

# **Tillämpning av Hazus MH Floods i Sverige - Fallstudie Karlstad**

**Tonje Grahn,  
Centrum för forskning om samhällsrisker**



# Innehållsförteckning

<b>HAZUS MH FLOODS .....</b>	<b>1</b>
<b>PROGRAMVARAN HAZUS MH FLOODS .....</b>	<b>5</b>
INSTALLATION OCH TEKNISKA SPECIFIKATIONER .....	5
<b>VAL AV FALLSTUDIEOMRÅDE .....</b>	<b>6</b>
<b>INDATA, DATAHANTERING OCH DATAANALYS .....</b>	<b>7</b>
DATABEARBETNING .....	8
<i>Definiera byggnadstyper .....</i>	<i>8</i>
<i>Antal våningar .....</i>	<i>9</i>
<i>Husgrund, byggnadsår och byggnadsarea .....</i>	<i>10</i>
<i>Värdering av skador på byggnader .....</i>	<i>11</i>
<b>RISKBEDÖMNING AV FALLSTUDIEOMRÅDE MED HAZUS MH FLOODS .....</b>	<b>12</b>
ANVÄNDBARHET I NULÄGET .....	15
UTMANINGAR .....	15
POTENTIAL .....	16
FORTSÄTTNING .....	16
<b>SLUTSATSER.....</b>	<b>17</b>
<b>REFERENSLISTA.....</b>	<b>18</b>
<b>BILAGA 1: HAZUS USER DEFINED FACILITIES (UDF) ANALYSIS FOR KARLSTAD, SE .....</b>	<b>19</b>

## Hazus MH Floods

Hazus MH är en metodologi, med tillhörande programvara, för riskbedömning av naturolyckor i USA. Det är en integrerad modell som syftar till att identifiera och kvantifiera den påverkan som naturolyckor har på människor, egendom, infrastruktur. Målgrupp för Hazus är riskhanterare och andra med ansvar för att informera och skydda invånare och egendom mot naturolyckor (Scawthorn et al. 2006). Syftet med Hazus är att bidra till att fatta informerade beslut kring effektiv riskreduktion men också att stödja beredskap och krishantering genom att snabbt kunna uppskatta hur mycket resurser som måste frigöras för att underlätta hantering under pågående kris och till återuppbyggnad.

Hazus MH programvara består av fyra moduler som var representerar en typ av naturolycka. Detta är jordbävning, orkan, tsunami, och översvämning vid kust och vattendrag. Tabell 1 ger en översikt över vilken typ av information som kan hanteras och vilka skador och förluster som kan analyseras inom av de olika modulerna i Hazus, om data finns, och som då kan ligga till grund för riskbedömning.

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). Hazus programvara för jordbävningar släpptes första gång i 1997 (Schneider et al. 2006). Utveckling av HAZUS översvämning metodologi och programvara påbörjades i 1997. Efter direktions av FEMA tillsatte NIBS en kommitté för att ha översyn med utvecklingen (The Flood Committee). Kommittén hade i uppdrag att ge teknisk vägledning och assistera i val av konsulter. Projektet övergick sen till att bl.a. identifiera användarbehov, samla in och behandla 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. För utförlig beskrivning och analys av skadefunktioner (sårbarhetskurvor) och deras roll i riskbedömning se (Grahn 2020). Hazus mjukvaran för översvämning släpptes tidigt 2004. Sedan dess har programvaran uppdaterats och förbättrats för att bättre möta användarbehovet.

Mycket av det praktiska utvecklingsarbetet genomförs av konsulter på uppdrag av och under överseende av FEMA's Natural Hazards Risk Assessment Program under FEMA's Risk Management Directorate.

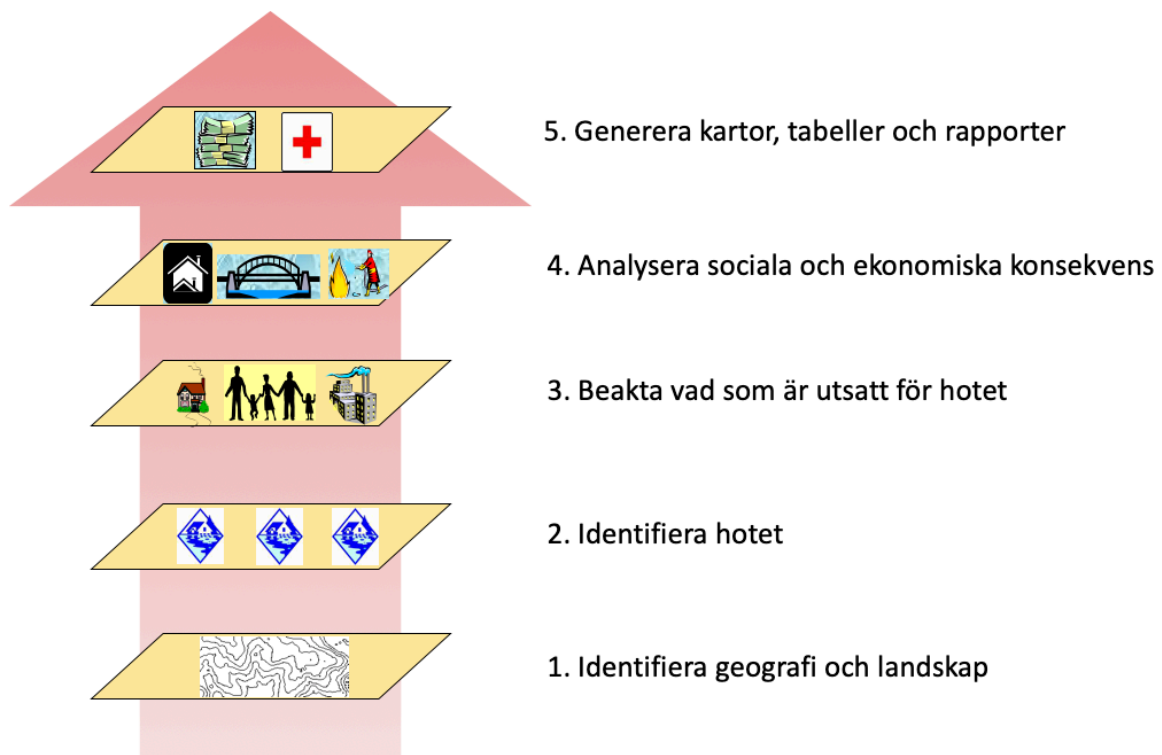
Tabell 1: Beskrivning av typinformation som kan analyseras i Hazus om data finns.

