

FORSKNING

Genomförbarhet, objektivitet och transparens i kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion

- Hazus MH Floods



Faktaruta

Genomförbarhet, objektivitet och transparens i kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion

2018 - 2020

Karlstads universitet

Tonje Grahn

Hazus MH är ett multidisciplinärt tillvägagångssätt för riskbedömning av naturolyckor. Projektet har analyserat metodologin med tillhörande programvara med avseende på överförbarhet och tillämpning till svenska förhållanden. Metodologin har bedömts generell och direkt användbar. Programvaran har tillämpats i ett fallstudieområde i Sverige men anses för nuvarande enbart användbar för forskare och utvecklare.

MSB:s kontaktpersoner:

Barbro Näslund Landenmark 010-240 50 50

Ulrika Postgård, 010-240 50 33

Foto: Johan Eklund, MSB

Publikationsnummer MSB1624 – oktober 2020

ISBN 978-91-7927-070-4

MSB har beställt och finansierat genomförandet av denna forskningsrapport. Författarna är ensamma ansvariga för rapportens innehåll.

Förord

När man forskar på en multidisciplinär modell som Hazus så kan det till tider bli tungt för en ensam forskare. Hazus utvecklades under lång tid av en stor grupp experter inom sina områden, bland annat hydrologi, ekonomi, datavetenskap, GIS, och samhällsvetenskap. Hade jag anat vilka utmaningar jag skulle behöva ta mig förbi för att besvara projektets frågeställningar hade jag antagligen funderat ett varv till innan jag begav mig in i detta, men med hjälp av goda kollegor, duktiga examensarbetare och imponerande effektiva riskanalytiker på FEMA så har forskningsfrågor kunnat besvaras och ett givande och hållbart samarbete med FEMA har etablerats. Tack så mycket till Marcus Bjerknes med installationsstöd, till Marcus Thorell, Mattias Andersson, och Jan Haas för GIS stöd, till Andreas Pettersson kring kommunikation och som allmänt bollplank och till Jesse Rozelle och Casey Zusack för deras villighet att dela med sig av sin expertis. Slutligen vill jag tacka MSB som har stöttat mitt forskningsprojekt genom projektfinansiering och engagemang under projektiden.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	6
1.1 Bakgrund	6
1.2 Hazus MH	6
2. Metod	8
3. Resultat	9
3.1 Utveckling av Hazus i USA: Processen från ritbord till tillämpbar modell	9
3.1.1 Kostnads-nytta i Hazus	10
3.1.2 Hazus Internationella applicering	11
3.2 Hazus Floods- svensk tillämpning	11
3.2.1 Val av fallstudieområde	11
3.2.2 Kvantitativ riskbedömning - Resultat	12
3.2.3 Fallstudie Karlstad - Slutsatser	13
4. Slutsatser	14
4.1 Slutsats- Hazus metodologi	14
4.1.1 Potential och utmaningar	14
4.2 Slutsats - Hazus Floods programvara	15
4.2.1 Potential och utmaningar	15
5. Vidare forskning	16
5.1 Hazus svensk tillämpning	16
5.1.1 Skadefunktioner	16
5.2 National Risk Index	16
Bilaga 1: Leveranser & fördjupad information	18
Referenslista	19

Sammanfattning

Hazus MH (Hazard U.S. – Multi Hazard) är ett tillvägagångssätt för riskbedömning av översvämning, jordbävning, orkan och tsunami som används för riskhantering av naturolyckor i USA på lokal och regional nivå. Syftet med det här postdoc-projektet har varit att analysera överförbarhet och tillämpbarhet av Hazus översvämningsmetodologi Hazus MH Floods med tillhörande programvara till Sverige och svenska förhållanden.

Hazus erbjuder ett standardiserat och effektivt tillvägagångssätt för kvantitativ riskbedömning. Hazus-metodologin är generell och bedöms kunna implementeras i Sverige som kvantitativ riskbedömnings-metod på alla nivåer och potentiellt även ligga till grund för utveckling av programvara för effektivisering av sådan riskbedömning. När det gäller Hazus egen programvara bedöms även denna ha stor potential att användas i Sverige. Detta kräver dock bland annat anpassning av svenska data till Hazus format, i nuläget en manuell och tidskrävande process.

På ett övergripande plan begränsas Hazus överförbarhet och tillämpbarhet av att det i Sverige finns ett stort utvecklingsbehov av sårbarhetsanalys, framför allt av framtagande och insamling av kvantitativa data som kan ligga till grund för sådan analys.

Projektet har, utöver konkreta resultat, medfört etableringen av ett forsknings-samarbete mellan Centrum om samhällets risker, CSR, och FEMA samt bidragit till att utveckla samarbete mellan MSB och FEMA inom översvämningsområdet. Resultaten från forskningsprojektet ligger till grund för ett nytt forskningsprojekt vid CSR: "Kvantitativ riskanalys av naturolyckor – Hazus och National Risk Index", även detta finansierat av MSB och i nära samarbete med FEMA.

