



Myndigheten för  
samhällsskydd  
och beredskap

# Översvämningar och riskhantering

En forskningsöversikt

# **Översvämningar och riskhantering**

## **- en forskningsöversikt**

December 2008

*Lars Nyberg (Doc.)  
Centrum för klimat och säkerhet  
Karlstads universitet*

## ***Innehållsförteckning***

Bakgrund .....	3
Metodbeskrivning .....	6
Översvämningar som fenomen .....	7
Riskhantering för översvämningar .....	12
Viktiga komponenter och begrepp inom översvänningsriskhantering.....	15
<i>Riskanalys</i> .....	15
<i>Riskvärdering</i> .....	20
<i>Riskreducerande åtgärder</i> .....	21
Diskussion om kunskapsbehov .....	25
Referenser.....	26

## **Förord**

Denna forskningsöversikt är utförd av Lars Nyberg, Centrum för klimat och säkerhet (CCS) vid Karlstads universitet, inom ramen för ett uppdrag som Räddningsverket gav till CCS under 2008. Översikten är en av flera som tagits fram genom Räddningsverkets försorg inom området Naturolyckor, och det samlade materialet skall bland annat ligga till grund för fortsatta forskningssatsningar inom den nya Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB). Ett annat syfte med översikten är att göra kunskaper från den internationella forskningen mer spridda i Sverige.

## **Bakgrund**

Översvämningar har en potential att skörda människoliv och förstöra samhällen och ekosystem. Ett växande antal översvämningar, sett i ett globalt perspektiv, gör att frågan måste hanteras på nya sätt på alla nivåer, från global till lokal nivå och till den enskilde individen. Statistik från den globala databasen EM-DAT (CRED, 2007) visar att översvämningar utgör ungefär hälften av antalet större naturkatastrofer vilket påverkar ett stort antal människor (Fig. 1 a och 1b). Det finns en tyngdpunkt för dessa problem i Asien, men det sker även allvarliga översvämningar i Europa. Under det senaste decenniet har flera större översvämningar inträffat i bland annat Polen, Ungern, Tjeckien och Tyskland. England hade under 2007 de regnräkaste sommarmånaderna på 250 år, vilket ledde till mycket omfattande översvämningar (Balmforth, 2008). I Medelhavsområdet och i Alperna förekommer årligen störtfloder till följd av intensiv nederbörd (t ex Badoux m fl, 2008). Barredo (2007) sammanställde de svåraste översvämningkatastroferna i Europa under perioden 1950-2005. 47 händelser beskrevs och de länder som hade störst antal var Italien och Spanien, följda av Frankrike och Tyskland. I Italien var samtliga tolv händelser störtfloder.

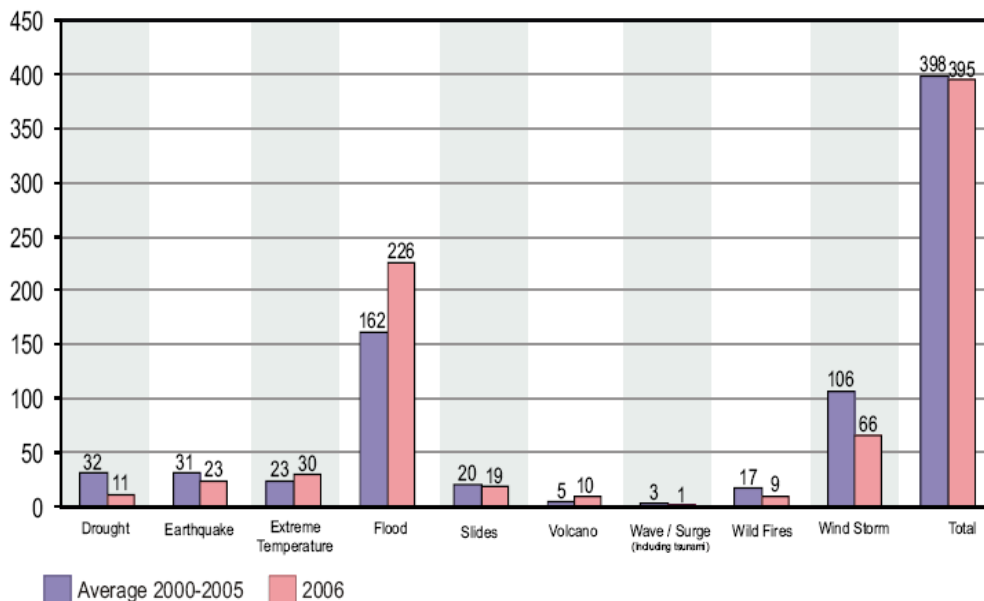
I Sverige har det förekommit ett stort antal översvämningar sedan 80-talet som lett till skador på samhällets infrastruktur och störningar för olika verksamheter. I Klimat- och sårbarhetsutredningen (2006; 2007) har riskerna för de stora sjöarna och ytterligare ett antal älvar beskrivits. Några av de största översvämningriskerna är kopplade till Väneren och Göta älv.

I den senaste rapporten från FN:s klimatpanel (IPCC, 2007) redovisas en ökning av frekvensen av höga flöden i Europa, mätt från 60- till 90-talet. En global uppvärmning leder också till ökade nederbördsintensiteter, särskilt i varma klimatzoner men också på högre breddgrader. Detta gör att sannolikheten för störtfloder ökar. Samtidigt som sannolikheterna för hög nederbörd och höga flöden ökar i stora delar av världen, och även i norra Europa, ökar också samhällets sårbarhet (Kundzewicz och Kaczmarek, 2000; RIMAX, 2007). Fortsatt urbanisering och exploatering av riskutsatta områden gör att de värden som kan förstöras i samband med översvämningar också ökar.

Det senaste decenniets svåra översvämningar i Europa har inom EU lett till framtagandet av ett översvämningdirektiv (EG, 2007). Direktivet antogs hösten 2007 och innehåller övergripande målsättningar och en tidsplan för genomförandet. Genom direktivet kommer analyser av översvämningrisker och åtgärdsplaner för att minska riskerna att tas fram i Sverige och övriga EU-länder senast år 2015.

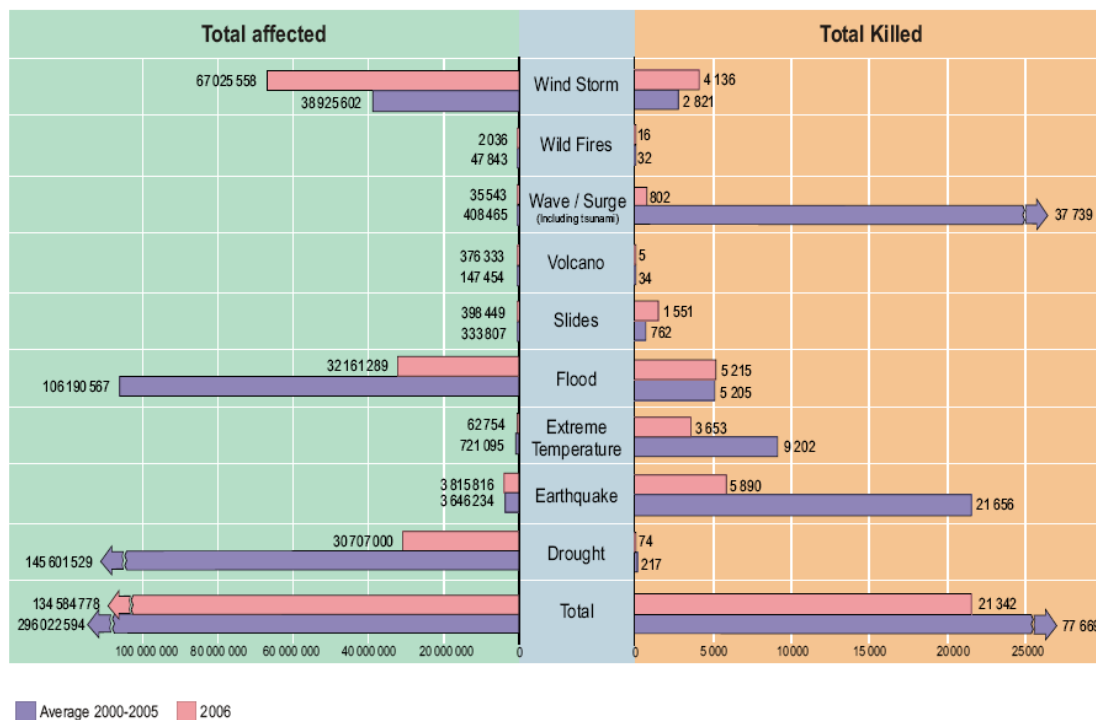
Inom EU finns också ett antal större forskningsprogram om översvämningar. FLOODsite och RIMAX är exempel på detta där forskningen till stor del drivs utifrån erfarenheter från det senaste decenniets allvarliga händelser. Forskning inom teknik, natur- och samhällsvetenskap och beteendevetenskap samlas för integrerad kunskapsbyggnad.

## Natural disaster occurrence by disaster type



Figur 1a. Antal naturkatastrofer av olika slag under åren 2000-2005 respektive 2006. Data från EM-DAT databasen vid CRED.

## Human impact by disaster types



Figur 1b. Antal människor som påverkats eller dödade av naturkatastrofer under åren 2000-2005 respektive 2006. Data från EM-DAT databasen vid CRED.

## **Metodbeskrivning**

Litteraturen som redovisas i översikten har sökts ut från olika källor:

- Databasen ISI, som omfattar ett stort antal vetenskapliga tidskrifter
- Direktsök i ett antal tidskrifter, bland annat Journal of Flood Risk Management, International Journal of River Basin Management, Hydrological Processes, Natural Hazards, Disasters, Disaster Prevention and Management samt Risk Analysis
- Sök i bibliotekskataloger, framför allt LIBRIS som är gemensam katalog för universitet och högskolor i Sverige
- Rapportering från FN:s klimatpanel 2007, särskilt Working group II
- Betänkanden inklusive bilagor från Klimat- och sårbarhetsutredningen (2006 och 2007)
- Publikationslistor från större internationella forskningsprogram såsom FLOODsite, CRUE ERA-NET och RIMAX
- Publikationslistor hos FN-organet International Strategy for Disaster Reduction (ISDR) och ett antal stora forskningscentra såsom National Hazards Center vid University of Colorado och Center for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) vid Université Catholique de Louvain i Belgien

Genom att den engelskspråkiga litteraturen dominerar har avgränsningen gjorts utifrån tre engelska begrepp/söksträngar: flood, flood risk och flood risk management. Vid sökning på "flood" i databasen ISI erhöles 25 000 träffar, varav de äldsta var från 1904. När det gäller svenska studier har sökordet översvämning kombinerat med risk och hantering varit de vanligaste använda. Ingen direkt sökning har gjorts med sökorden climate change, men däremot har de publikationer om klimatförändringar som överlappar till översvämningområdet inkluderats.