Hazus Capabilities	Earthquake Ground Shaking Ground Failure	Flood Frequency   Depth Riverine   Coastal Surge	Hurricane Wind   Surge	Tsunami Depth   Momentum Flux   Runup   Velocity
<b>Inputs</b>				
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
<b>Direct Damage</b>				
General Building Stock	✓	✓	✓	✓
Essential Facilities	✓	✓	✓	
Transportation Systems	✓	✓		
Utility Systems	✓	✓		
User-Defined Facilities	✓	✓	✓	✓
<b>Induced Damage</b>				
Fire Following	✓			
Debris Generation	✓	✓	✓	
<b>Direct Losses</b>				
Cost of Repair	✓	✓	✓	✓
Income Loss	✓	✓	✓	✓
Agricultural		✓		
Casualties	✓			✓
Shelter and/or Evacuation Needs	✓	✓	✓	✓
Average Annualized Loss (AAL)	✓	✓	✓	

Scawthorn et al. (2006) beskriver HAZUS-MH grundläggande metodologi för riskbedömning i fem steg (Figur 1). Processen börjar med en digital höjdmödel (DEM) eller likande topografisk information (1). Höjdmödeln tillsammans med hydrologiska data skapar utbredning och djup av översvämningen (2). Befolkning och egendom överlagras på översvämmande områden (3), för att uppskatta skada (4) och förluster (5). Denna metod kan enligt skildras genom två huvudprocesser,



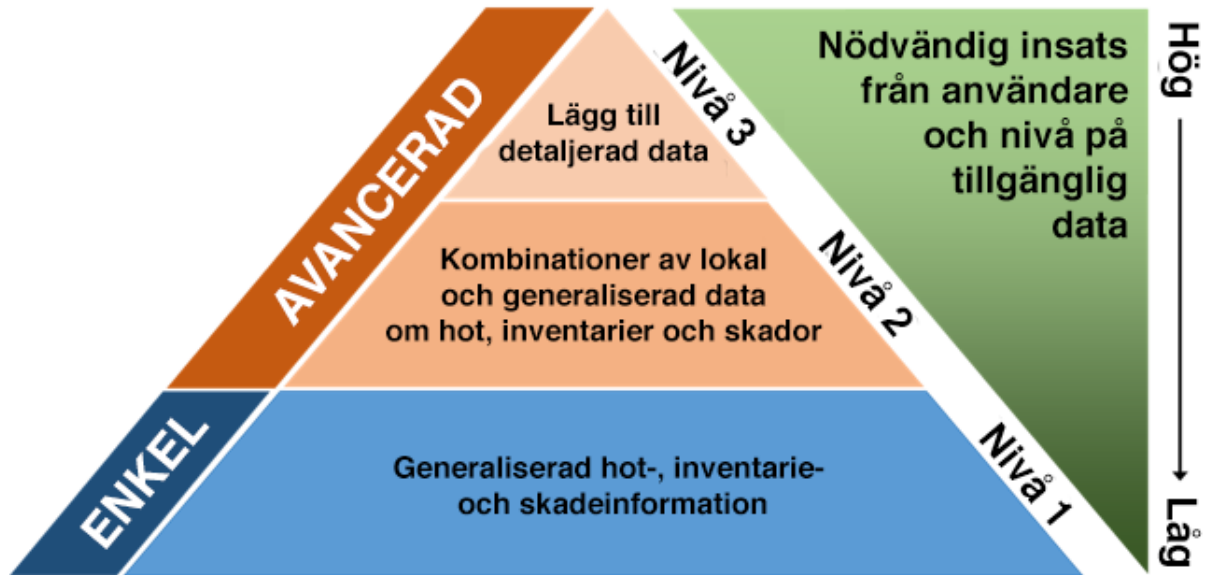
översvämning (1–2) och uppskattad förlust vid översvämning (3–5). Process 1 innehåller den geografiska variationen av översvämningdjup. Process 2 inrymmer uppskattade skador för byggnader och infrastruktur genom användning av djup- och skadefunktioner (sårbarhetskurvor). Från uppskattningarna beräknas direkta och indirekta förluster, resultaten redovisas genom tabeller och kartor. Uppskattning sker även för behovet av tillfälligt boende utifrån berörd befolkning och graden av skada på byggnader. Förluster av fordon och jordbruksskördar uppskattas liksom mängden skräp. Mängden data som tillförs avgör hur omfattande analyserna blir (FEMA 2018). Det finns tre möjliga användarnivåer i Hazus, under förutsättning att data finns (figur 2)



Figur 1: Tillvägagångsätt för riskbedömning i Hazus MH mjukvara

Hazus är fritt nedladdningsbart på FEMAS hemsida. ESRI's ArcGIS, vilket är en kommersiell produkt, är dock för nuvarande nödvändigt för att kunna köra Hazus. Sedan open source GIS produkter av hög kvalitet har blivit tillgängliga så har FEMA dock 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.



Figur 2: Användarnivåer i Hazus

# Programvaran Hazus MH Floods

## Installation och tekniska specifikationer

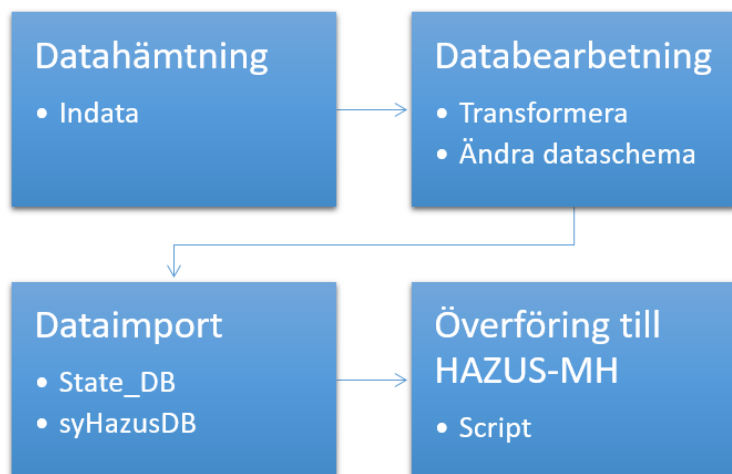
Detta avsnitt ger en kort sammanfattning av systemkrav och krav på mjukvara.