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

I Sverige förväntas klimatförändringar orsaka ändrade nederbördsmonster med torrare somrar men med ökad frekvens av extremnederbörd som kan orsaka översvämningar (Hernebring och Mårtensson 2013, Hernebring et al. 2012, Wern 2012). Sådana naturolyckor utgör ett hot mot människor, miljö och samhälle. Antal skador och ekonomiska förluster har ökat världen över (EM-DAT 2016). Konsekvenserna förväntas fortsätta att öka på grund av klimatförändringar (IPCC 2014, Nikulin et al. 2011, Guha-Sapir och Vos 2011) men också på grund av urbanisering, befolkningsökning och ekonomisk tillväxt (Guha-Sapir och Vos 2011). Denna trend har också påvisats i Sverige då vi har sett en ökning av antal fall som rapporteras till försäkringsbolag pga. extrem nederbörd och översvämningar (Grahn 2017).

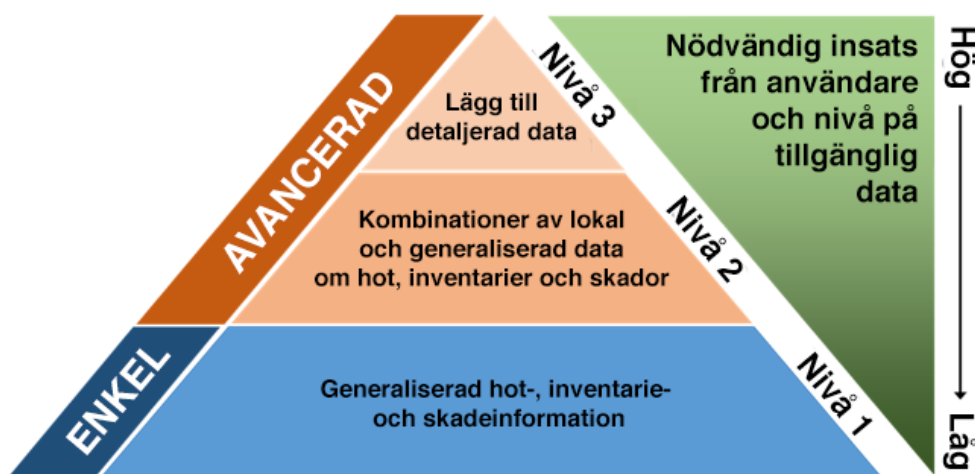
Konsekvenser till följd av översvämningar måste hanteras genom att förebygga, minimera eller acceptera och återuppbygga. I Sverige ligger en stor del av ansvaret för att förebygga och hantera olyckor på kommuner och centrala myndigheter (MSB 2014), och riskreduktion måste ofta bekostas med offentliga medel. Våra offentliga medel är dock begränsade och även om olyckor i första hand ska förebyggas så räcker inte offentliga resurser till att förebygga alla sorters risker. För att fatta bästa möjliga beslut under risk behövs tillförlitliga och genomförbara metoder och tillvägagångssätt för riskbedömningar för att ge objektiva stöd till beslutsfattare rörande bl.a. effektivitet av åtgärder och anpassningsstrategier. Riskhantering av naturolyckor skulle förbättras om formaliserade och standardiserade metoder användes i beslutsfattande (Simpson et al. 2016). I Sverige saknas standardiserade kvantitativa tillvägagångssätt för riskbedömning av översvämning som inom samma metod förhåller sig till både hot och konsekvenser av det samma, och som gör utfallen jämförbara över tid och plats. I USA finns dock lång erfarenhet av att använda sig av mer heltäckande kvantitativ analys som beslutsunderlag vid riskreduktion. FEMA (Federal Emergency Management Agency) har utvecklat metodologin Hazus MH, Hazard United States Multi Hazard, med tillhörande programvara för riskbedömning av naturolyckor i USA. Hazus gör kvantitativ och ekonomisk riskbedömning tillämpbart för riskhanterare på olika myndighetsnivåer men också för privata aktörer och andra organisationer. Detta projekt har analyserat överförbarhet och tillämpbarhet av Hazus MH Floods metodologi, med tillhörande programvara, till svenska förhållanden.

1.2 Hazus MH

Hazus MH metodologi är en integrerad modell som syftar till att identifiera och kvantifiera naturolycksrisk, med avseende på människor, egendom och infrastruktur, för att stödja beslutsfattande kring förebyggande, planering, beredskap, och återuppbyggnad i riskutsatta områden. Metodologin och det

verktyg som programvaran är har många målgrupper som kan delas in i två grupper, genomförare (ex. riskanalytiker, och forskare) och användare (ex. beslutsfattare och kommunikatörer). Scawthorn et al. (2006) beskriver hur HAZUS huvudsakligen består av de två processerna: 1) analys av översvämning (hazard), där rumslig variation av vattnets djup och hastighets för ett givet område kartläggs, och 2) konsekvensanalys, där direkta skador och förluster på byggnader, infrastruktur, fordon och jordbruk skattas. Även behov av tillfälligt boende kan uppskattas utifrån mängd befolkning som exponeras för en översvämning (sistnämnda möjligen inte så relevant med avseende på svenska översvämningar för närvarande). Direkt skada och förluster på byggnader skattas med hjälp av så kallade skadefunktioner (depth-damage or vulnerability curves). En skadefunktion beskriver relationen mellan ett översvämningshot, t.ex. en vattennivå, och ett skadeutfall, dvs är länken mellan hotet och den potentiella negativa effekten på exponerade objekt och är avgörande för utfallet av den kvantitativa riskbedömningen. Genom Hazus får analytiker tillgång till mer än 900 olika skadefunktioner baserade på amerikanska förhållanden gällande byggnader. De kan bidra till att anpassa önskade scenarion. För utförlig beskrivning av skadefunktioner och deras roll i riskbedömning se (Grahn 2020a).