Översvämningar vid havskuster har inte inkluderats i översikten eftersom de har en speciell karakteristik och rumslig utbredning. Inte heller har studier om dammbrott tagits med.

I nästa kapitel kommer karaktären på olika översvämningar att beskrivas och vad konsekvenserna blir för människor, samhälle och ekosystem. I de kapitel som följer därpå redovisas metodik för att beskriva och hantera dessa fenomen.

## Översvämningar som fenomen

Räddningsverket har en definition av översvämning som lyder:

*”Med översvämning menas att vatten täcker ytor utanför den normala gränsen för sjö, vattendrag eller hav”*

En engelsk definition som används inom forskningsprogrammet FLOODsite (2005) är:

*”Temporary covering of land by water outside its normal confines”*

Översvämning är ett samlingsbegrepp som innefattar olika varianter av att områden ställs under vatten. De kan förekomma i anslutning till små eller större vattendrag, vid sjöar, i kustområden men också lokalt till följd intensiv nederbörd.

En systematisering av översvämningar kan också göras utifrån orsak, t ex regn till följd av frontpassager eller konvektion, snösmältning, vind/vågpåverkan, tidvatteneffekter, stigande grundvattennivåer, överbelastade avloppssystem eller dammbrott.

En viktig aspekt på översvämningar är att de är del i en naturlig hydrologisk variation som många ekosystem är anpassade till och beroende av. Det gör att åtgärder från samhällets sida för att minska översvämningens risker kan leda till försämringar för vissa ekosystemfunktioner och reducera livsvillkoren för vissa växt- och djurarter. Det finns dock en ekologisk eller miljömässig positiv dimension i arbetet med att minska översvämningens risker genom att höga vattenflöden och –nivåer kan leda till spridning av avloppsvatten, föroreningar från marker, etc (Andersson-Sköld m fl, 2007).

I den fortsatta beskrivningen i detta kapitel kommer en uppdelning att göras i å ena sidan de översvämningens faror (eng. *flood hazards*) som i form av höga flöden och nivåer utgör källan till risken, å andra sidan i de konsekvenser som dessa medför för människor, samhälle och ekosystem.

Viktiga faktorer för att beskriva översvämningens karakteristik är dess tids- och rumsskalor. I samband med skyfall och följande störtfloder orsakas stor lokal skada. En typisk karakteristik är de snabba förloppen som gör skadebegränsande och förberedande arbete väldigt svårt. Även varningar kan vara svåra att hinna med, eftersom nederbördsprognoser rymmer relativt stora osäkerheter. De stora lokala flöden som uppstår gör också att det uppstår kraftig erosion och sediment och föremål av olika slag transporteras med vattnet och avsätts nedströms (t ex Gentile m fl, 2007). Risken är överhängande för att trummor och liknande kan sättas igen av föremål vilket gör att dämning kan uppstå (Samuels, 2006).

En svensk uppföljning gjordes av ett skyfall på Fulufjället 1997. Vedin m fl (1999) beskrev en störtflod som följde på extrem nederbörd som föll den 30-31 augusti 1997. Under 24 timmar uppmättes 276 mm regn, som föll i samband med kraftigt åskväder. Eftersom mätningen var osäker gjordes bedömningen av regnmängden torde ha varit ännu större, ca 400 mm. I Görälven i Västerdalälvens övre lopp steg vattenföringen över natt med en faktor 30, vilket ledde till omfattande erosion och till av vissa vattendrag delvis flyttade sina lopp. Författarna anger att detta nederbördstillfälle var det mest katastrofala i Norden sedan regelbundna nederbördsmätningar infördes. Borgström m fl (1999) redovisade i samma tidskriftsvolym effekter av störtfloden på geomorfologi och vegetation. För Stora Göljån skapades nya fåror, och även s k



braided-river system med flera mindre fåror i bredd. Vegetation, inklusive stora träd, spolades helt bort i dessa områden.

Störtfloder är tämligen vanliga i Sydeuropa och utgör där de största översvämningensriskerna. Barredo (2007) visade att flertalet av de översvämningenskatastrofer som inträffade i södra Europa under perioden 1950-2005 var av den typen.

Om nederbörden faller över större områden och är mer utdragen skapas problem i de större vattendragen. Ett flertal mycket allvarliga översvämningar har inträffat i Europa de senaste decennierna.

Kundzewicz och Kowalczak (2008) beskriver den svåra översvämningen i Oder i juli 1997. Polen, Tjeckien och Tyskland blev drabbat och 115 människoliv förlorades. Två veckolånga omgångar med regn under juli gav totalt över 600 mm i vissa av de övre delarna av avrinningsområdet. Trots månghundraåriga tidsserier över flöden och vattennivåer slogs ett flertal rekord.. Den s k "alarm level" överskreds med 3-6 m, och i de nedre delarna av Oder överskreds denna nivå under 16 dagar. De invallningar och andra skyddsanordning som fanns längs floden fungerade inte vid dessa höga nivåer. Författarna gör också en utvärdering av det uppföljande arbete som gjorts i Polen under de tio år som gått sedan händelsen. Riskmedvetandet hade höjts och arbete hade kommit igång med att indela de flodnära områdena i olika zoner för att bättre differentiera skyddet av olika objekt.

Elbe har i flera omgångar varit utsatt för väldigt stora översvämningar (Bronstert m fl, 1999). Kreibich m fl (2005) beskriver händelsen i augusti 2002 som anges som ett 150-300-årsflöde. 300-400 mm regn föll under tre dygn. Enligt Barredo (2007) omkom 47 personer och skador uppstod för 16 miljarder US\$. Det gör Elbeöversvämningen till den i särklass största ekonomiska skada som någon översvämning orsakat i Europa under den period Barrado redovisat (1950-2005). En något mindre omfattande översvämning inträffade i Elbe även 2006.

Socialstyrelsen (2006) gjorde en uppföljande studie av översvämningarna i Elbe och Moldau 2002. Studien som är publicerad i KAMEDO-serien redovisar olika typer av konsekvenser men också resultatet av olika insatser som gjordes lokalt/regionalt. Vattennivåhöjningarna i de båda vattendragen var 7-9 m som mest vilket bland annat ledde till en evakuering av 48 000 personer i Prag. Semi-permanenta översvämningensbarriärer som anlagts i Prag efter översvämningarna 1997 visade sig ge skydd för vissa delar av staden medan andra kvarter fick inflöde av vatten bakifrån. Även nederbörden som föll ställde till problem bakom barriärerna. I Dresden fick fem stora sjukhus (5 000 patienter) evakueras då el, värme, vatten och sanitet slogs ut. Man fann också att mera informella samhällsstrukturer i en mindre stad, Coswig som ligger vid Elbe nedströms Dresden, visade sig mycket värdefulla i hanteringen av översvämningarna. Spontan hjälp i form av mat-, bostadsförsörjning och annat gavs till drabbade.

Todhunter (2008) redovisar en översvämning 1997 i Red River som är en flack flod som rinner från nordliga delarna av USA upp genom Kanada. Floden är känslig för snösmältning och vintern 1996/97 fanns ovanligt mycket snö i avrinningsområdet. Varmt väder ledde till snabb snösmältning och vattennivåerekord sattes vid flertalet mätstationer. Ändå föll inget regn under perioden, vilket hade förvärrat situationen ytterligare. Skadorna längs floden angavs till de största i USA:s historia, räknat per capita. Prognos- och förvarningssystem visade sig inte fungera tillräckligt bra varför Todhunter föreslog användning av ett worst-case scenario vid liknande situationer.

Englands största översvämning sedan 1947 inträffade sommaren 2007 (Pitt, 2008). 395 mm regn föll över England och Wales under maj-juli, vilket var dubbelt det normala. Under vissa veckor föll mer intensivt regn vilket gav översvämning i flera floder i Wales, och i södra och nordöstra England. 13 personer miste livet, 48 000 hushåll och 7 300 företag översvämmades. Regeringen tillsatte en utredning som gjorde en omfattande genomgång av översvämningens karaktär, olika typer av skador, hur prognos- och varningstjänst fungerade, etc. I sin slutrapport lämnade utredningen 92 rekommendationer när det gäller förebyggande och förberedande arbete i England.

I Klimat- och sårbarhetsutredningen (2006; 2007) beskrivs översvämningens risker i de stora svenska sjöarna och i ytterligare några vattensystem. Vätern med sitt begränsade utlopp via Göta älv utpekade som en stor risk. Genom de skredrisker som finns i Göta älv är tappningen ur Vätern begränsad enligt en vattendom. Tillrinningen till Vätern kan dock vara väsentligt större än avtappningen, vilket kan leda till höga vattennivåer. En högvattenperiod 2000/2001 gav de högsta vattennivåerna sedan sjön reglerades 1937. Vattennivån överskred den s k dämningsskännsgränsen under ca sex månader, vilket pekar på den mycket utdragna process som en översvämning i en stor sjö kan innebära. Vid Mälaren finns också översvämningens risker men där är det tekniskt möjligt att bygga om utloppet i Stockholm och Södertälje för att öka avtappningen.