Programvaran för Hazus MH för översvämning följer samma struktur som metodologin beskriven ovan. Hazus är en GIS-baserad programvara som för nuvarande bygger på ESRI's ArcGIS. Hazus är anpassat ArcGIS versionen 10.5.1 och nyare versioner är inte kompatibla med Hazus. Sedan ArcGIS kräver Windows 10 så är också detta en förutsättning för Hazus. Det blir därmed problematiskt att installera och köra Hazus från datorer som inte är anpassade för Windows.

Programvaror som krävs för att installera och köra Hazus MH floods:

- ESRI, ArcGIS 10.5.1
- FEMA, HAZUS-MH 4.2 (SP2)
- FEMA, CDMS
- Microsoft Access
- Microsoft SQL Server 2014
- Microsoft SQL Server Management Studio
- Windows 10

Denna fallstudien förutsätter att Hazus redan har installerats och bearbetats så att svenska data kan importeras. För utförligt beskrivning av installationsprocess och körning av Hazus MH för översvämningar se Svensk manual (2020). För mer information om första gångs installation och djupare förklaring av delmoment och alternativa tillvägagångssätt se Thorell och Andersson (2019). Thorell och Andersson gör en noggrann genomgång av processen enligt figur 3 nedan.



Figur 3: Övergripande metod för anpassning av svenska data (Andersson och Thorell 2019)

## Val av fallstudieområde

Karlstad har en känd översvämningsrisk. Karlstad är beläget vid Vänern 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 översvämningsrisker. Utöver enbart den kända översvämningsrisken så valdes Karlstad som fallstudieområde även utifrån forskarnas tillgång till indata och deras 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. För en mer ingående beskrivning av Karlstads översvämningsrisk kopplad till Klarälven, Vänern, kombinationen av dessa och effekter av reglering se exempelvis översvämningsprogram för Karlstad kommun (2010)

[https://karlstad.se/globalassets/filer/miljo/sjoar\\_och\\_vattendrag/oversvamningsprogram.pdf](https://karlstad.se/globalassets/filer/miljo/sjoar_och_vattendrag/oversvamningsprogram.pdf)

## Indata, datahantering och dataanalys

I Hazus programvara (i USA) ingår en betydande databas som består av landstäckande inventering av demografiska data, byggnader, samhällsviktig infrastruktur och faciliteter för farligt avfall. Amerikanska datakällor är amerikansk Census (demografi, bostäder), Dun and Bradstreet (commercial buildings), och diverse federala databaser (infrastruktur transport, utilitysystems, lantbruksdata) (Schneider och Schauer 2006). I USA är geografisk fördelning av invånare, byggnader, infrastruktur, fordon och jordbruksresurser tillgänglig från "Inventory data" som är inkluderat i Hazus verktyget. Hazus General Building Stock (GBS) är en omfattande samling byggnadsattribut och modellparametrar som används för att beräkna naturriskpåverkan på en given region. Detta är US specifik information, baserat på det nationella byggnadsbeståndet och det är inte tillgänglig för användare utanför USA (själva Hazus är tillgänglig för alla). Det finns i nuläget inte svenska datamotsvarigheter som per automatik kan importerats till hazus programvara så alternativa data och tillvägagångsätt måste anpassas och appliceras.

Data för att tillämpa Hazus för riskbedömningar av översvämning i karlstadområdet är till största del baserat på öppna data och lokalkännedom. En stor del av datat har hämtats från SLU:s nedladdningstjänst GET <https://zeus.slu.se/get/?drop=get> Bl. a. den demografiska höjdmodellen, Vägkartan, och Fastighetskartan. Data som ligger till grund för den demografisk ytmodellen, DSM, har också hämtats där (laserdata, LAZ). Modellerade flöden i Klarälven representeras av hotkartor som har hämtats från MSB's översvämningportal <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/hot-och-riskkartor/karlstad.html>.

Sedan våra svenska byggnadsdata (Fastighetskartan) inte är anpassade till Hazus format måste vi för nuvarande importera byggnadsdata som *användardefinierade anläggningar* (user defined facilities) Se tabell 1 eller 3. Svenska data som har använts är sammanställt i tabell 2. Amerikansk input till fallstudien är schabloner för monetär skattning av skador på byggnader och inventarier. I bilaga 1 finns en utförlig översikt över mappstruktur, datainput, datautveckling och antaganden, och import till Hazus. Bilagan lämpar sig, tillsammans med Svensk Manual (2020), som stöd vid egen bearbetning- och import av svenska data till Hazus.

Tabell 2: svenska input data som använts i fallstudie Karlstad

Typ av data	Källa	Länk till data
Digital höjdmodell,(DEM)	Lantmäteriet	<a href="https://zeus.slu.se/get/?drop=get">https://zeus.slu.se/get/?drop=get</a>
Väggkartan	Lantmäteriet	<a href="https://zeus.slu.se/get/?drop=get">https://zeus.slu.se/get/?drop=get</a>
Fastighetskartan	Lantmäteriet	<a href="https://zeus.slu.se/get/?drop=get">https://zeus.slu.se/get/?drop=get</a>
Digital ytmodell, (DSM)	Baserat på egen bearbetning av laserdata	<a href="https://zeus.slu.se/get/?drop=get">https://zeus.slu.se/get/?drop=get</a>
Hotkartor	MSB	<a href="https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/hot-och-riskkartor/karlstad.html">https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/hot-och-riskkartor/karlstad.html</a>
Detaljplaner	Karlstad kommun	<a href="https://gi.karlstad.se">https://gi.karlstad.se</a>

## Databearbetning

### *Definiera byggnadstyper*

Svenska byggningar har kodats om till Hazus ändamålsklasser (occupancy classes) genom att använda information om Karlstads byggnadspopulation gällande detaljtypskod (detaljtyp), huvudändamål (Ändamål 1), och beskrivande text till huvudändamål (Ändamål 1T). Omkodning har gjorts med stöd av Lantmäteriet (2017) och FEMA (2018). Där information saknats har google street view använts för att identifiera byggnadstyp. Totalt har 17 875 olika byggnadsobjekt klassats och importerats till Hazus. Objekten har klassats in i en av följande kategorier; Bostad (residential, RES), kommersiell (commercial, COM), industri (Industry, Ind), samfund (religious, Rel), skola (Educational, EDU), och myndighetsbyggnad (governmental, GOV). Kategorierna har i sin tur underklasser. I denna studien klassades bostäder vidare in i 6 olika underkategorier, industri och kommersiella byggnader i 5 kategorier var sig, och utbildning i 2 underkategorier. Religiös /trosbyggnad och myndighetsbyggnad har inte klassats in i underkategorier. För översikt över Hazus ändamålsklasser se tabell 3.