I programvaran finns möjlighet att göra analys på tre olika nivåer som kräver olika expertis (fig. 1). Nivåerna sig också med avseende på databehov och tidsåtgång.



Figur 1: Beskrivning av analysnivåer i Hazus MH Floods med avseende på expertis, databehov, och tidsåtgång

Hazus är fritt nedladdningsbart på FEMAS hemsida. ESRI's ArcGIS, vilket är en kommersiell produkt, är dock för närvarande nödvändigt för att kunna köra Hazus. Sedan open source GIS produkter av hög kvalitet har blivit tillgängliga har FEMA ett pågående arbete med att flytta Hazus från en ArcGIS plattform till en open source GIS plattform, vilket då kommer att göra Hazus ännu mer tillgängligt än det har varit. För mer detaljerade beskrivningar av metodologi, skadefunktioner, eller databehov i Hazus rekommenderas Grahn (2020a; 2020b) eller Thorell och Andersson och (2019).

2. Metod

För att analysera Hazus vetenskapliga uppbyggnad och förankring har mängder med litteratur granskats. Såväl kollegiegranskat (peer-reviewed) internationellt publicerade artiklar som myndighetsrapporter, manualer, och opublicerat arbetsmaterial som har tillhandahållits av bl.a. FEMA. Intervjuer och samtal med riskanalytiker som utvecklar och använder Hazus MH har genomförts för att få förståelse och insikt i hur Hazus för nuvarande tillämpas, vilka begränsningar och möjligheter som metodologin och programvara i praktiken upplevs ha, och för att få information om hur Hazus ska utvecklas framöver i USA. Självstudier i Hazus mjukvara med amerikanska data förberedde en applicering av Hazus i Sverige med svenska indata. Upprepade workshops ligger till grund för genomförande av analys med svenska data i Hazus mjukvara. Et antal olika metoder har använts för de specifika delaktiviteterna i forskningsprojektet. Dessa lyfts inom respektive rapporter och manuskript (se bilaga 1: Fördjupad information och läsning).

3. Resultat

3.1 Utveckling av Hazus i USA: Processen från ritbord till tillämpbar modell

FEMA har lyckats ta fram en standardiserad metodologi för riskbedömning av översvämning med tillhörande mjukvaruverktyg. Lärdomar kan hämtas från att studera Hazus utvecklingsprocess. Utveckling av Hazus- MH metodologin började på tidigt 90-tal med ett fokus på jordbävningar. Utvecklingen finansierades av FEMA, och leddes av National Institute of Building Sciences (NIBS), under översyn av utnämnda kommittéer. Hazus programvara för jordbävningar släpptes första gången 1997 (Schneider et al. 2006). Utveckling av HAZUS översvämningsmetodologi och programvara följde i spåren av denna och utvecklingen kan i princip sägas genomgått två faser. Fas 1 påbörjades år 1997. Efter önskemål från FEMA tillsatte NIBS en kommitté för att bevaka utvecklingen (The Flood Committee). Kommittén hade i uppdrag att ge teknisk vägledning och assistera i val av konsulter. Mycket av det praktiska arbetet med utveckling av Hazus MH har därmed genomförts av konsulter under översyn av olika kommittéer. Projektet övergick till fas 2 under 1999 med bl.a. identifiering av användarbehov, insamling och behandling av data, och programmering (kodning) och test av mjukvara. Det ansågs vara mycket stora metodologiska framgångar när det lyckades ta fram metoder för att modellera översvämning vid vattendrag och kust, och när de lyckades ta fram skadefunktioner för att bedöma skador för alla kategorier av byggnader och samhällsviktig verksamhet (Schneider och Schauer 2006).

Hazus mjukvara för översvämning släpptes tidigt 2004. Två år innan, dvs år 2002, släpptes ett verktyg för översvämningsinformation (Flood Information Tool, FIT), för att användare skulle kunna börja samla och sortera översvämningsdata och annan information av relevans för riskanalyser och därmed skapa ett homogent underlag för framtida analyser för nivå 2-analyser. Utveckling av programvara har varit djupt förankrat i den teoretiska metodologin för HAZUS. Utvecklingen av Hazus metodologi med tillhörande mjukvara har varit ett lyckat samarbete mellan FEMA, the national Institute of Building Sciences, fyra tekniska kommittéer, användargrupper, tre primära tekniska konsulter, och många andra konsulter på övriga områden. Sedan mjukvaran först släpptes år 2004 har uppdatering av Hazus MH-flood varit ett pågående arbete för att förbättra verktyget utifrån ny kunskap, ny information och ny teknik. Mycket av det praktiska utvecklingsarbetet genomförs fortfarande av konsulter på uppdrag av FEMA. Under senare år görs detta arbete under överseende av FEMA's Natural Hazards Risk Assessment Program under FEMA's Risk Management Directorate. FEMA tillhandahåller programvaran och ansvarar för underhåll och uppdatering. De erbjuder utbildning i Hazus för användare (<https://www.fema.gov/hazus-mh-training>). De erbjuder också teknisk support via sin hemsida, genom inspelat informationsmaterial och via e-post. Från forskningsprojektets början 2018