Konsekvenserna av olika typer av översvämningar kategoriseras ofta utifrån ekonomiska, ekologiska och sociala aspekter. Detta ger en teoretisk och begreppsmässig koppling till arbetet med hållbar utveckling som utgår från samma huvuddimensioner (Birkmann, 2006). Potentiella konsekvenser eller skador av naturkatastrofer kan även beskrivas som sårbarheter. ISDR:s definition av sårbarhet, på engelska *vulnerability* är:

*“The conditions determined by physical, social, economic, and environmental factors or processes, which increase the susceptibility of a community to the impact of hazards.”*

Green (2004) diskuterar sårbarhetsbegreppet i anslutning till översvämningens frågor. Han konstaterar att ett stort antal olika begrepp har benämnts sårbarhet, och att det är nödvändigt att kunna diskutera och hantera sårbarhet utan att ha en entydig definition eller en samsyn på begreppet. För att kunna mäta sårbarhet menar dock Green att begreppet måste få en explicit definition i varje enskilt sammanhang. Vad vi menar med sårbarhet beror därför på karaktären på det beslut som skall fattas, och vad beslutet innefattar.

Jonkman och Vrijling (2008) har sammanställt olika typer av skador som översvämningar orsakar (Tabell 1). De har sorterat skadetyperna utifrån två dimensioner: 1) Direkta respektive indirekta skador. Det som direkt kan kopplas till området för översvämningen kan betraktas som direkta skador medan de typer av följdverkningar och dominoeffekter som orsakar skador utanför översvämningens område kan anses vara indirekta. 2) Skador som är ”tangible” respektive ”intangible”. Tangible betyder ungefär konkret eller påtaglig. Skador som betecknas som ”intangible” är alltså sådana som är mer diffusa och svårkvantifierade.

Tabell 1. Allmän klassificering av översvämningsskador (från Jonkman och Vrijling, 2008).

	Tangible	Intangible
Direct	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Residences</li> <li>• Structure inventory</li> <li>• Vehicles</li> <li>• Agriculture</li> <li>• Infrastructure and other public facilities</li> <li>• Business interruption (inside flooded area)</li> <li>• Evacuation and rescue operations</li> <li>• Reconstruction of flood defences</li> <li>• Clean-up costs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fatalities</li> <li>• Injuries</li> <li>• Animals</li> <li>• Utilities and communication</li> <li>• Historical and cultural losses</li> <li>• Environmental losses</li> </ul>
Indirect	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Damage for companies outside flooded area</li> <li>• Substitution of production outside flooded area</li> <li>• Temporary housing of evacuees</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Societal disruption</li> <li>• Damage to government</li> </ul>

Kundzewicz (2002) framhåller de omfattande ökningarna av sårbarheten som följt med urbanisering och exploatering av översvämningskänsliga områden. Hårdgörande av ytor, avskogning och förändring av vattendragens lopp är åtgärder som lett till snabbare avrinning. Han kommenterar särskilt vägvalet för Mississippifloden som USA:s kongress gjorde under mitten av 1800-talet. En expert rekommenderade att de stora våtmarksområden som fanns i avrinningsområdet skulle bevaras såsom retentionsområden. Andra ansåg att floden skulle vallas in, så att anslutande marker skulle kunna dikas ut och användas för odling. Beslutet blev enligt det senare förslaget.

Den generellt ökade sårbarheten inför översvämningar tas upp även av Nirupama och Simonovic (2007), som för Upper Thames River i Ontario visade att de urbana områdena hade ökat från 10% av avrinningsområdet 1974 till 22% år 2000. Minskad andel skogsmark och ökad andel hårdgjorda ytor gav snabbare avrinningsförlopp.

Ekonomisk sårbarhet handlar om potentiellt förlorade ekonomiska värden. Messner m fl (2007) redovisar på ett ingående vis olika ekonomiska aspekter på översvämningar och leder över resonemanget i metoder och guidelines för skadeanalyser. Svårigheterna består ofta i att kunna sätta värden på olika typer av skador och att kunna inkludera indirekta kostnader (t ex avbrott i företagsdrift eller transportsystem).

Social sårbarhet anges ofta i förenklad form såsom antalet människor som påverkats av en viss översvämning. En mer utvecklad beskrivning kan innehålla faktorer som förlorade liv, hälsoaspekter, stress eller brist på vatten och sanitet. Även skador på kulturhistoriska värden kan inkluderas i den sociala sårbarheten.

Den sociala sårbarheten påverkas av demografiska och socio-ekonomiska faktorer liksom av människors fysiska och sociala resurser (Fielding m fl, 2007). Dessa faktorer påverkar i sin tur riskuppfattning och responsen på översvämningsvarningar. Hur människor uppfattar översvämningsrisker skiljer mellan olika sociala grupper samtidigt som det finns en stor variation inom respektive grupp. Det finns en risk med att reducera definitioner av sårbarhet till objektiva mätbara faktorer, då mer subtila frågor kring uppfattningar och erfarenheter av översvämningsrisker kan tappas bort (Brown och Damery, 2002).

Översvämningsrisker skördar också människoliv. Speciellt tydligt är detta i utvecklingsländer där tillräckligt skydd inte finns och där utsatta människor tvingas att bo på översvämningsutsatta platser. Under perioden 1975-2002 dog i genomsnitt 6500 personer årligen till följd av översvämningsrisker (Jonkman och Vrijling, 2008). Den världsdel som är värst drabbad är Asien, med flera svåra händelser bl a i Kina. I Europa förekom mycket allvarliga översvämningsrisker 1953 då sammanlagt 2500 personer omkom i Holland, Belgien, Tyskland och England (Samuels, 2006).

Ekologisk sårbarhet kan utgöras av t ex skyddsvärda arter eller habitat, vattentäckers kvalitet och kvantitet, kvalitet på jordar eller landskapsbild. Översvämningsrisker har också sin dubbelhet i den ekologiska domänen eftersom översvämningsrisker är naturliga fenomen som vattendragens och strandzonens ekosystem är anpassade till. En variation i flöden och nivåer kan ses som en helt naturlig process som har ett ekologiskt värde.

Ett exempel på ekologisk sårbarhet kommer från Elbeöversvämningsriskerna 2002. Baborowski m fl (2004) studerade spridningen av tungmetaller under översvämningsriskerna och fann att tungmetallerna arsenik, bly och koppar förekom i löst form och fick förhöjda koncentrationer i samband med höglödet, medan andra metaller såsom kvicksilver späddes ut till lägre koncentrationer än vad som hittats vid tidigare översvämningsrisker. Källan till de metaller som ökade i koncentration kunde hittas nära källflödena som utgjordes av gruvområden. Den stora vattentransporten mobiliserade på så sätt dessa metaller.

Relationen mellan begreppen sårbarhet och resiliens har behandlats av Janssen m fl (2006) som redovisar en sammanställning över litteratur inom områdena resiliens, sårbarhet och anpassning. Användningen av begreppet resiliens är vanligast inom ekologin och matematiken medan begreppen sårbarhet och anpassning vanligtvis används inom geografi och naturkatastrofområdet. De tre områdena håller dock på att närma sig varandra enligt Janssen m fl. Även Gallopin (2006) diskuterar förhållandena mellan de tre begreppen och ser ett behov av en gemensam diskussion mellan de tre kunskapsområdena varifrån begreppen kommer (naturkatastrofer – systemekologi – klimatförändringar).

Klein m fl (2003) ifrågasätter dock nyttan med begreppet resiliens såsom ett samlingsbegrepp inom naturkatastrofområdet. De testade användbarheten i en studie över väderrelaterade risker i kustnära megacities och konstaterade att resiliensbegreppet inte hade operationaliserats för att stödja planering och förvaltning. Deras rekommendation var att resiliens bör användas med en mer begränsad innebörd för att beskriva systemegenskaper som har att göra med systemets förmåga att tåla en störning utan att få ett förändrat tillstånd respektive systemets förmåga att organisera sig själv. Istället kan begreppet adaptive capacity, som utvecklats inom klimatförändringsområdet, utgöra ett bredare samlingsbegrepp.

## Riskhantering för översvämningar

Hantering av översvämningsrisker har en lång historia (Samuels, 2006). I Storbritannien infördes lagstiftning på området redan 1215 och i Donaus vattensystem uppfördes olika typer av skydd under 1200-talet. Även i Holland finns en lång tradition av vattenförvaltning. Redan på 1000-talet infördes lokala vattenstyrelser som hade stort inflytande och på 1300-talet byggdes ringformade vallar (eng. *dykes*) som skyddade det omringade landområdet. Under 1800-talet gjordes omdragningar och rätningar av ett stort antal europeiska vattendrag bland annat i syfte att gynna sjöfarten.

Om man går ett antal decennier tillbaka beskrevs samhällets skyddsarbete mot översvämningar ofta såsom ett slags strid. Engelska termer som *flood fighting*, *flood resistance* och *flood defence* har använts för att beskriva samhällets insatser (Figur 2). Striden resulterade ofta i olika typer av tekniska skydd som etablerades före eller under översvämningshändelser (Samuels, 2006). Även begreppet översvämningskydd (eng. *flood protection*) har använts, men erfarenheter från större översvämningar visar att ett absolut skydd inte är möjligt att uppnå. Med tanke på de omfattande skyddsåtgärder som krävs för ett absolut skydd och de kostnader som detta innebär är det inte heller önskvärt (Schanze, 2006). Termen *flood defence* används dock alltjämt i betydelsen ”fysiska skydd” mot översvämningar (t ex i engelska Floods Review (Pitt, 2008)). Även termen *flood fighting* används i betydelsen den kamp som uppstår i räddningsarbetet under en händelse (t ex Flood Fighters Conference).



Figur 2. Utveckling av synsätt och centrala begrepp inom översvämningshantering.

Under 90-talet men framför allt på 00-talet har en delvis annan syn på översvämningsarbetet fått spridning. Genom att använda benämningen *flood risk management*, vilket pekar på en mer förvaltningsmässig processsyn, har hanteringen av översvämningsrisker öppnat upp för integration med andra processer i samhället, till exempel fysisk planering och vattenförvaltning i stort. Olika sektorer och nivåer i samhället föreslås integreras i en samlad hantering. En management-ansats framhåller också att arbetet är

en kontinuerlig process med analys, värdering och åtgärder snarare är enstaka insatser (Schanze, 2006). Denna mer integrerade syn kommer till uttryck i länder där översvämningensriskerna är stora och svårhanterade såsom Holland och England. Där beskriver de senaste årens strategier att man skall tillåta vattnet att ta plats under nederbördsrika perioder. Begrepp som "room for rivers" och "space for water" förekommer (DEFRA, 2006). Även Kundzewicz (2002) menar att det inte är fruktbart att helt försöka förhindra översvämningar och pekar på nödvändigheten att lära sig att leva med översvämningar.