Tabell 3: Hazus ändamålsklasser (occupancy classes)

RES1	Single Family	Single Family Dwelling
RES2	Residential	Manuf. Housing
RES3A	Residential	Duplex
RES3B	Residential	Triplex / Quads
RES3C	Residential	Multi-dwellings (5 to 9 units)
RES3D	Residential	Multi-dwellings (10 to 19 units)
RES3E	Residential	Multi-dwellings (20 to 49 units)
RES3F	Residential	Multi-dwellings (50+ units)
RES4	Residential	Temporary Lodging
RES5	Residential	Institutional Dormitory
RES6	Residential	Nursing Home
COM1	Commercial	Retail Trade
COM2	Commercial	Wholesale Trade
COM3	Commercial	Personal and Repair Services
COM4	Commercial	Professional/Technical Services
COM5	Commercial	Banks
COM6	Commercial	Hospital
COM7	Commercial	Medical Office/Clinic
COM8	Commercial	Entertainment & Recreation
COM9	Commercial	Theaters
COM10	Commercial	Parking
IND1	Industrial	Heavy
IND2	Industrial	Light
IND3	Industrial	Food/Drugs/Chemicals
IND4	Industrial	Metals/Minerals Processing
IND5	Industrial	High Technology
IND6	Industrial	Construction
AGR1	Agriculture	Agriculture
REL1	Religion	Churches and Other Non-profit Org.
GOV1	Government	General Services
GOV2	Government	Emergency Response
EDU1	Education	Grade Schools
EDU2	Education	Colleges/Universities

### *Antal våningar*

Information om antal våningar per byggnader finns inte i Fastighetskartan.

Antaganden om antal våningar är dels baserat på Boverket (2016), på detaljplaner från Karlstad kommun och på lokalkännedom hos genomförare. I denna studie har antal våningar per byggnad beräknats utifrån byggnadsstrukturens höjd. Denna höjd har räknats fram som skillnad mellan DSM och DEM (DSM-DEM). Se figur 4.

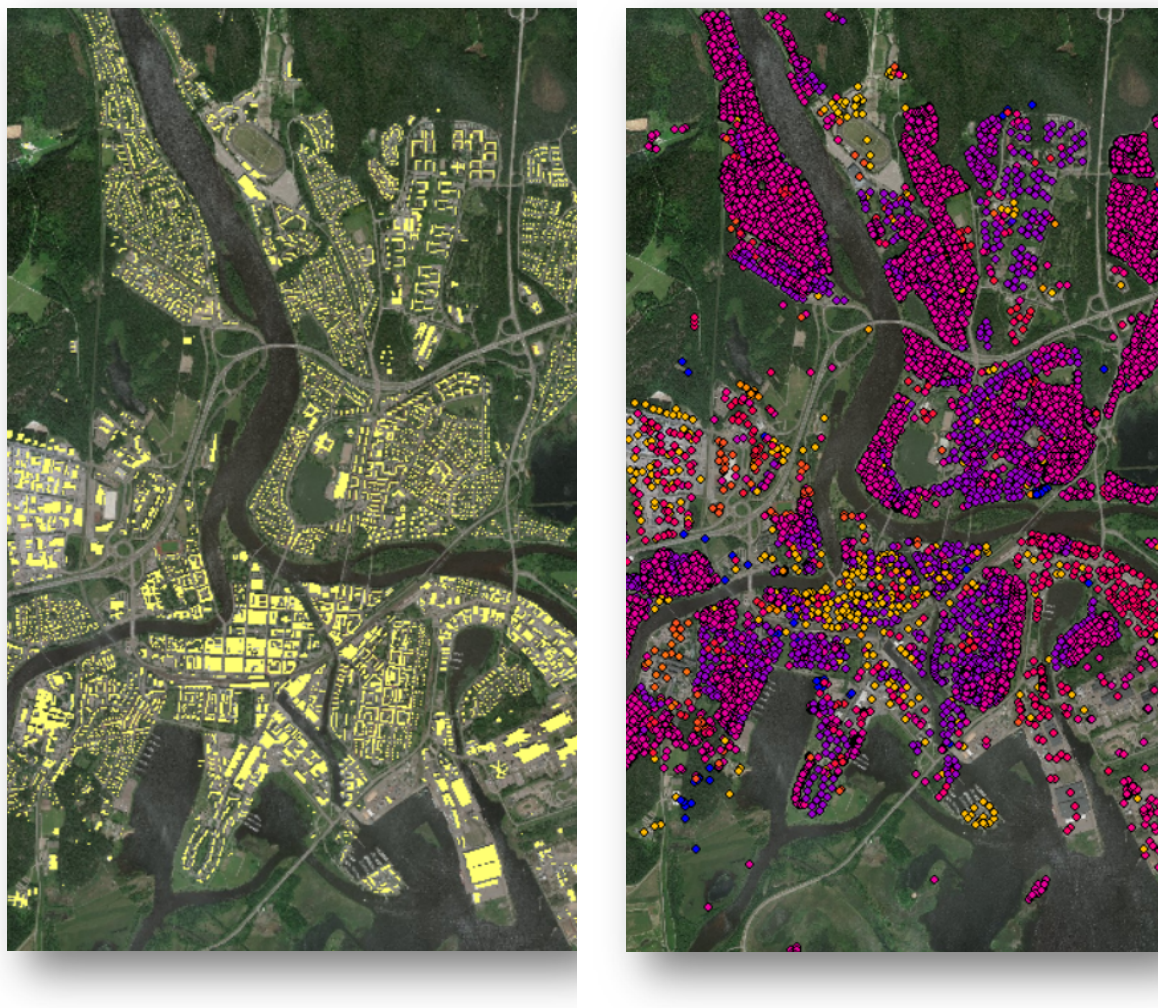
Följande antagande har gjorts mellan höjd på byggnad och antal våningar:

1 våning, < 6,5 meter

2 våningar, >6,5 m men <9 meter

3 våningar, > 9 m men >11,5 meter

Andra antagande kring antal våningar som har gjorts i fallstudien är att alla ”negative värden” klassas som en våning om annat inte har angetts, det samma gäller för alla uthus och garage. Max. antal våningar i någon byggnad i Karlstad har antagits vara 17 våningar förutom för en enskild byggnad där det finns vetskap om att byggnaden består av 18 våningar.