och fram till nu har innehåll i Hazus programvara gått från att vara tillgänglig enbart för amerikanska invånare till att öppna upp mer mot internationell användning. Det finns ett nytt utåtriktat intresse från FEMA att lyssna in internationella behov och erbjuda support även till internationella användare (i mån av tid). Detta speglas även i FEMA's utvecklingsstrategi för Hazus där det finns en tidsplan och ett pågående arbete för att skapa Open Hazus. Att flytta Hazus från ESRI's ArcGIS plattform till en öppen plattform förväntas innebära fördelar både för FEMA och för Hazus användare bl. a. genom att FEMA blir oberoende av ESRI och Hazus blir mer tillgängligt för alla användare.

Fas 1	Fas 2
<ul style="list-style-type: none"> - Noggrann genomgång av existerande metoder och verktyg för riskbedömning - Utvecklande av ny metodologi baserat på granskningen - Test av metodologin i 6 samhällen i regioner med olika översvämningsförhållanden 	<ul style="list-style-type: none"> - Identifiering av användares behov - Vidareutveckling av metodologin och tillhörande algoritmer med avstamp i Fas 1 och användarbehov - Inhämta data - Bearbetning av data - Programmering av mjukvara - Test av algoritmer och data i ett geografiskt informationssystem

Tabell 1: Sammanfattning av utvecklingsprocess för Hazus

3.1.1 Kostnads-nytta i Hazus

I nuvarande amerikanska tillämpning av Hazus används programvaran sällan i syftet att genomföra kostnads-nyttoanalyser. Från det att programvara och metodologi parallellt utvecklades har programvaran anpassats till användarnas behov. Vid ansökning av finansiellt stöd för riskreduktion hos federala myndigheter, krävs det att den sökande parten har genomfört en kostnyttoanalys som visar på en positiv samhällsekonomisk lönsamhet. De har inget krav på sig att genomföra kostnads-nyttoanalysen i Hazus eller annan mjukvara men FEMA erbjuder ett stöd och en mall för kostnads-nyttoanalys som ligger utanför Hazus programvara. Det är en Excel baserat mall med tillhörande manual för vägledning kring monetära värden (FEMA 2016).

Det finns dock möjligheter att använda Hazus-analyser till kostnads-nyttoanalys av riskreduktion. Detta kräver dock två eller flera körningar i Hazus beroende på antal åtgärder och deras uppskattade effekter på översvämningssexponering. Körning 1 blir då en modellering av monetära förluster av översvämnung utan implementering av åtgärd. Övriga körningar blir modellering av monetära förluster efter implementering av åtgärd för riskreduktion. Nyttan av en åtgärd blir då mellanskillnaden mellan monetära förluster med och utan åtgärd (körning 2 – körning 1).

3.1.2 Hazus Internationella applicering

Hazus-metodologi och programvara har tidigare testats, överförs och anpassats till andra länder, t.ex. Israel (Levi et al. 2010), Venezuela (Bendito et al. 2014), Nepal (Rozelle 2018), Kanada (McGrath et al. 2015, Nastev and Todorov 2013), England och Tyskland (Jongman et al. 2012). Överföring och anpassning gäller dock i huvudsak Hazus för jordbävningar (t.ex. Rozelle 2018, Bendito et al. 2014 och Levi et al. 2010). Jongman et al. (2012) använde Hazus översvämningmodell i en jämförande studie där sju olika riskbedömningsmodeller applicerades för att skatta redan inträffade skador i två områden (Eilenburg i Tyskland och Carlisle i England). Studien beskriver dock inte anpassningsprocessens ex. hur lokala karakteristika har tillgodosetts i studien. Studien visade på att Hazus-modellen underskattade den faktiska förlusten i de båda områdena men drar också slutsatsen att det objektbaserade tillvägagångssättet i Hazus visar på en flexibilitet som faktiskt möjliggör anpassning av modellen till regionala variationer.

Kanada har efter vetenskapliga studier och avtal med FEMA framgångsrikt överfört Hazus översvämningmodell. Anpassning har gjorts med hjälp av områdesspecifik information om översvämningar, markanvändning, och byggnadskarakteristika specifikt för Kanada (McGrath et al. 2015, Nastev and Todorov 2013). Utmaningar efter anpassning har varit relaterat till drift och underhåll av programvaran. Vidare har Kaveckis och Paulus (2011; 2013) dryftat Hazus potential i samband med EU:s Översvämningdirektiv (Direktiv 2007/60/EG). Kaveckis och Paulus har ett stort fokus på process 1 i Hazus dvs. modellering av översvämningshotet men lyfter också utmaningar relaterat till behov av regionala skadefunktioner för förlustbedömning och manuella processer för datahantering.

3.2 Hazus Floods- svensk tillämpning

Fallstudien förutsätter att installation av Hazus har gjorts och att en studieregion har skapats. För mer information om detta se Thorell och Andersson (2019) och Svensk Manual för Installation av Hazus (2020). För redogörelse av indata och databearbetning för riskbedömning av översvämning i den svenska tillämpningen se (Grahn 2020b).