Kundzewicz (2002) diskuterar också hur olika strategier för översvämningsskydd överensstämmer med principerna för hållbar utveckling. Han argumenterar för att icke-strukturella åtgärder (d v s andra åtgärder än tekniska) är i bättre överensstämmelse med en hållbar utveckling. De är i högre grad reversibla, accepterade och miljöanpassade, och kan i en lämplig mix med strukturella åtgärder ge en förbättrad riskhantering. De typer av åtgärder som Kundzewicz framhåller är t ex flödeskontroll via åtgärder på landskapsnivå, utveckling av lagstiftning och ekonomiska instrument, prognos- och varningssystem och arbete för att höja medvetenheten om översvämningensrisker.

Även i det under 2007 beslutade översvämningdirektivet från EU är strukturen på det arbete som medlemsländerna skall genomföra uppbyggt utifrån en förvaltningprocess med ett cykliskt (eller snarare spiralförmigt) förlopp: analys, åtgärder och uppföljning.

Metodik för att hantera översvämningensrisker innehåller komponenter som till viss del ingår i generella riskhanteringsmetoder. I Räddningsverkets *Handbok för riskanalys* (SRV, 2002) beskrivs de olika komponenterna:

- Riskinventering – ger en översiktlig kännedom om huruvida risker förekommer
- Riskanalys – beskriver dels en sannolikhet för en skadlig händelse, dels de negativa konsekvenserna av denna händelse
- Riskvärdering – bedömer om de beskrivna riskerna är tolerabla eller måste åtgärdas
- Riskreducerande åtgärder – bidrar till att minska riskerna och öka säkerheten

Därutöver finns andra viktiga delar i en riskhantering som löper parallellt med komponenterna ovan. Exempel på en sådan parallell process är riskkommunikation.

I litteratur från de senaste åren beskrivs riskhanteringen inom översvämningensområdet i liknande delar. Schanze (2006), som är en av de ledande forskarna inom FLOODsite programmet, beskriver i en översiktlig artikel tre huvuddelar - riskanalys, riskvärdering (risk assessment) och riskreduktion. Dessa huvuddelar delas vidare upp i åtta underrubriker. Riskanalysen består av en *hazard determination* och en *vulnerability determination*, vilket tillsammans ger underlag för en *risk determination*. Att Schanze använder begreppet *determination* pekar på att han anser att dessa analyser kan göras kvantitativt och att osäkerheterna är hanterbara. Riskvärderingen delas i två delar – *risk perception* och *risk weighing*. Riskreduktion delas i tre delar – *pre-flood reduction*, *flood-event reduction* och *post-flood reduction*. Summan av alla dessa delar, menar Schanze, kan sägas utgöra ett *flood-risk system*, dvs ett *översvämningssystem*.

'Flood risk management' är en gren inom vetenskapen som är förhållandevis ung. Hydrologisk och hydraulisk forskning om höga flöden och vattennivåer har dock en historia över större delen av 1900-talet. Även teknisk forskning om hur människan och

samhället kan skydda sig mot höga flöden och nivåer har bedrivits under många decennier. Den andra delen av risken, som handlar om att beskriva konsekvenser av översvämningar för människan, samhället och ekosystemen, är dock väsentligt mindre utforskad. Detta gäller även för forskning om en helhetssyn på riskreducerande åtgärder som ett led för ökad säkerhet.

Inom Europa satsas stora medel för forskning på översvämningssområdet. CRUE ERA-NET som är ett samlande och koordinerande program för ett flertal forskargrupper och –projekt anger att 430 milj euro totalt har satsats under perioden 1990-2010. Omfattning på översvämningforsknigen har varit störst i Holland, England och Tyskland. Sverige har inga medel redovisade i detta sammanhang (CRUE ERA-NET, 2007).

Tidskriften *Journal of Flood Risk Management* startades 2008 och har en bred ansats vad gäller vilken typ av studier som publiceras. Listan över delområden pekar på den mångfald av aspekter som anses höra till området *Flood Risk Management*:

- Hydrology
- Climate Change
- Modelling
- Infrastructure Management
- Disaster Recovery
- Flood Forecasting
- Land Use Management
- Policy & Legislation
- Uncertainty Analysis and Risk
- Environment (Geomorphology, Sediments, Habitat)
- Health & Social Aspects of Flooding

## Viktiga komponenter och begrepp inom översvämningsriskhantering

### Risikanalys

Översvämnning är naturligt fenomen som i naturområden inte kan anses som en risk eller ett hot. Det är när vattnet möter människan och samhället som riskbegreppet och riskhanteringen blir relevant. Många avrinningsområden är dock påverkade av människan, även långt ut i naturmiljöer.

En mycket vanlig definition av en **översvämningsrisk** (eng. *flood risk*) är att den är en funktion av en *översvämningsfara* (eng. *flood hazard*), uttryckt som en sannolikhet för en skadlig händelse, och en *konsekvens* av motsvarande händelse (FLOODsite, 2005). Ibland uttrycks konsekvensfaktorn som en *sårbarhet* (eng. *vulnerability*) hos ett system, t ex hos ett samhälle eller ekosystem.

En **översvämningsfara** utgörs normalt av höga flöden eller höga vattennivåer, och kan karakteriseras utifrån en rad kriterier. De vanligaste variablerna som beskriver faran är

- vattendjup
- vattnets hastighet
- stigningshastighet för vattennivå
- tid för hur snabbt flödet startar (eng. *onset*)
- varaktighet
- eventuell transport av sediment, föremål eller föroreningar

En alltmer vanlig beskrivning av faran är en kombination av vattnets djup och hastighet (ex. Figur 3).

Velocity Coefficient C	0.5									
(V+C) * D	Depth									
Velocity	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
0.00	0.13	0.25	0.38	0.50	0.63	0.75	0.88	1.00	1.13	1.25
0.50	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
1.00	0.38	0.75	1.13	1.50	1.88	2.25	2.63	3.00	3.38	3.75
1.50	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	5.00
2.00	0.63	1.25	1.88	2.50	3.13	3.75	4.38	5.00	5.63	6.25
2.50	0.75	1.50	2.25	3.00	3.75	4.50	5.25	6.00	6.75	7.50
3.00	0.88	1.75	2.63	3.50	4.38	5.25	6.13	7.00	7.88	8.75
3.50	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00
4.00	1.13	2.25	3.38	4.50	5.63	6.75	7.88	9.00	10.13	11.25
4.50	1.25	2.50	3.75	5.00	6.25	7.50	8.75	10.00	11.25	12.50
5.00	1.38	2.75	4.13	5.50	6.88	8.25	9.63	11.00	12.38	13.75

	From	To	
Class 1	0.75	1.25	Danger for some
Class 2	1.25	2.50	Danger for most
Class 3	2.50	20.00	Danger for all

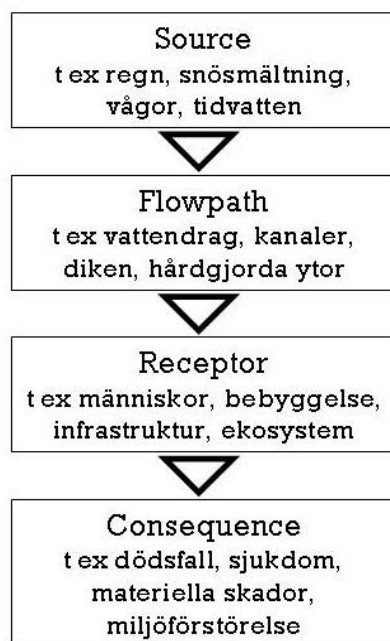
Figur 3. Exempel på matris för hazard, baserad på vattendjup (D), -hastighet (V) och en hastighetskoefficient (C) (från DEFRA, 2006).



Översvämningens rumsliga och tidsmässiga utbredning spelar stor roll för hur stor faran är. Genom begreppet *återkomststid* ges en koppling mellan en viss vattennivå (eller flöde) och sannolikheten för att denna nivå skall uppnås eller överskridas. Olika återkomsttider används för att beteckna olika grad av översvämningsfara.

Det är stor skillnad i tidsförlopp mellan ett skyfall som inom några timmar kan orsaka en störtflod (eng. *flash flood*) och mera utdragna förlopp vid översvämning i större vattendrag och sjöar (Barredo, 2007). Ofta har störtfloder en relativt begränsad geografi styrd av hur den intensiva nederbörden ytmässigt är fördelad. En översvämning i en älv har typiskt ett tidsförlopp på dagar eller veckor, beroende på storlek på avrinningsområde. I stora sjöar och vattenmagasin är tidsförloppet mer utdraget, beroende på magasinets dämpande effekt. Ett exempel är Väneren som vid översvämningen 2000/2001 hade förhöjda nivåer i över ett halvår (Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2006). Den rumsliga utbredningen vid en sådan händelse är också mycket stor. Vattennivåvariationer i en stor sjö påverkas framför allt av hur mycket vatten som finns i sjön vid en given tidpunkt. Ovanpå denna långsamma variation kommer dock väsentligt snabbare förändringar i nivån beroende på t ex vindpåverkan. Detta fenomen är också mycket påtagligt vid kuster. För större vattenvolymer måste alltså såväl de snabba som de långsamma variationerna karakteriseras i en vidare analys av konsekvenser.

Enligt en särskild modell för att beskriva översvämningsrisker – den s k SPRC-modellen (Figur 4; ICE, 2001) – inkluderas fyra delar i en riskanalys: källan (eng. *source*), flödesvägen (eng. *pathway*), mottagaren (eng. *receptor*) och konsekvensen (eng. *consequence*). Källan och flödesvägen beskriver tillsammans översvämningsfaran. Källan kan bestå av nederbörd, men även t ex påverkan från vind eller vågor. Flödesvägen kan t ex utgöras av en flod, ett avloppssystem, o dyl. Värt att notera är att vattnet genom olika flödesvägar kan nå mottagaren ovanifrån genom direkt nederbörd, från sidan t ex via en översvämmad flod eller underifrån via underjordiska rörledningar som leder vatten.