*Figur 4: Exempel på delprocesser i databearbetning. Bilden till vänster visar byggnadsfotavtryck (building footprint). Bilden till höger visar en punktskattning för byggnaders takhöjd som tagits fram via fotavtryck. Punktskattningen har i sin tur för att beräkna byggnadshöjd (DSF-DEM)*

### *Husgrund, byggnadsår och byggnadsarea*

Kategorisering av typ av byggnad (tre, tegel) och byggnadsår är baserat delvis på lokalkännedom och delvis på detaljplaner tillgängliga på Karlstad kommuns hemsida <https://gi.karlstad.se>. Främst byggår för olika stadsområden är hämtat från

detaljplaner. Byggår ligger till grund för antaganden om byggnaders konstruktion och material utifrån vad som har varit vanligt förekommande under olika tidsperioder. Total area för en byggnad är antal kvadratfot (squarefeet) multiplicerad med antal skattade våningar. Denna skattning bygger på DEM, DSM och byggnadens fotavtryck. I denna fallstudien är den totala arean använt för att skatta den monetära förlusten till följd av de modellerade översvämningsscenarierna.

### Värdering av skador på byggnader

Sedan byggnadsdata har importerats som *user defined facilities* så kan inte detta ”lager” kopplas till de många skadefunktioner som finns i Hazus. I stället har amerikanska schablonvärden (\$) för skada per kvadratfot (SQFT) använts. Ex. för bostad utan källare har förlusten beräknats som kvoten av schablonvärdet och byggnadens kvadratfot, gånger totala ytan för denna kategori av byggnad i det översvämmade området ( $\$/SQFT * \text{Total SQFT}$ ). Figur 5 visar ett utdrag av beräkning per objekt inom kategorin bostad (RES1)

OBJECTID *	Shape *	UDF_ID	Comment	Tract	Occupancy	Cost	Area	ContentCos
1	Point	10000001	0	17080000332	RES1	39204.1918	245.779	19602.0959
2	Point	10000002	1	17080000332	RES1	79058.9227	495.636	39529.46135
3	Point	10000003	2	17080000332	RES1	66455.254768	416.621	33227.627384
4	Point	10000004	3	17080000332	RES1	13792.824542	86.47	6896.412271
5	Point	10000005	4	17080000125	RES1	30961.865029	194.106	15480.932514
6	Point	10000006	5	17080000125	RES1	372334.895371	2334.24	186167.447686
7	Point	10000007	6	17080000125	RES1	15741.098969	98.6841	7870.549485
8	Point	10000008	7	17080000125	RES1	236764.641408	1484.32	118382.320704
9	Point	10000009	8	17080000125	RES1	107459.86374	673.687	53729.93187
10	Point	10000010	9	17080000125	RES1	62205.79315	389.981	31102.896575
11	Point	10000011	10	17080000125	RES1	85030.207514	533.071	42515.103757
12	Point	10000012	11	17080000125	RES1	148934.092242	933.698	74467.046121
13	Point	10000013	12	17080000125	RES1	127855.524527	801.552	63927.762264
14	Point	10000014	13	17080000125	RES1	81411.295465	510.384	40705.647733
15	Point	10000015	14	17080000125	RES1	40235.498535	252.244	20117.749268
16	Point	10000016	15	17080000125	RES1	21124.746642	132.435	10562.373321

Figur 5: Utdrag från Hazus' user defined facilities med värdering för bostad, en familjs hus (RES1)

# Riskbedömning av fallstudieområde med Hazus MH Floods

Riskbedömningen 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 utvecklings syfte. En första tillämpning av Hazus som metod och verktyg för riskbedömning av översvämning har genomförts i Karlstad. Riskbedömningen är baserat på indata och antaganden som har listats i föregående avsnitt. Tabell 3 visar vilka funktioner i Hazus som har varit möjligt att tillämpa i fallstudie Karlstad. Tabellen visar att det finns en outnyttjad potential.

Tabell 3: Beskrivning av typinformation som kan analyseras i Hazus MH programvara om data finns. Röda ruter markerar vilka funktioner som har varit möjligt att tillämpa i fallstudie Karlstad

Hazus Capabilities	Earthquake Ground Shaking Ground Failure	Flood Frequency   Depth Riverine   Coastal Surge	Hurricane Wind   Surge	Tsunami Depth   Momentum Flux   Runup   Velocity
<b>Inputs</b>				
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
<b>Direct Damage</b>				
General Building Stock	✓	✓	✓	✓
Essential Facilities	✓	✓	✓	
Transportation Systems	✓	✓		
Utility Systems	✓	✓		
User-Defined Facilities	✓	✓	✓	✓
<b>Induced Damage</b>				
Fire Following	✓			
Debris Generation	✓	✓	✓	
<b>Direct Losses</b>				
Cost of Repair	✓	✓	✓	✓
Income Loss	✓	✓	✓	✓
Agricultural		✓		
Casualties	✓			✓
Shelter and/or Evacuation Needs	✓	✓	✓	✓
Average Annualized Loss (AAL)	✓	✓	✓	