3.2.1 Val av fallstudieområde

Karlstad har en känd översvämningrisk. Karlstad är beläget vid Väneren och ligger på delar av Klarälvens delta. Läget innebär att det finns stora kvalitéer i boende och andra verksamheter som starkt bidrar till stadens attraktivitet och utveckling. Samtidigt innebär läget att centrala Karlstad och stadsdelarna längs Klarälven är utsatta för översvämningrisker. Utöver enbart den kända översvämningrisken så valdes Karlstad utifrån forskarens tillgång till indata och lokalkännedom om området som i genomförande av studien var av största nödvändighet för att göra realistiska antaganden där svenska standardiserade data inte var tillräckligt informativa för att ge meningsfulla resultat i Hazus riskbedömning. Tabell 2 nedan visar vilken typ av input data som kan hanteras i Hazus programvara och vilken påverkan som kan analyseras. Rutor med röda

ramar visar vilken typ av input data som tillämpats och analyserats i fallstudie, Karlstad. Tabell 2 visar att det finns en stor oanvänd potential i programvaran. Detta beror dels på att svenska datamotsvarigheter inte finns eller att dataformatet i nuläget inte är kompatibelt med Hazus programvara.

Hazus Capabilities	Earthquake Ground Shaking Ground Failure	Flood Frequency Depth Riverine Coastal Surge	Hurricane Wind Surge	Tsunami Depth Momentum Flux Runup Velocity
Inputs				
Historic	✓		✓	
Deterministic	✓	✓	✓	✓
Probabilistic	✓	✓	✓	
User-supplied	✓	✓	✓	✓
Other supported inputs	Real-time & scenario USGS ShakeMaps	Risk MAP, User-supplied depth grids (ArcGRID, GeoTIFF, IMAGINE), HEC-RAS (.FLT)	Hurrevac, User-supplied wind files (.dat)	NOAA PMEL SIFT, State models
Direct Damage				
General Building Stock	✓	✓	✓	✓
Essential Facilities	✓	✓	✓	
Transportation Systems	✓	✓		
Utility Systems	✓	✓		
User-Defined Facilities	✓	✓	✓	✓
Induced Damage				
Fire Following	✓			
Debris Generation	✓	✓	✓	
Direct Losses				
Cost of Repair	✓	✓	✓	✓
Income Loss	✓	✓	✓	✓
Agricultural		✓		
Casualties	✓			✓
Shelter and/or Evacuation Needs	✓	✓	✓	✓
Average Annualized Loss (AAL)	✓	✓	✓	

Tabell 2: Hazus Capabilities

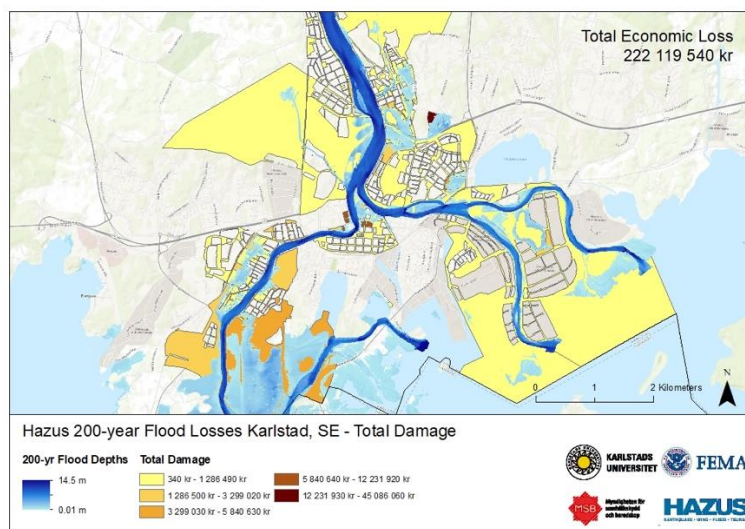
3.2.2 Kvantitativ riskbedömning - Resultat

Riskbedömningen av översvämning i Karlstad är enbart en test av tillämpbarhet och genomförbarhet av Hazus i Sverige. Resultaten av riskbedömningen kan INTE användas som beslutsunderlag i sin nuvarande form och ska enbart användas i forsknings- och utvecklingssyfte. Riskbedömning har gjorts av översvämning utifrån följande flöden: 50-år, 100-år, 200-år, och högsta beräknade flöde (BHF). Amerikanska schabloner har använts för att uppskatta monetära skador i avsaknad av svenska motsvarigheter. Den monetära värderingen inkluderar inte skada på vägnätet utan enbart skattad skada på byggnader och inventarier. Tabell 3 sammanställer kostnaderna för de olika återkomsttiderna (i dollar).

Återkomsttid	Förlust Byggnad	Förlust inventarier	Totalt
50-årsnivå	\$0	\$0	\$0
100-årsnivå	\$3 835 693	\$2 683 059	\$6 518 752
200-årsnivå	\$11 717 868	\$10 868 126	\$22 585 994
BHF	\$337 019 502	\$436 577 148	\$773 596 650

Tabell 3: Monetära förluster i fallstudieområdet

När Hazus tillämpas i USA är det vanligt att resultaten sammanställs i rapportmallar som genereras automatiskt i programvaran. Dessa rapportmallar innehåller standardiserade textavsnitt, tabeller och kartor. Denna möjlighet finns för nuvarande inte i den svenska tillämpningen. Resultaten kan dock sammanställas i kartbilder. Figurerna 6, 7, och 8 är exempel på hur resultaten av fallstudien kan redovisas. Kartbilderna kan redigeras i Hazus och i figurerna nedan har skadekostnader räknats om från US dollar till svenska kronor.