Figur 4. SPRC-modellen (efter ICE, 2001).

Den vanligaste orsaken till översvämningar är stora mängder med regn eller snösmältning vilket skapar ett behov av att kunna prediktera nederbörd. Lin m fl (2005) beskriver en modell som anpassats för Yangtsefloden och som omfattar nederbörd och översvämningssprediktioner med ledtider från flera dagar upp till månader. Resultaten visade på framgångsrik prediktion av såväl enskilda översvämningshändelser som säsongsvariationer.

Modellering av höga vattennivåer och flöden förekommer vanligt i litteraturen. Hydrologisk och hydraulisk modellering av historiska eller framtida flöden är viktiga underlag för en riskanalys. Arduino m fl (2005) redovisar kunskapsläget när det gäller meteorologiska och hydrologiska datormodeller och prognosverktyg och diskuterar för- och nackdelar med enkla respektive mera komplexa modellbeskrivningar.

Ett viktigt användningsområde av modellering är i realtidsprognoser och varningssystem där översvämningssvårheten kan beskrivas, vilket ger ett tidsutrymme för förberedelse inför skadliga händelser. Den svenska konceptuella modellen HBV har använts i ett flertal översvämningssstudier, t ex för översvämningssprognoser för störtfloder (Hlavcova m fl, 2005) och i varningssystem (Kobold och Brilly, 2006). Seibert (2003) pekar dock på svårigheterna att använda konceptuella modeller för översvämningssprognoser. Problemet uppstår när modellerna måste användas för flöden som ligger bortom de som modellen kalibrerats för.

Olika behov av varning föreligger beroende på översvämningars tids- och rumsvariation. Mest tydligt är behovet vid mycket snabba förlopp. Badoux m fl (2008) beskriver ett varningssystem för störtfloder och debris flows som bygger på varning via sirener och ljussignaler. I ett litet avrinningsområde i Schweiz har systemet visat sig kunna ge 30-60 min förvarning vilket underlättar evakuering och skydd av människoliv.

Zerger och Wealands (2004) knyter ihop en hydrodynamisk 2D-simulering (MIKE21) med ett GIS för att kunna fånga såväl tidsmässig som rumslig utbredning av översvämningssytor i kuststaden Cairns i Australien. Författarna framhåller värdet för riskhanterare med en dynamisk beskrivning, t ex i samband med evakueringsplanering.

Det är av stor vikt att kunna förstå och kvantifiera osäkerheter i översvämningssmodellering. Levy och Hall (2005) pekar på ett antal källor till osäkerheter: 1) Extrema händelser är av naturen sällsynta och kräver ofta ”syntetiska” data för en analys 2) Formulering av en fysikalisk verklighet i form av en modell ger förenklingar och därmed osäkerheter 3) Osäkerheter uppstår i samband med t ex extrapolation, i system där kunskap om tids- och rumsvariation är begränsad 4) Det är svårt att mäta de variabler som är indata i hydrologiska modeller, t ex nederbörd 5) Osäkerheter uppstår genom begränsad kunskap om de socio-ekonomiska faktorer som påverkar vattensystemet.

En teknik som används för att kunna förlänga tidsserier med data över maximala flöden är att rekonstruera historiska översvämningar. Sudhaus m fl (2008) använde vattennivådata vid två översvämningar åren 1824 respektive 1882 i floden Neckar i Tyskland. Genom att utnyttja historisk dokumentation över vattennivåer kunde flöden beräknas med hjälp av en hydrologisk modell. Att på detta sätt kunna utnyttja historiska händelser innebär att beräkningar av återkomsttider kan göras med mindre osäkerhet.

Ribatet m fl (2007) använde bayesisk modellering för att förbättra möjligheterna för frekvensanalys av korta dataserier i Frankrike. I analysen används data från andra vattendrag inom samma region som input. Ju större och hydrologiskt homogen

regionen är desto bättre fungerar metoden. På ett liknande sätt använde Coles och Pericchi (2003) ett skyfall i Venezuela för att utveckla och testa metodik för frekvensanalys. Ca 410 mm regn föll under en dag vilket var tre gånger mer än tidigare maximum för dygnsnederbörd.

Ett annat sätt att förlänga tidsserier är s k *paleoflood* hydrologi. Olika tekniker används för att studera nivåer och frekvenser av höga flöden under hundratals och tusentals år (Benito och Thorndycraft, 2005). Sediment som avsatts vid sidorna av vattendragen vid högflöden och som i nutid kan dateras är ett vanligt sätt att identifiera paleofloods.

Den andra delen av risken, dvs **översvämningens konsekvenser** beskrivs ofta genom ett systems sårbarhet. Adger (2006) tar upp svårigheter med att kunna mäta sårbarheter, eftersom dessa är dynamiska fenomen som är stadda i kontinuerlig förändring. Man kan inte förvänta att en social sårbarhet skall kunna beskrivas med ett enstaka mått. Viktiga delar som bör ingå är mått på människors välfärd som fångar upp de relativa och perceptiva delarna av sårbarheten.

Mosquera-Machado och Dilley (2008) jämför två olika metoder för att kvantifiera risken för dödsfall. Metoderna var UNEP:s *Disaster Risk Index* respektive Världsbanken med fleras *Index of Disaster Mortality Risk*. Författarna rankar de 25 länderna med högst översvämningrisk utifrån de två metoderna och jämför sedan listorna. Det förelåg relativt liten överensstämmelse mellan metoderna vilket pekar på svårigheter med att mäta sårbarheter och risker på global nivå.

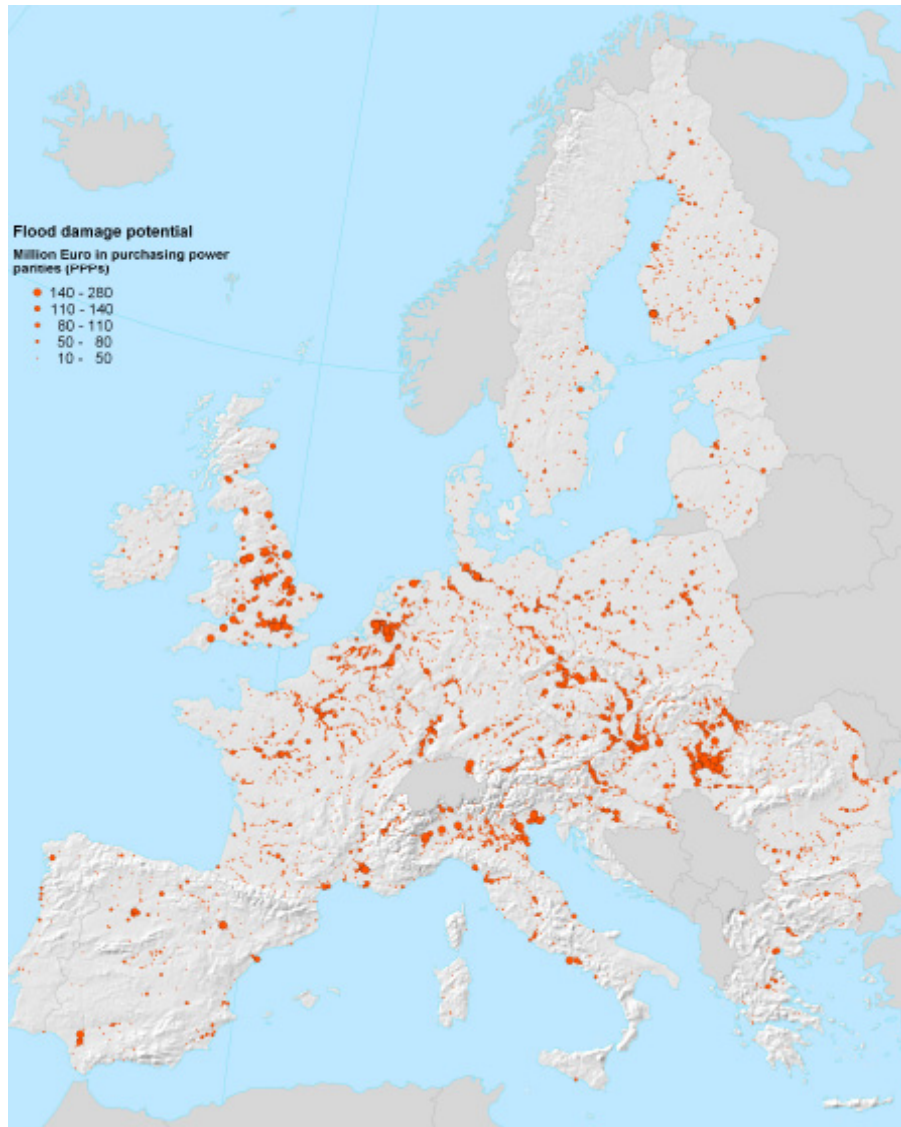
DEFRA (2006) använde en kvantitativ sårbarhetsanalys som bland annat var baserad på typ av bostäder, antal äldre personer och antal handikappade/hjälpböväende. En beräkningsmetod gör att man kan skatta antalet dödsfall respektive skadade. De testade metoden på tre olika översvämningar och fann att den hade en hygglig prediktionsförmåga när det gällde antalet dödsfall och skadade.

Det finns studier av samband mellan översvämningars karaktär och antalet dödsfall. Jonkman m fl (2008) gör en genomgång av litteraturen och finner olika samband som har publicerats. I en studie steg dödligheten kraftig vid vattennivåer på 2-3 m. I en annan studie hade även vattennivåns stigningshastighet inkluderats till ett tredimensionell analys. Ytterligare metoder har inkluderat möjligheter till evakuering och tid för förvarning som förklaringsfaktorer till dödsfall.

En variant av sårbarhetsanalys är analys av potentiella skador (eng. *potential damage*). Messner och Meyer (2006) går igenom bristerna i den gängse användningen av dessa analyser och konstaterar att det ofta bara är påtagliga värden som inkluderas. S k ”intangible values” kommer sällan med. Och endast i undantagsfall inkluderas indirekta skador. Ofta görs också skadeanalysen utifrån ett antaget vattendjup, medan det är känt att fler faktorer hos översvämningssfaran, t ex vattenhastighet och varaktighet, spelar stor roll för skadebilden. En annan faktor som sällan inkluderas är huruvida människorna som drabbas har tidigare erfarenhet från översvämningar. Flera studier pekar på att skadorna minskar vid upprepade översvämningar i samma vattensystem.

