersom marken där är särskilt flack. Man fick bland annat problem med skador på åkermark, avstängda vägar och överfyllda avloppsledningar.

Räddningsverkets översvämningskartering från 2006 gjordes med den grövre GSD-höjddatabasen. En jämförelse med karteringen visade att utbredningen från 2007 års översvämning var betydligt större än vad modellen förutsett, trots att flödena från 2007 var lägre. Skillnaden berodde på att den äldre karteringen inte haft tillräckligt detaljerad höjddata vilket fick stor betydelse i det flacka landskapet.

Behovet av en översvämningskartering baserad på detaljerad höjddata var stort och Tidans Vattenförbund beslöt därför att göra en ny översvämningskartering. Planerna låg bra i tiden eftersom Lantmäteriet nyligen hade fått i uppdrag att ta fram NH.

Man sökte medel från Vattenmyndigheten Västerhavet, Länsstyrelsens Landsbygdsenhet (EU-medel) samt från Mariestad och Skövde kommuner. Ansökan gick även till Länsförsäkringar och Sparbanken Alfa. Vattenmyndigheten, Länsstyrelsen och kommunerna bidrog med totalt 500 000 kronor.

Uppdraget gick ut på att ta fram en kartering för delsträckan Tidavad till Ullervad, en sträcka på ca 12 km. Karteringen skulle:

- Kartlägga översvämningsutbredningen vid ett 100-årsflöde och ett beräknat högsta flöde.
- Identifiera trånga passager i vattendraget.

- Simulera effekter på vattenföringen vid olika typer av åtgärder, till exempel beskriva vad som händer om de trånga passagerna tas bort.

Fyra leverantörer kom in med anbud. Upphandlingen slutfördes under hösten 2010 och uppdraget gick slutligen till Sweco Infrastructure AB.

Arbetet inleddes 2011 med en genomgång av befintliga data från Räddningsverkets kartering. Ytterligare material hämtades från flera olika håll. Ritningar över kraftverken i Tidavad och Ullervad hämtades från Fortum, broritningar från Vägverket och uppgifter om markavvattningsföretag lämnades av Jordbruksverket. Sweco hade en del material från ett tidigare projekt kring sjön Östen strax uppströms Tidavad som också kunde användas. Även fotografier och fältobservationer från 2007 års översvämning fanns tillgängliga. Klimatanpassade flöden användes i karteringen. Koordinatsystemet bestämdes till SWEREF 99 1330 och höjdsystemet RH 2000.

Befintlig data kompletterades med ekolodning av vattendraget för att kartlägga djup och bottenförhållanden.

Den hydrauliska modellen kalibrerades mot foton från 2007 samt mot genomförda vattennivåmätningar. Projektet avslutades sommaren 2013.

Trånga passager identifierades vid Ullervad samhälle och modellen användes för att simulera översvämningens utbredning när dessa togs bort. Modellen kan användas för att köra scenarion med andra flöden och ingångsdata och det är också möjligt för andra parter att använda den. Man har övervägt att utöka modellen till att omfatta fler delar av Tidan, då i första hand sträckan mellan Ullervad och mynningen i Vänern.

Tips från Tidans vattenförbund

- Upphandlingsförfarandet är komplicerat och det var mycket detaljer att tänka på. Det underlättar därför att ta hjälp av någon med kunskap inom området.
- Finansiering från flera externa parter och framför allt EU-medel innebär att mycket tid och kraft måste läggas på redovisningar.
- Ha utrymme för eventuella förseningar i projektet, ofta är det faktorer som man som beställare inte kan påverka. Till exempel gjorde förseningar i framtagningen av NH att arbetet med karteringen försenades.
- Använd andra kommuners förfrågningsunderlag som stöd. Ställ krav på leverantörens kompetens, tidigare uppdrag och erfarenhet. Ställ även krav på uppstartsmöten och löpande kontakter med leverantören, kommunen ska bestämma plats för mötena och hur många de ska vara (redan i förfrågningsunderlaget).
- Inventera och ta fram uppgifter om broritningar, vägsektioner, dammar, trummor med mera i ett tidigt skede och inkludera dem som bilagor i förfrågningsunderlaget. Priset för karteringen blir då både lägre och mer rättvist.

Ordlista

100-årsflöde	Ett flöde med en statistisk återkomsttid på 100 år (tiden mellan två flöden av minst denna storlek är i genomsnitt 100 år).
BHF	Beräknat högsta flöde, i det närmaste ett teoretiskt flöde som uppkommer när alla naturliga faktorer som bidrar till ett högt flöde samverkar, till exempel snösmältning, nederbörd, vattenmättad mark etc. (grovt uppskattat ett 10 000-årsflöde).
Dämmande strukturer	Strukturer som begränsar flödet och kan orsaka dämningar i vattendraget, till exempel dammar och broar.
Endimensionell hydraulisk modell (1D-modell)	Utgår från en endimensionell beskrivning av vattendraget, används för att beräkna vattennivåer i modellens tvärsektioner (flödet har endast en riktning i beräkningspunkterna, vinkelrätt mot tvärsektionen).
HEC-RAS	Endimensionell hydraulisk modell utvecklat av US Army Corps of Engineers.
Hydraulisk modell	Används för att beräkna vattennivåer och strömhastigheter i en eller två dimensioner.
Hydrauliskt prognossystem	Ett system som ger översvämningsprognoser i realtid.
Hydrologisk modell	Används för att beräkna flöden i ett avrinningsområde.
Höga flöden	Uppstår när det rinner mer vatten i vattendraget än vid ett normalläge, ger ofta problem med översvämningar.
Höjdmodell	En modell som beskriver markytans topografi.
Höjdsystem	Används för att ge en höjdreferens, flera olika system finns i bruk som till exempel RH 00, RH 70, RH 2000 och lokala system.
Kalibrering	Justering av en modell så att den överensstämmer med verkligheten, i detta fall med uppmätta vattennivåer vid kända översvämningssituationer.

Manningstal	Parameter som beskriver vattendragets och den omgivande markytans råhet i hydrauliska modeller (se nedan).
MIKE 11	Endimensionell hydraulisk modell utvecklad av DHI.
NH	Nationell höjdmodell från Lantmäteriet.
Randvillkor	Är vanligtvis ett inflöde till modellen (uppströms randvillkor) och en vattennivå vid karteringens slutpunkt, till exempel en nivå i havet eller i en sjö (nedströms randvillkor).
Referenssystem	Används för att ge en rumslig referens i plan och höjd, till exempel RT 90, SWEREF 99, RH 2000 och lokala system.
Råhet	Anger det hydrauliska motståndet (friktionen) i vattendraget, anges vanligen med Manningstal (ju större motståndet är, desto mer bromsas vattnet upp och vattennivån stiger).
Simulering	Modellering eller beräkning med en modell.
Skiboard	Konstruktion för kontrollerad överströmning av en damm.
Tvådimensionell hydraulisk modell (2D-modell)	Utgår från ett rutnät med en tvådimensionell beskrivning av området, används för att beräkna vattennivå, flöde och hastighet i två dimensioner.
Tvärsektion	Beskriver flödesvägens geometri vid endimensionell hydraulisk modellering.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)
651 81 Karlstad Tel 0771-240 240 www.msb.se
Publ.nr MSB631 - augusti 2014 ISBN 978-91-7383-402-5