Figur 2: Resultat av riskbedömning. Total förlust, skadekostnad till följd av 200-årsnivå i Klarälven

3.2.3 Fallstudie Karlstad - Slutsatser

- Fallstudie Karlstad visar att Hazus programvara kan tillämpas på ett svenskt riskområde och med svenska data
- Det är mycket troligt att amerikanska skadefunktioner överskattar de faktiska skadekostnaderna för de analyserade scenarierna (förutom för 50-årsnivån)
- Resultaten av riskbedömningen kan inte användas som beslutsunderlag i sin nuvarande form och ska enbart användas i forsknings-och utvecklingssyfte
- Riskbedömning med Hazus programvara med svenska data är för nuvarande en väldigt tidskrävande process
- Det finns en stor utvecklingspotential med avseende på användning av Hazus Floods metodologi, automatisering av dataanpassningprocesser eller i att använda Hazus MH Floods metodologi och programvara som mall för utveckling av en svensk programvara för helhetsbedömning av översvämning

4. Slutsatser

4.1 Slutsats- Hazus metodologi

Hazus-metodologin är generell och kan implementeras som kvantitativ riskbedömningsmetod på alla nivåer, från lokal till internationell nivå. Metodiken står för sig själv, oberoende av mjukvara, och kan i princip genomföras manuellt. I all sin enkelhet så innebär metoden att:

1. Uppskatta sannolikheter för typ översvämning (probabilistisk), eller bestämma ett potentiellt scenario att utgå ifrån (deterministisk), och kombinerar detta med
2. En beskrivning av det som befinner sig inom det potentiellt drabbade området ex. byggnader, infrastruktur och människor, och
3. uppskattning av det exponerade områdets sårbarhet vid översvämning, ex. hur stor andel skadas eller vad är det monetära värdet av skadorna.

Punkt 2 och 3 utgör tillsammans en beskrivning av potentiella konsekvenser. Paralleller kan dras till MSB vägledning för RSA (MSB, 2014) om man enbart skulle välja de kvantitativa metoderna för att uppskatta sannolikhet för översvämning och konsekvenserna av det samma.

4.1.1 Potential och utmaningar

Potential

Metodiken erbjuder ett standardiserat tillvägagångssätt för kvantitativ riskbedömning av naturolyckor som användas i sin nuvarande form eller ex. ligga till grund för utveckling av tillhörande mjukvara.

Utmaningar

Utmaningarna med metodiken ligger i databehovet och osäkerheter/kunskapsluckor kring exponerade områdets sårbarhet vid översvämning. Med databehov så avses all den information som måste hämtas från olika källor och sammanställas, vilket kan vara enormt tidkrävande. Vad gäller osäkerhet vid sårbarhet för översvämning så behövs mer forskning för att fylla nuvarande kunskapsluckor. Forsknings behövs för att kvantitativt uppskatta byggnaders, infrastrukturens och människors sårbarhet vid översvämning, och för att kunna uttala sig kvantitativt om osäkerheterna i dessa uppskattningar. Ett krafttag på bred front behövs för att lyfta nivån på kvantitativa riskbedömningar av naturolyckor i Sverige. För detta krävs transdisciplinär förankring och samverkan mellan svenska myndigheter och andra organisationer.

4.2 Slutsats - Hazus Floods programvara

Hazus programvara för riskbedömning av översvämning har specifika systemkrav. För fullständiga specifikationer och instruktioner för användning av Hazus mjukvara se Hazus- svensk manual (2020). Manualen är ett ”levande” dokument och uppdateras allt eftersom ny information och kunskap tillkommer. Examensarbetet av Andersson och Thorell (2019) ger en fördjupad bild av systemkrav och inställningar nödvändiga för att installera, öppna och möjliggöra en körning av Hazus programvara.

4.2.1 Potential och utmaningar

Sammanfattningsvis är det viktigt att lyfta fram att Hazus är ett GIS-baserat verktyg och vilar för nuvarande på plattformen ArcGIS 10.5.1 och därmed också Windows 10. Alla databaser och måttenheter är också baserat på amerikanska format och standards. USA använder traditionella amerikanska mått (United States Customary Units (USCS)). I Hazus mjukvara för översvämning används exempelvis fot (feet, ft) för att mäta översvämningdjup och monetära mått på översvämningsskada uttrycks i amerikanska dollar (\$).

Det finns ett antal utmaningar av teknisk karaktär som i nuläget är barriärer för implementering och tillämpning av Hazus programvara i Sverige. Dessa barriärer är dock inte första hand ett utvecklingsområde för forskning utan kan lösas i form av konsultuppdrag med rätt expertis.

Potential

Med automatiserade processer för installation och import av svenska data i Hazus kan programvaran erbjuda ett standardiserat och effektivt tillvägagångssätt för riskbedömning av översvämning i Sverige. En annan möjlighet är att använda de lärdomar man nu har om processer för att ta fram och bygga upp välfungerande programvara till att bygga en egen programvara för svenska förhållanden och svenska dataformat.