Barredo m fl (2008) redovisar en heltäckande beräkning av skadepotential för EU-området (Figur 5).

Ovan har riskanalysen behandlats, först som en analys av faran och därefter av konsekvenserna eller sårbarheten. Dessa båda delar utgör tillsammans översvämningssrisken.



*Figur 5. Beräkning av skadepotential för översvämningar i Europa. Måttenheten är 'purchasing power parities' vilket uttrycker ekonomiskt värde med hänsyn taget till nationella priskillnader. Från Barredo m fl (2008).*

Ett sätt att åskådliggöra den samlade riskanalysen är genom riskkartor. Ofta redovisas översvämningrisker vid specifika återkomsttider med hjälp av kartor. de Moel (2008) gjorde en genomgång av användningen av översvämningsskador i Europa och fann få exempel på fullständiga riskkartor. Ofta är det bara översvämningsskador som är redovisad. de Moel beskriver det som en utmaning att kunna inkludera sårbarheterna. En annan viktig sak är att inkludera förväntade klimatförändringar i riskkartorna.

Sammanfattningsvis vad gäller översvämningar och riskanalyser beskriver Schanze (2006) att:

- det finns mycket deterministisk modellering av meteorologiska och hydrologiska fenomen
- det finns viss forskning om direkta ekonomiska förluster till följd av översvämningar

- det finns väsentligt färre studier av indirekta ekonomiska konsekvenser och även av sociala och ekologiska konsekvenser
- det är sällsynt att olika dimensioner – t ex ekonomisk och ekologisk – integreras
- med forskningsprogram under 2000-talet har nya typer av studier genomförts som omfattar mer komplexa system

## Riskvärdering

Riskvärdering är ett fält som rymmer olika skolor, inkluderande bl a sociologiska, ekonomiska och tekniska perspektiv. Riskvärderingen bör enligt Schanze (2006) kopplas till den riskuppfattning (eng. *risk perception*) som finns hos enskilda och hos samhället i stort. Riskuppfattningen byggs bland annat upp av grundläggande värderingar, känslor, erfarenheter och perspektiv. Det är dock svårt för enskilda att ha en ”uppfattning” om ett helt komplext vattensystem, dess utnyttjande och aktörer, och dess översvämningsrisker.

När det gäller riskvärdering inom översvämningsområdet förekommer skilda perspektiv men en fråga som ofta läggs in är till vilka vattennivåer som samhället skall skydda sig. I ett värsta-scenario vad gäller flöden och nivåer finns ofta mycket begränsade möjligheter till skydd, vilket innebär att samhället kan tvingas att sätta en gräns. Detta anges ofta i form av en återkomsttid för ett regnmängd, ett flöde eller en vattennivå.

En ofta använd metod för att avgöra hur samhällets kostnader för skyddsåtgärder kan relateras till potentiella skadekostnader är kostnads-nytta-analys (CBA). Som ett alternativ till CBA använder Meyer m fl (2008) multikriterieanalys (MCA). De framhåller att MCA är en lämplig metod om man inte kan eller vill fullt ut sätta ett monetärt värde på potentiella skador. De har också utvecklat metodik för att kombinera MCA och GIS, vilket ger en rumsrig MCA. Metodutvecklingen kopplas till kraven i EU:s översvämningsdirektiv, artikel 6, som kräver en riskkartering av ekonomiska, ekologiska och sociala värden.

Levy (2005) använder multikriterieanalys inom ett beslutsstödssystem för översvämningshantering i Yangtsefloden. Systemet som inkluderar beskrivningar av flöden, hantering av vattenreservoarer, skadefunktioner, etc, ger stöd när det gäller att jämföra, välja eller ranka olika åtgärdsalternativ. Även i kommunikationen gentemot intressenter, organisationer och medborgare har metoden sina fördelar.

Brouwer och van Ek (2004) jämför kostnads-nytta-analys med MCA för floderna Meuse och Rhen, och integrerar ekonomiska, ekologiska och sociala värden. De fann att MCA fungerar även för sådana sociala värden som inte lätt kan sättas monetärt värde på.

Medvetenheten om översvämningsrisker hos människor innehåller några olika komponenter: (Burningham m fl, 2008):

- medvetenhet om huruvida man lever i ett riskområde
- medvetenhet om funktion hos varningssystem och informationsspridning
- medvetenhet om att göra lämpliga saker vid en händelse

I den engelska studie som Burningham m fl gjorde framkom att människors utsatthet för översvämningsrisker delvis kunde kopplas till brist på medvetenhet men också till

underskattningar av lokala konsekvenser av extrema situationer, baserade på bristande erfarenhet. De skillnader som hittades vad gäller medvetenhet kunde kopplas till samhällsklass, tidigare översvämningserfarenhet och hur länge man bott i det översvämmade området.

Kundzewicz (2002) ger exempel på olika missuppfattningar som försvårar en höjning av det allmänna medvetandet om översvämningrisker. En sådan är en stark tilltro till dyrbara och omfattande skyddssystem, eftersom det alltid finns en risk för att skyddet falerar. En annan är att översvämningar kommer med viss regelbundenhet. Om ett hundraårsflöde nyss har inträffat finns uppfattningen att det dröjer 100 år till nästa. En tredje missuppfattning är att olika geofysiska processer (t ex hydrologiska) i framtiden alltid kommer att uppföra sig som de gjort hittills, medan sannolikheten alltid finns att det som redan hänt kommer att överträffas.

## Riskreducerande åtgärder

Åtgärder för att minska översvämningrisker kan kategoriseras utifrån typ av åtgärd. En mycket vanlig indelning inom risk och katastrofområdet är åtgärder som görs före, under eller efter en översvämningshändelse. Åtgärder som görs före händelser kan i sin tur indelas i förebyggande, skadebegränsande, förberedande åtgärder och system för tidig varning.

Att lyckas med ett förebyggande arbete inom översvämningområdet ställer mycket stora krav. Att kunna förebygga själva faran, t ex nederbördens mängd och intensitet, faller ofta på sin egen orimlighet. Människan styr inte över nederbörden. Möjligen kan man anföra att människans inverkan på de globala klimatsystemen innebär en påverkan, och att minska utsläppen av växthusgaser är ett indirekt sätt att förebygga översvämningar.

Man kan dock förebygga olyckor genom att ta bort de objekt som är skadeutsatta. Att flytta människor, byggnader, kanske t o m städer, är ett sätt att förebygga. Utvecklingen går dock i motsatt riktning. Alltmer verksamheter, byggnader, etc placeras i översvämningzoner, vilket gör att de potentiella skadorna ökar.

En åtgärd för att minska översvämningrisken redovisas från Napa River i Kalifornien där ett tidigare utträtat vattendrag har restaurerats (Bechtol och Laurian, 2005). Arbetet planerades och utfördes med stort deltagande från många intressenter. Många vattendrag har blivit rätade för att öka flödeskapaciteten, men samtidigt har risken ökat för bl a översvämning nedströms och problem med stranderosion.

En studie av förebyggande riskhantering i Frankrike respektive England (Pottier m fl, 2004) undersökte särskilt hur länderna reglerar bebyggelse på översvämningbenägna strandområden (floodplains). Det visas att det franska statligt styrda systemet skiljer sig från det mer lokalt styrda engelska systemet, men gemensamt är att båda länderna inte har lyckats stå emot det tryck som finns att bebygga översvämningbenägna marker nära vattendrag.

Skadebegränsande insatser (eng. *mitigation*) är ofta det som är realistiskt att genomföra, med hänsyn till översvämningens karaktär. En viktig sak att notera är att begreppet *mitigation* har en helt annan innebörd inom klimatområdet. Där betecknas reduktion av utsläpp av växthusgaser som *mitigation*.

En typ av skadebegränsande insats är användningen av sk retention areas där en viss volym vatten kan lagras under höga flöden och därigenom mildra flödestopp. Ett projekt i Rhen redovisade planer på att ordna en retentionsarea på 21 km<sup>2</sup> som kunde lagra 26 milj m<sup>3</sup> vatten (Nijland, 2005). Ett annat exempel från Rhen (Bohm m fl, 2004) redovisade en flood risk management plan där floden delats upp i 8 "action areas" utifrån bl a möjligheter till vattenretention. Även för Elbe har ett retention-projekt planerats, men där med en volym på 250 milj m<sup>3</sup> (Förster m fl, 2005). Sex "poldrar" och ett floodplain till ett biflöde skulle användas som retention area. En ekonomisk värdering av skador inom retentionsarean i jämförelse med de skador ett alternativt flöde utan retention skulle orsaka visar att systemet med retention areas är mycket lönsamt.

Inom programmet RIMAX (2007) finns projekt som studerar problem med retentionsområden. Det kan t ex vara att förorenat vatten strömmar ner till grundvattenzonen och kan hota vattentäkter. Andra problem är att sedimentation av material kan ske över retentionsområdena.

Olika typer av invallningar kan också betraktas som skadebegränsande. Vallar ger ofta ett relativt bra skydd upp till vissa nivåer. Det finns dock problem och detta påtalades på ett kraftfullt sätt av Tobin (1995). Han skriver om invallningsprojekten som en stormig kärleksaffär. Vid en översvämning i amerikanska mellanvästern 1993 fallerade 70% av alla vallar, pga alltför höga vattennivåer. Stora skador uppstod på såväl jordbruksmark som urbana områden.

Tobin tar upp att vallar ger en relativt gott skydd och att de är billiga att bygga. Deras nackdelar är att de påverkar flödesregimen både uppströms och nedströms och ger förstärkta översvämningar på andra ställen längs vattendraget. Det förekommer också tekniska brister i design, konstruktion och underhåll.

Inom det tyska RIMAX-programmet pågår flera projekt om vallar. Bland annat studerar man hur rördräneringar på utsidan av vallar kan skapa en omättad zon på utsidan som ger bättre hållfasthet. Ett annat projekt studerar förstärkning av vallar med geotextil, där fiber-optiska sensorer finns invävda i textilen. Sensorerna skall kunna varna vid eventuell deformation.