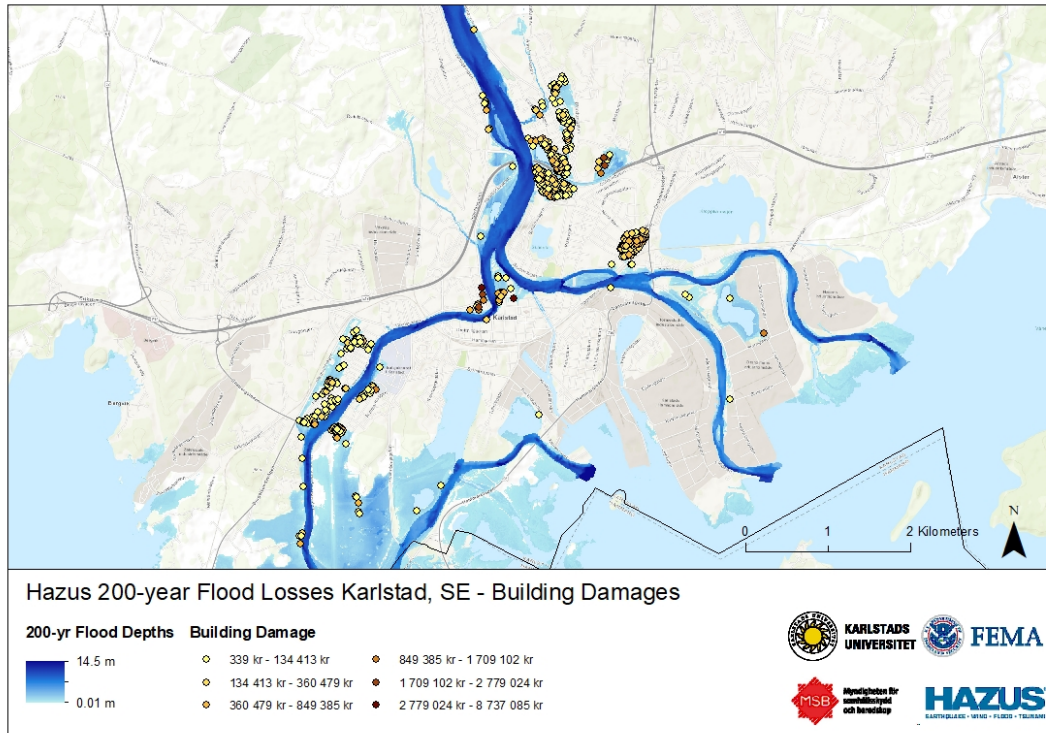
Riskbedömningsprocessen har genomförts i följande steg: Öppna Hazus programvara och skapa studieregion, importerar DEM, modellerade flöden för Klarälven, det manuellt bearbetade byggnadsdata för Karlstad som user defined facilities inkl. nyckeltal för monetär värdering, och information om vägar, körning av analyser för varje översvämningsscenario, och slutligen, med inbyggda funktioner, skapa kartor och tabeller som framställer resultaten.

Riskbedömning har gjorts av översvämning utifrån följande flöden 50-år, 100-år, 200-år, och dimensionerande nivå. Amerikanska schabloner har använts för att uppskatta monetära skador. Den monetära värderingen inkluderar inte skada på vägnätet utan enbart skattad skada på byggnader och inventarier. Tabell 4 sammanställer kostnaderna för de olika återkomsttiderna (i dollar).

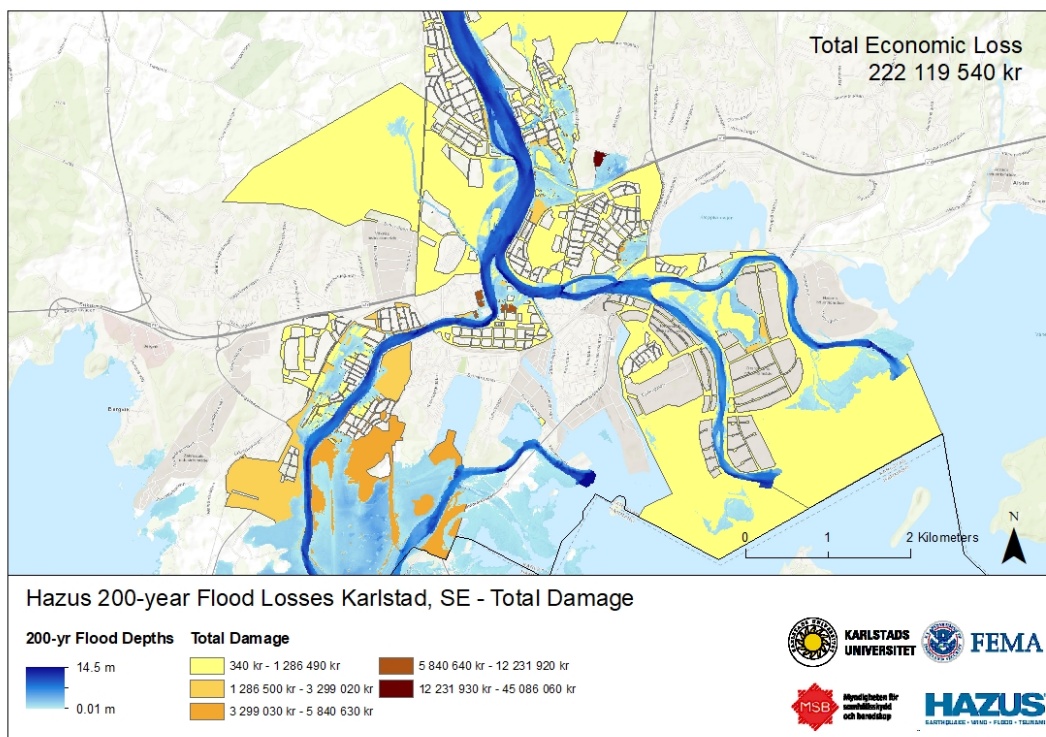
Tabell 4: Monetära förluster i fallstudieområdet, uttryckt i amerikanska dollar (\$) vid 4 olika återkomsttider för vattenflöden i Klarälven.

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
Dimensionerande nivå	\$337 019 502	\$436 577 148	\$773 596 650

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 x, x, och x 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.