Utmaningar

I nuläget är det en tidkrävande process att installera och importera data till Hazus som också kräver grundläggande kunskaper i databashantering och programmering.

Eftersom FEMA ”äger” programvaran så har svenska användare ingen kontroll över, eller påverkan på, när utveckling och uppdatering av mjukvaran inträffar. Man kan riskera att lägga tid och resurser på att ta fram automatiserade processer för installation och dataimport som snabbt blir utdaterade.

5. Vidare forskning

Forskningen fortsätter. Projektet kommer att genomföras på halvtid ytterligare två år. Inriktning på National Risk Index (NRI) och fortsatt utveckling av fallstudie Karlstad. Skadefunktioner, syntetiska. Validering FEMA skadefunktioner.

5.1 Hazus svensk tillämpning

Vidare forskning kommer bl.a. att bygga vidare på fallstudie Karlstad. Ett nästa steg i att tillämpa Hazus i Sverige är att modellera svenska skadefunktioner för typbyggnader i Sverige i syfte att ersätta de amerikanska, som nu används.

5.1.1 Skadefunktioner

Skadefunktioner är länken mellan hotet (sannolikheten för att en naturolycka ska inträffa) och den potentiella negativa effekten på exponerade objekt. Dvs. skadefunktioner beskriver hur sårbara exponerade objekt är för exempelvis översvämning och är avgörande för att genomföra kvantitativa riskbedömningar. Det finns två huvudtyper av skadefunktioner för översvämning: empiriska funktioner och syntetiska funktioner. I USA har både dessa tillvägagångssätt använts. Empiriska funktioner är baserade på regressionsanalyser av inträffade skador, exempelvis kostnader för försäkrade skador. Detta tillvägagångssätt har använts mycket bl.a. i Tyskland och även i USA där tillgången till empiriska data har varit relativt god i jämförelse med Sverige. Den kvantitativa riskbedömningsforskningen i Sverige var länge inspirerad av tyska forskare (ex. Kreibich H., Messner F., Thielen A.H.). Brist på datatillgång och datakvalitet har varit signifikanta barriärer för framgång och det finns fortfarande inte svenska skadefunktioner som kan användas i kvantitativ riskbedömning av översvämning.

Syntetiska skadefunktioner, som detta projekt riktar sig mot, uppskattar skada på byggnader i relation till vattennivå. Orsaken till att de kallas syntetiska är att de inte är baserade på inträffade skador, utan är framtagna baserade på olika typer av expertkunskaper. T.ex. byggteknisk expertis om hur olika byggnadsmaterial reagerar med vatten (med och utan föroreningar, olika vattennivåer, varaktighet av exponering, etc.), restvärdesledare och skadeutredare inom försäkringsbransch med händelsespecifik kunskap om omfattning av skador, och forskare med kunskap om skademodellering. Detta tillvägagångssätt har använts med stor framgång i exempelvis Storbritannien.

5.2 National Risk Index

Under tiden för forskningsprojektet och till följd av samarbetet med FEMA har vi fått kännedom om, och möjlighet att utforska, ytterligare en metod och

verktyg för riskbedömning av naturolyckor som har ett något annat syfte än Hazus. National Risk Index (NRI) är, av FEMA, ett nyutvecklat, verktyg för kommunikation och bedömning av multirisiker. NRI inkluderar 18 olika typer av naturkatastrofer och väger in deras sannolikhet att inträffa i olika delar av USA, social och ekonomisk sårbarhet, och samhällets resiliens.

Användningsområden för NRI är många men kan bl.a. användas för att prioritera mellan olika risker att reducera. I ett scenario där exempelvis översvämning är det största hotet kan man då gå vidare med en eller flera Hazus analyser för att stödja både åtgärdsbeslut och krisberedskapsplanering för det specifika geografiska området. I USA har framtagandet av NRI drivits av FEMA. Utvecklandet och tillämpning har dock vilat mycket på frivilliga insatser och bidrag från andra amerikanska myndigheter och övriga organisationer.

Två processer är intressanta att förstå innan man kan säga något om en eventuell användbarhet av NRI i Sverige.

- 1) Den arbetsprocess och samverkan som har gjort att myndigheter och andra organisationer frivilligt har bidragit med arbetstid och indata för att möjliggöra framräknande av NRI för hela USA.
- 2) Uppbyggnad av NRI. NRI består av, årlig förväntad förlust, social sårbarhet och samhällets resiliens. Genom granskning av dokument och vetenskapliga artiklar som ligger till grund för indexets olika delar så vidare forskning bl.a. kartlägga vetenskaplig förankring och databehov för NRI.