Försäkringssystemet är en viktig komponent i samhällets hantering av naturolyckor. Kunreuther och Roth (1998) går igenom privat och offentligt försäkringssystem i USA, med utgångspunkt från naturolyckor. Ett problem är att viss egendom utsatt för stora risker inte är möjlig att försäkra. Författarna förespråkar att kombinationen av försäkring och mitigation behövs för att klara att ersätta skador. Browne och Hoyt (2000) beskriver att de flesta översvämningsskador som sker i USA är på oförsäkrad egendom. Benägenheten att teckna försäkring är positivt korrelerad till försäkringstagarnas inkomst. Därför ifrågasätter författarna om försäkring är det bästa sättet att skydda låginkomsttagare från översvämningsskador. Antalet sålda försäkringar stiger året efter att allvarliga översvämningar inträffat.

Sanders m fl (2005) redovisar hur stora totala och försäkrade förluster varit i Europa historiskt och under de senaste decennierna. De problematiserar också försäkringsbranschens behov av information om översvämningssriskerna. De viktiga frågorna som behöver svar är: var sker översvämningen, hur frekvent inträffar den och hur stor skada kan uppstå? Kompletterande viktig information är t ex hur djupt vattnet står, hur länge översvämningen varar och om det finns skyddsanordningar.

Förberedande arbete, strax innan en översvämning, spelar också stor roll för hur stora skadorna skall bli. En studie i Dresden vid Elbe, som haft svåra översvämningar 2002, 2005 och 2006, visade att 13% av hushållen hade gjort förberedelser inför översvämningen 2002, medan 67% hade gjort det inför översvämningen 2005 (Thieken m fl, 2007). Det visar på betydelsen av att ha upplevt en händelse för att vidta åtgärder.

Olika former av varningssystem är mycket viktiga redskap för att minska skador under översvämningar. Det finns dock olika svårigheter med att bygga upp människors förtroende för systemen så att varningarna tas på allvar. En studie från England och Wales (Parker m fl, 2007) pekade på fördelar med ett effektivt varningssystem, bland annat att undvika dödsfall, minska stress och oro och minska skadekostnader. Man fann dock en svag respons från allmänheten på översvämningssvarningar, delvis pga en allmän misstro till myndigheter. Ett sätt att höja tilltron till varningssystemen är att låta allmänheten vara delaktig i arbetet med att minska översvämningssrisker.

Engelska Environment Agency har en omfattande informations- och varningsverksamhet som bland annat bygger på information via Internet. De har också gjort en utvärdering av hur varningssystemet fungerar och hur responsen blir i samband med händelser (Fielding m fl, 2007). En enkät till 456 respondenter visade att medborgarna hade en bred och relativt realistisk syn på vad ett effektivt varningssystem är, som byggde på minskade psykologiska, fysiska och materiella skador. Myndigheten mätte effektivitet i förhindrandet av dödsfall och materiella skador. En annan slutsats var att de åtgärder som var lämpliga för ett hushåll kunde vara olämpliga för ett annat.

En studie från England (Speakman, 2008) tar upp kapaciteten hos räddningstjänsten under responsfasen vid översvämningar. De många översvämningar som drabbat England har frestat på kapaciteten hos UK Fire Service. Ett sårbarhetsindex togs fram för att identifiera sårbara platser under översvämningsepisoder. Även kommande klimatförändringar och fler förväntade översvämningar vägdes in i indexet.

Att lära från inträffade översvämningar tas upp bland annat av Barredo (2007) som pekar på behovet av omfattande, mångsidiga och standardiserade beskrivningar av inträffade översvämningar, detta som en bas för beslutsfattande och lärande. Som situationen i Europa är idag finns inte denna samlade information.

Olfert (2008) redogör för ett mycket omfattande system för att, efter händelser, utreda åtgärder som gjorts inom flood risk management. Han delar upp sina variabler, eller indikatorer, i fyra effektkategorier: socio-kulturella, ekonomiska, hydrologiska och ekologiska.

I Tabell 2 redovisas sammanfattningsvis ett antal exempel på åtgärder som kan vidtas före, under och efter händelser. Åtgärderna är delade på strukturella respektive icke-strukturella.



**Tabell 2. Exempel på åtgärder för att minska översvämningsrisker**

	Strukturell åtgärd	Icke-strukturell åtgärd
Före händelse	ex. permanenta tekniska skydd (vallar, dammar, pumpar, åtgärder i byggnader, erosions-skydd, etc), ändrad markanvändning inkl skapande av retentions-områden	ex. fysisk planering, ändrad normgivning, försäkring, utbildning, kapacitetsuppbyggnad, samverkansprocesser
Under händelse	ex. temporära barriärer, pumpar, evakuering av människor och djur	ex. stöd till utsatta, riskkommunikation
Efter händelse	ex. återuppbyggnad, sanering, anpassning av tekniska system	ex. olycksutredning lärande/utbildning

En utvecklad Flood Risk Management kräver såväl strukturella som icke-strukturella åtgärder inom de olika faserna (före, under, efter). För att kunna gå från cirkulärt förlopp kring enskilda händelser, till en mer spiralformad kunskapsuppbyggnad, pekar mycket på att det finns ett behov av kunskapsuppbyggnad och lärande både i strukturella och icke-strukturella åtgärder, t ex anpassning av system men också systematiskt undersökande och lärande (Schanze, 2006).

EU:s översvämningsdirektiv innehåller krav på riskanalyser, riskvärdering och åtgärder för att reducera översvämningsrisker. Åtgärder kommer att krävas i alla faser – före, under och efter. Åtgärdena skall vara formulerade i en s k Flood Risk Management Plan (FRMP).

## **Diskussion om kunskapsbehov**

En mycket viktig faktor som kräver forskning och kunskapsuppbyggnad är den klimatförändring som vi med mycket stor sannolikhet har framför oss. Förändringar i våra väder- och vattensystem har på många sätt stor betydelse för hela samhället. I Sverige kommer stora delar av landet att få större avrinning och betydande delar av landet också högre översvämningsflöden.

Det är inte bara översvämningsfarorna som förvärras utan också sårbarheten. Fenomenet att bygga på och exploatera "floodplains" syns över hela världen, men det leder till allt större inbyggd sårbarhet och risk för skador vid kommande översvämningar. I Sverige finns ett stort behov av utvecklade metoder att beräkna sårbarheter och potentiella skador. I flera europeiska länder har denna kunskap börjat komma fram. Det handlar både om direkta och indirekta kostnader, och även om så kallade "intangibles".

Metoder för att förmedla risker (faror och sårbarheter) behöver utvecklas. Ett viktigt verktyg är riskkartering, som också EU:s översvämningsdirektiv ställer krav på. Fortfarande är det oftast bara de översvämmade ytorna (dvs översvämningsfaran) som beskrivs i karteringar.

En effektiv riskhantering kräver integration av aktörer och beslut, till en sammanhållen förvaltning av avrinningsområden. Ett översvämningsystem bestående av ett vattensystem inklusive ekosystem, och ett stort antal aktörer och användare företrädesvis i de urbana områdena bildar en komplex väv. Integrering av aktörer och processer för att ha en bättre helhetssyn skall vara en självklarhet (t ex Schanze m fl, 2006). Utvecklade strategier måste ha en inbyggd flexibilitet eftersom klimat- och vattensystemen förändras med tiden, liksom det omgivande samhället.

En fråga som kommer att vara viktig framöver är det faktum att översvämningarna har sin dubbelhet: att de är en del av naturliga variationer i ekosystem samtidigt som de utgör allvarliga hot mot människor och samhälle. Genomförandet av EU:s vatten- och översvämningsdirektiv skall ske samordnat och där skall de olika direktivens målsättningar vägas mot varandra. I denna process krävs ny kunskap som beskriver eventuella konflikter men också som visar på möjligheter till positiv samordning.

## Referenser

- Adger WN, 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16:268-281.
- Andersson-Sköld Y, Nyberg H och Nilsson G, 2007. Förorenings-spridning vid översvämning – Etapp I. Varia rapport 576, Statens geotekniska institut.
- Arduino G, Reggiani P och Todini E, 2005. Recent advances in flood forecasting and flood risk assessment. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9:280-284.
- Baborowski M, von Tümpling jr W och Friese K, 2004. Behaviour of suspended particulate matter (SPM) and selected trace metals during the 2002 summer flood in the River Elbe (Germany) at Magdeburg monitoring station. *Hydrology and Earth System Sciences*, 8:135-150.
- Badoux A, Graf Ch, Rhyner J, Kuntner R och McArdell BW, 2008. A debris-flow alarm system for the Alpine Illgraben catchment: design and performance. *Natural Hazards* (in press).
- Balmforth D, 2008. Journal of Flood Risk Management: Editorial. *Journal of Flood Risk Management*, 1:1-2.
- Barredo JI, 2007. Major flood disasters in Europe: 1950-2005. *Natural Hazards*, 42:125-148.
- Barredo JI, Salamon P, Feyen L, Dankers R, Bódis K, De Roo A. 2008. Flood damage potential in Europe. Joint Research Centre, European Commission. ISBN 978-92-79-09769-0, DOI: 10.2788/95765.
- Bechtol V och Laurian L, 2005. Restoring straightened rivers for sustainable flood mitigation. *Disaster prevention and management*, 14(1):6-19.
- Benito G och Thorndycraft WR, 2005. Palaeoflood hydrology and its role in applied hydrological sciences. *Journal of Hydrology*, 313:3-15.
- Birkmann J, 2006. Measuring vulnerability to natural hazards – towards disaster resilient societies. UN University Press.
- Bohm HR, Haupter B, Heiland P och Dapp K, 2004. Implementation of flood risk management measures into spatial plans and policies. *River research and applications*, 20(3):255-267.
- Borgström I, Cousins S, Dahlberg AC och Westerberg L-O. 1999. The 1997 flash flood at Mount Fulufjället, west central Sweden: Geomorphic and vegetational investigations of Stora Göljån valley. *Geografiska annaler Serie A – Physical geography*, 81A(3):369-382.
- Bronstert A, Ghazi A, Hladny J, Kundzewicz Z och Menzel L, 1999. The Odra/Oder flood in summer 1997. Proceedings från RIBAMOD European Expert Meeting on the Oder flood 1997, EC Directorate for Science, Research and Development, Bryssel.