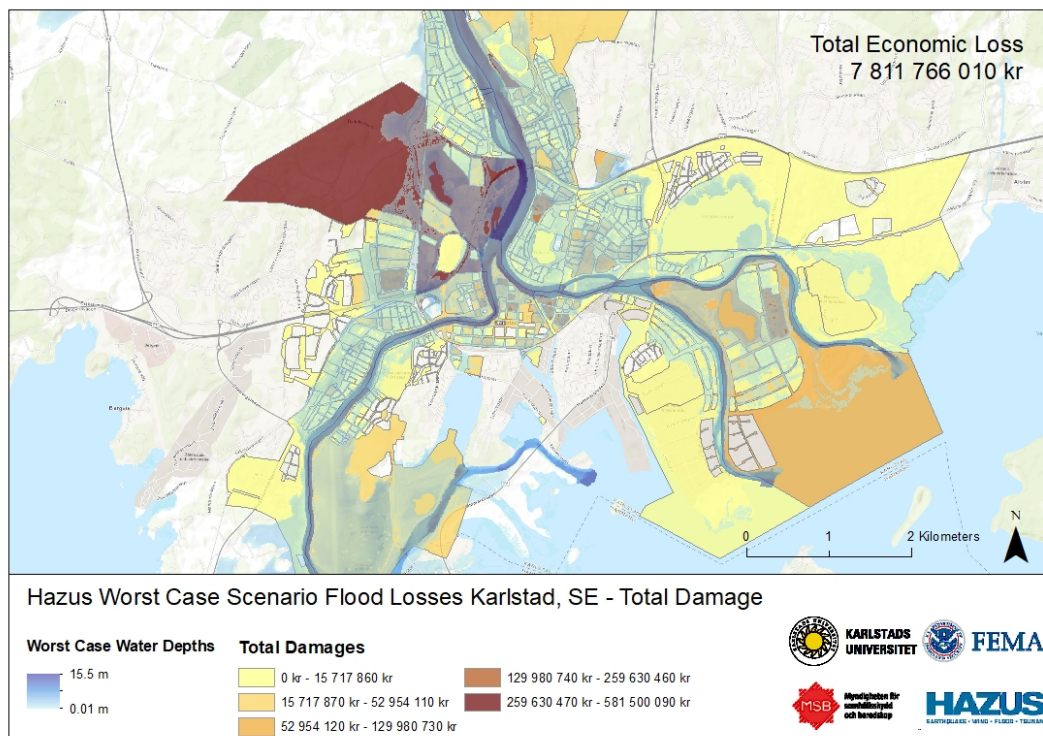


Figur 6: Byggnadsskada, skadekostnad till följd av en 200-årsnivå i Klarälven



Figur 7: Total förlust, skadekostnad till följd av 200-årsnivå i Klarälven





Figur 8: Total förlust, skadekostnad till följd av dimensionerande nivå i Klarälven.

## Användbarhet i nuläget

Fallstudien visar att HAZUS programvara kan appliceras på svenskt riskområde och med svenska data. I nuläget är processen från installation till analysresultat en tidkrävande process och det kräver dock mer utveckling och automatisering av processer innan programvaran blir intressant att använda av riskanalytiker inom myndigheter eller av konsulter. Själva utfallet av den ekonomiska skattningen är också av begränsad användning. Bedömningen är skadekostnaderna för vattennivåer av 100- och 200-års återkomsttid överskattas i modellen. Rimlighet i uppskattning av modellerad skadekostnad för dimensionerad nivå kan inte bedömas och 50- års nivån är möjligen underskattad. Resultatet anses i nuläget endast intressant ur ett forsknings- och utvecklingsarbete.

## Utmaningar

Riskbedömning med Hazus programvara är för nuvarande en väldigt tidkrävande process. Den initiala processen med att installera, bearbeta databaser och data för att göra en första körning är till stor del en manuell process. Det kräver god kunskap om

Hazus, GIS, och databashantering. Det kräver också god lokalkännedom om det geografiska området som riskbedöms.

Måttenheter i Hazus uttrycks i amerikanska enheter. Exempelvis så beskrivs andel översvämningsexponerade byggnader i kvadratfot och utfallet av den monetära skadebedömningen uttrycks i amerikanska dollar vilken inte är särskilt praktisk vid svensk tillämpning.

Mer data om sårbara objekt, utöver byggnader och vägar, behövs för att genomföra samhälleliga riskbedömningar av olika översvämningsscenario i Karlstad och för att utnyttja Hazus programvara fulla potential.

Skadefunktionerna som har använts i fallstudien är framtagna för amerikanska förhållanden. Det bedöms att monetära skador på byggnader överskattas vid åtkomsttider på 100-och 200 år men möjligen underskattas vid återkomsttid på 50 år.

## **Potential**

När Hazus är installerat och data över sårbara objekt är importerade går det snabbt att göra upprepade och nya analyser där man även kan laborera med effekter av riskreduktion i specifika stadsdelar. Dataanpassningprocesser borde vara möjligt att automatisera för att minska den manuella bearbetningen och reducera tidsåtgång för datahantering. Det finns en stor utvecklingspotential med avseende på användning av Hazus Floods metodologi. Detta måste inte nödvändigtvis innebära en fortsatt anpassning av svenska data för tillämpning i Hazus programvara men att håller använda metodologi och programvara som mall för utveckling av en svensk programvara för helhetsbedömning av översvämning.

## **Fortsättning**

Fallstudie Karlstad ska utvecklas vidare under perioden 2020–2021. Målbild är att ersätta amerikanska skadefunktioner för skada på byggnad med svenska skadefunktioner för det samma som på ett mer rimligt sätt kan värdera skadekostnader för översvämning. Vidare ska det eftersträvas att inkludera andra

typer av sårbara objekt utöver byggnader, exempelvis väg, järnväg eller annan viktig infrastruktur i den kvantitativa riskbedömningen.

## Slutsatser

- Fallstudie Karlstad visar att HAZUS programvara kan tillämpas på 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 utvecklingsyfte
- Riskbedömning med Hazus programvara med svenska data är för nuvarande en väldigt tidkrävande 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

## Referenslista

Boverket (2016). Exempel på reglering av byggnadsverks höjder och våningsantal  
Uppdrag att ta fram förslag till författningsreglering avseende vissa centrala termer  
som behövs vid tillämpningen av plan- och bygglagen (2010:900). Rapport 2016:30  
regeringsuppdrag.