Bilaga 1: Leveranser & fördjupad information

- Projekthemsida www.kau.se/csr/hazus (2020-05-29)
- Engelsk projektsida <https://www.kau.se/en/csr/hazus> (2020-05-29)
- Grahn T. (2020). Tillämpning av Hazus MH Floods i Sverige - Fallstudie Karlstad. <https://www.kau.se/files/2020-05/Fallstudie%20Karlstad.pdf> (2020-05-29)
- Grahn T. (2020). Assessment of residential flood damage functions to guide policy choices. CSR Rapport 2020:1, Karlstad. <https://www.kau.se/files/2020-05/CSR%20Rapport%202020-1%20Assessment%20of%20Residential%20Flood%20Damage.pdf> (2020-05-29)
- Svensk Manual för installation av Hazus (2020) <https://www.kau.se/csr/hazus> (2020-05-29)
- Thorell och Andersson (2019). Implementering av Hazus MH i Sverige. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1326460/FULLTEXT01.pdf> (2020-05-29)
- Samhällets exponering och sårbarhet vid naturolyckor. Seminariedag 2019-09-04 med inspelade presentationer <https://www.kau.se/ccs/samverkan-och-motesplatser/seminariedag-om-samhallets-exponering-och-sarbarhet-vid-naturolyckor> (2020-05-29)
- Hazus workshop, 9-12 September 2019. <https://www.kau.se/ccs/forskning/forskningsprojekt/kvantitativa-beslutsmodeller-riskreduktion-genomforbarhet-o> (2020-05-29)
- Artikelmanus: International application of Hazus MH (ej publicerad)
- Artikelmanus: Quantitative risk assessment for policy formulation guidance (ej publicerad)

Referenslista

Bendito A., Rozelle J., Bausch D. (2014). Assessing potential earthquake loss in Mérida state, Venezuela using Hazus. *International journal of disaster risk science* (2014) 5: 176-191.

EM-DAT (2016). The international disaster database. Advanced search. <http://www.emdat.be/> (2016-11-16).

FEMA (2016). Benefit-Cost Sustainment and Enhancements. Baseline Standard Economic Value Methodology Report, July 28, 2016.

Grahn (2017). Risk assessment of natural hazards - Data availability and applicability for loss quantification. Doctoral thesis. Karlstad University Studies 2017:16.

Grahn, T. (2020a) Assessment of Residential Flood Damage Functions to Guide Policy Choices, CSR Rapport 2020:1, Karlstad

Grahn, T. (2020b) Svensk tillämpning av Hazus-MH Floods - Fallstudie Karlstad.

Guha-Sapir D., Vos F. (2011). Quantifying global environmental climate change impacts: Methods, criteria and definitions for compiling data on hydro-meteorological disasters. Book chapter in *Coping with global environmental change, disaster and security*. Editor Hans Günter Brauch. Berlin: Springer, pp 693-717.

Hernebring, C., Dahlström, B., Kjellström, E. (2012). Regnintensitet i Europa med fokus på Sverige- ett klimatperspektiv (2012:16) (in swedish). The Swedish Water and Wastewater Association.

Hernebring C. och Mårtensson E. (2013). Pluviala översvämningar. Konsekvenser vid skyfall över tätorter En kunskapsöversikt. A publication by the Swedish civil contingencies agency, publication number MSB567-13 ISBN 978-91-7383-347-9.

IPCC (2014). Summary for policymakers. In: *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32.

Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J. & Ward, P. J. (2012). Comparative flood damage model assessment: Towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3733-3752.

- Kaveckis G. och Paulus G. (2011). Potential Contribution of Hazus-MH to Flood Risk Assessment in the Context of the European Flood Directive. Conference paper, July 2011
- Kaveckis G. och Paulus G. (2013), HAZ-I-A New Framework for International Application of the Hazus-MH Flood Risk Assessment. Conference paper, July 2013.
- Levi T., Tavron B., Katz O., Amit R., Segal D., Hamiel Y., Bar-Lavi Y., Romach S., Salamon A. (2010). Earthquake loss estimation in Israel using the new HAZUS-MH software: preliminary implementation. The ministry of national infrastructures geological survey of Israel. Report GSI/11/2010.
- McGrath H., Stefanakis E., Nastev M. (2015). Sensitivity analysis of flood damage estimates: A case study in Fredericton, New Brunswick. *International Journal of Disaster Risk Reduction* 14 (2015) 379–387.
- MSB (2014). Övergripande inriktning för samhällsskydd och beredskap. MSB708-Juni 2014.
- Nastev M., Todorov N. (2013) Hazus: A standardized methodology for flood risk assessment in Canada. *Canadian Water Resources Journal* 38 (3), 223-231.
- Nikulin, G., Kjellström, E., Hansson, U., Strandberg, G., Ullerstig, A. (2011). Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus A*, 63 (1).
- Rozelle J. (2018). International Adaptation Of The Hazus Earthquake Model Using Global Exposure Datasets. A thesis submitted to the Faculty of the Graduate School of the University of Colorado in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Arts. Applied Geography and Geospatial Science Program 2018.
- Scawthorn C., Flores P., Blais N., Seligson H., Tate E., Chnag S., Mifflin E., Thomas W., Murphy J., Jones C., Lawrence M. (2006). HAZUS-MH Flood loss estimation.
- Schnedier P.J & Schauer B. (2006). Hazus- Its Development and Its Future. *Natural Hazard Review* vol 40, 2006.
- Thorell M. & Andersson M. (2019). Implementering av HAZUS-MH i Sverige: Möjligheter och hinder. Fakulteten för hälsa, natur- och teknikvetenskap, Karlstads universitet. Examensarbete på Högskolaingenjörsprogrammet i Lantmäteri teknik och geografisk IT
- Wern L. (2012). Extrem nederbörd i Sverige under 1 till 30 dygn, 1900 – 2011. *Meteorologi* Nr 2012 - 143.