- Brouwer R och van Ek R, 2004. Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. *Ecological Economics*, 50:1-21.
- Brown JD och Damery SL, 2002. Managing flood risk in the UK: towards an integration of social and technical perspectives. *Transactions of the Institute of British Geographers NS*, 27:412-426.
- Browne MJ och Hoyt RE, 2000. The demand for flood insurance: Empirical evidence. *Journal of risk and uncertainty*, 20(3):291-306.
- Burningham K, Fielding J and Thrush D, 2008. 'It'll never happen to me': understanding public awareness of local flood risk. *Disasters*, 32:216-238.
- Coles S och Pericchi L, 2003. Anticipating catastrophes through extreme value modelling. *Applied Statistics*, 52:405-416.
- Coles S och Pericchi L, 2003. Anticipating catastrophes through extreme value modelling. *Journal of the Royal Statistical Society Series C – Applied Statistics*, 52:405-416.
- CRED, 2007. Annual Disaster Statistical Review - The Numbers and Trends 2007. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED), Belgien.
- CRUE ERA-NET, 2007. National research programmes on flood risk management across Europe - Key Messages. [http://www.crue-eranet.net/partner\\_area/documents/D2-1Brochure.pdf](http://www.crue-eranet.net/partner_area/documents/D2-1Brochure.pdf). Januari, 2007.
- DEFRA, 2006. Flood risks to people. Phase 2. Department Department for Environment, Food and Rural Affairs. London.
- de Moel H och Aerts JCJH, 2008. Flood maps in Europe: A comparative evaluation of methods, availability and application. Proceedings, 4<sup>th</sup> International Symposium on Flood Defence, Toronto, maj 2008.
- EG, 2007. Översvämningsdirektivet. EU-parlamentet och rådets direktiv 2007/60/EG, 23 okt 2007.
- Fielding J, Burningham K, Thrush D och Catt R, 2007. Public response to flood warning. DEFRA och Environment Agency, R&D Technical Report SC020116.
- FLOODsite, 2005. Language of risk. Project definitions. FLOODsite, Report T32-04-01. [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).
- FLOODsite, 2007. GIS-based Multicriteria Analysis as Decision Support in Flood Risk Management. FLOODsite, Report T10-07-07. [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).
- Förster S, Kneis D, Gocht M och Bronstert A. 2005. Flood risk reduction by the use of retention areas at the Elbe River. *Journal of river basin management*, 3(1).
- Gallopin G, 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, 16:293-303.
- Gentile F, Bisantimo T och Trisorio Liuzzi G, 2007. Debris-flow risk analysis in south Gargano watersheds (Southern-Italy). *Natural Hazards*, 44:1-17.

- Green C, 2004. The evaluation of vulnerability to flooding. *Disaster prevention and management*, 13(4):323-329.
- Hlavcova K, Kohnova S, Kubes R, Szolgay J och Zvolensky M, 2005. An empirical method for estimating future flood risks for flood warnings. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9:431-444
- ICE, 2001. Learning to live with rivers. The Institution of Civil Engineers, London. <http://www.ice.org.uk/rtfpdf/iceflooding.pdf>
- IPCC, 2007. Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability. Intergovernmental Panel on Climate Change, Working Group II. Summary Report.
- Janssen MA, Schoon ML, Ke W och Börner K, 2006. Scholarly networks on resilience, vulnerability and adaptation within the human dimensions of global environmental change. *Global Environmental Change*, 16:240-252.
- Jonkman SN och Vrijling JK, 2008. Loss of life due to floods. *Journal of Flood Risk Management*, 1:43-56.
- Jonkman SN, Vrijling JK och Vrouwenvelder ACWM, 2008. Methods for the estimation of loss of life due to floods: a literature review and a proposal for a new method. *Natural Hazards*, 46:353-389.
- Klein RJT, Nicholls RJ och Thomalla F, 2003. Resilience to natural hazards: How useful is the concept? *Environmental Hazards*, 5:35-45.
- Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2006. Översvämningshot – åtgärder och risker i Mälaren, Hjälmaren och Vänern. SOU 2006:94. Delbetänkande.
- Klimat- och sårbarhetsutredningen, 2007. Sverige inför klimatförändringarna - hot och möjligheter. SOU 2007:60. Slutbetänkande.
- Kobold M och Brilly M, 2006. The use of HBV model for flash flood forecasting. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 6:407-417.
- Kreibich H, Thielen AH, Petrow Th, Müller M och Merz B, 2005. Flood loss reduction of private households due to building precautionary measures -- lessons learned from the Elbe flood in August 2002. *Natural Hazards and Earth System Science*, 5: 117-126.
- Kundzewicz ZW, 2002. Non-structural flood protection and sustainability. *Water International*, 27:3-13.
- Kundzewicz ZW och Kaczmarek Z, 2000. Coping with hydrological extremes. *Water International*, 25:66-75.
- Kundzewicz ZW och Kowalczak P, 2008. Great Oder/Odra flood in 1997 – Ten years after. Proceedings, 4<sup>th</sup> International Symposium on Flood Defence, Toronto, maj 2008.
- Kunreuther H och Roth RJ, 1998. Paying the price – The status and role of insurance against natural disasters in the United States. Joseph Henry Press, Washington.
- Levy JK, 2005. Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19:438-447.

- Levy JK och Hall J, 2005. Advances in flood risk management under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19:375-377.
- Lin Z, Levy JK, Xu X, Zhao S och Hartmann J, 2005. Weather and seasonal climate prediction for flood planning in the Yangtse River Basin. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 19:428-437.
- Messner F och Meyer V, 2006 Flood damage, vulnerability and risk perception – Challenges for flood damage research. Ur: Schanze J, Zeman E och Marsalek J. Flood risk management – Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. NATO Science Series – IV. Earth and Environmental Sciences, vol 67.
- Messner F, Penning-Rowsell E, Green C, Meyer V, Tunstall S, van der Veen A, 2007. Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods. FLOODsite, Report T09-06-01. [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).
- Meyer, 2007. GIS-based multicriteria analysis as decision support in flood risk management. FLOODsite rapport T10-07-07.
- Mosquera-Machado S och Dillely M, 2008. A comparison of selected global disaster risk assessment results. *Natural Hazards* (in press).
- Nijland HJ, 2005. Sustainable development of floodplains (SDF) project. *Environmental science and policy*, 8:245-252.
- Nirupama N och Simonovic SP, 2007. Increase of flood risk due to urbanisation: A Canadian example. *Natural Hazards*, 40:25-41.
- Olfert A, 2008. Guideline for ex-post evaluation of measures and instruments in flood risk management. FLOODsite, Report T12-07-03. [www.floodsite.net](http://www.floodsite.net).
- Parker D, Tapsell S och McCarthy S, 2007. Enhancing the human benefits of flood warnings. *Natural Hazards*, 43:397-414.
- Pitt M, 2008. Floods Review. [http://archive.cabinetoffice.gov.uk/pittreview/the\\_pitt\\_review/final\\_report.html](http://archive.cabinetoffice.gov.uk/pittreview/the_pitt_review/final_report.html)
- Pottier N, Penning-Rowsell E, Tunstall S och Hubert G, 2004. Land use and flood protection: contrasting approaches and outcomes in France and in England and Wales. *Applied Geography*, 25:1-27.
- Ribatet M, Sauquet E, Grésillon J-M och Ouarda TBMJ, 2007. A regional Bayesian POT model for flood frequency analysis. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 21:327-339.
- RIMAX, 2007. Risk management of extreme flood events. RIMAX – GFZ, Potsdam. Andra upplagan.
- Samuels PG, 2006. A European perspective on current challenges in the analysis of inland flood risk. Ur: Schanze J, Zeman E och Marsalek J. Flood risk management – Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. NATO Science Series – IV. Earth and Environmental Sciences, vol 67.

- Sanders R, Shaw F, MacKay H, Galy H och Foote M, 2005. National flood modelling for insurance purposes: using IFSAR for flood risk estimation in Europe. *Hydrology and Earth System Sciences*, 9:449-456.
- Schanze J, 2006. Flood risk management – A basic framework. Ur: Schanze J, Zeman E och Marsalek J. Flood risk management – Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. NATO Science Series – IV. Earth and Environmental Sciences, vol 67.
- Schanze J, Zeman E och Marsalek J, 2006. Flood risk management – Hazards, Vulnerability and Mitigation Measures. NATO Science Series – IV. Earth and Environmental Sciences, vol 67.
- Seibert J, 2003. Reliability of model predictions outside calibration conditions. *Nordic Hydrology*, 34:477-492.
- Socialstyrelsen, 2006. Översvämningarna i Tjeckien och östra Tyskland 2002. KAMEDO-rapport 88, Socialstyrelsen.
- Speakman D, 2008 Mapping flood pressure points: assessing vulnerability of the UK Fire Service to flooding. *Natural Hazards*, 44:111-127.
- SRV, 2002. Handbok för riskanalys. Räddningsverket, Karlstad.
- Sudhaus D, Seidel J, Bürger K, Dostal P, Imbery F, Mayer H, Glaser R och Konold W, 2008. Discharges of past flood events based on historical river profiles. *Hydrology and Earth System Sciences*, 12:1201-1209.
- Thieken AH, Kreibich H, Muller M och Merz B, 2007. Coping with floods: preparedness, response and recovery of flood-affected residents in Germany in 2002. *Hydrological Sciences Journal*, 52:1016-1037.
- Tobin GA, 1995. The levee love affair: A stormy relationship? *Water Resources Bulletin*, 31:359-367.
- Todhunter PE, 2008. The Red River valley flood of 1997: A call for worstcase scenario approaches to flood risk management. Proceedings, 4<sup>th</sup> International Symposium on Flood Defence, Toronto, maj 2008.
- Vedin H, Eklund A och Alexandersson H. 1999. The rainstorm and flash flood at Mount Fulufjället in August 1997: The meteorological and hydrological situation. *Geografiska annaler Serie A – Physical geography*, 81A(3):361-368.
- Zerger A och Wealands S, 2004. Beyond modelling: Linking models with GIS for flood risk management. *Natural Hazards*, 33:191-208.