<https://www.boverket.se/contentassets/f92bd42827524152bf66e6fbb7c75351/exempel-pa-reglering-av-byggnadsverks-hojder-och-vaningsantal.pdf> (2020-05-28)

FEMA (2018). Hazus Flood Model. FEMA standard operating procedure for flood  
level 2 analysis. [https://www.fema.gov/media-library-data/1530821743439-e16c13c1f6266bbe374dcooa00ac9910/Hazus\\_Flood\\_Model\\_SOP\\_level2analysis.pdf](https://www.fema.gov/media-library-data/1530821743439-e16c13c1f6266bbe374dcooa00ac9910/Hazus_Flood_Model_SOP_level2analysis.pdf)  
(2020-05-28)

Lantmäteriet (2017). Geografiska Sverigedata, GSD. Produktbeskrivning: GSD-  
Fastighetskartan vektor. Dokumentversion 7.4.

<https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/kartor/fastshmi.pdf> (2020-05-28)

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.

Svensk Manual (2020). Manual för svensk installation av Hazus MH Floods.  
[www.kau.se/csr/hazus](http://www.kau.se/csr/hazus)

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 Lantmäteriteknik  
och geografisk IT

# Bilaga 1: Hazus User Defined Facilities (UDF)

## Analysis for Karlstad, SE

This document outlines the process for creating a UDF Analysis using FEMA's Hazus loss estimation software.

### Folder Structure

- Blank\_UDF\_Database – Sample Hazus User Defined Facilities database.
- Digital\_Elevation\_Models – 2 meter Digital Elevation Model (DEM) and Digital Surface Model (DSM) in tif format. DEM is ground elevation and DSM is first return.
- Documentation – Project Documentation
  - Documentation – Project documentation document
  - Fastshmi – building footprint documentation and description of attributes (pages 41-47)
  - Hazus\_Flood\_Model\_SOP\_level2analysis – Outlines Hazus flood UDF database creation process.
- Karlstad\_UDF – Karlstad building data used to populate the Hazus UDF database.
  - **BuildingFootprints.shp** – Building footprints with building occupancy as defined by Karlstad (can be joined to BuildingPoints.shp by UID)
  - **BuildingPoints.shp** - Building points (covered from building footprints, point inside building) with most Hazus attributes (can be joined to any feature by UID)
  - **BuildingPoints\_WGS84\_AllBuildings\_HazusReady.shp** – Hazus ready building point data in GCS WGS84 for Hazus. Contains all buildings from Karlstad building footprint database. (can be joined to any other layer by UID)
  - **BuildingPoints\_WGS84\_AllBuildings\_HazusReady\_backup.shp** – same as BuildingPoints\_WGS84\_AllBuildings\_HazusReady.shp
  - **BuildingPoints\_WGS84\_HazusReady\_Final.shp** – Final shapefile that is ready to be imported into Hazus names and field types. Removed all points that fell outside of the study region or identified as delete (del), and all fields formatted (expect for year built and number of stories – need field type short created in personal geodatabase-mdb). NOTE: the year built and number of stories fields will need to be added after importing the shapefile into the personal geodatabase.
  - **UDF\_Import.mdb** – Hazus UDF database populated with Karlstad Data
    - **BP\_Karlstad\_Working** – Karlstad building points. This feature class used used to create the short integer fields
    - **fIUserDefinedFlty\_Karlstad** – Populated UDF table with Karlstad data using BP\_Karlstad\_Working
    - **hzUserDefinedFlty\_Karlstad** – Populated UDF feature class with Karlstad data using BP\_Karlstad\_Working

- MSB\_Data – Flood hazard data for Karlstad and Lake Värnen for the 50, 100, and 200 year return periods and worst case scenario depth grids and associated modeling work.

## Data Used

- Karlstad building outlines from <https://zeus.slu.se/get/?drop=get>
- DEM from <https://zeus.slu.se/get/?drop=get>
- DSM, own development based on data from <https://zeus.slu.se/get/?drop=get>
- Karlstad building standards from Karlstad municipalities website <https://gi.karlstad.se>

## Data Development

1. **Define the building occupancy class** - using the Karlstad building footprint data, crosswalk the DETALJTYP, ANDAMAL\_1, and ANDAMAL\_1T fields into Hazus Occupancy classes. (Attributuppsättning for more information on all fields). Below are the specific fields used
  - a. Namn på byggnader
    - i. HUS, Byggnad, Residential
    - ii. HUSÖVR, Övrig byggnad, Industrial or Commercial
    - iii. KYRKA, Samfund , Religious
  - b. Byggnadsändamål
    - i. Bostad – House/Residential (RES)
    - ii. Industri – Industrial (IND)
    - iii. Smhällsfunktion – Society Function
    - iv. Verksamhet – Hotel, Restaurant, Parking
    - v. Komplementbyggnad – Building next to another building
    - vi. Övrig byggnad – Other building
  - c. Kodlista för byggnadsändamål och detaljerat ändamål – Translated fields and codes (kod) into specific Hazus occupancy classes. For the unknown fields, recommend using imagery or google street view to identify structure type.
2. **Number of stories calculation** – based on building height
  - a. Convert building footprints to building points, using the feature to points tool in ArcGIS, enabling the points within building option
  - b. Use the extract value by point tool in ArcGIS desktop to define DEM (ground elevation) and DSM (building height) for each point
  - c. Subtract DSM from DEM value to define structure height
  - d. Apply the formula – Number of stories =  $(2.5m * X) + 1.5$ , where X is the number of stories to find the maximum expected height for each story.
    - i. 1 story building, < 6.5 meters
    - ii. 2 story building,  $\geq 6.5$  meters but < 9 meters
    - iii. 3 story building,  $\geq 9$  meters but < 11.5 meters



- e. Assumptions
  - i. All negative values are 1 story unless identified elsewhere
  - ii. All sheds, barns, outbuildings, and garages are one story
  - iii. Maximum number of stories is 17 for all buildings except for the tallest building in Karlstad, which was 18 stories.
- 3. **Foundation Type and Year Built** – Provided by expert knowledge of local area and based on Karlstad Development Plans available from the Karlstad website.
  - a. Based on each section of the city by development using standard building types. All IND, Outbuildings, Garages, GOV buildings assumed not to have basements.
  - b. Foundation type depended based on year built and location.
  - c. Foundation types crosswalked into Hazus Foundation classes (see level 2 document) and First Floor Elevations (FFE) are in feet and based on pre-FIRM distributions.
- 4. **Building Area (square footage – SQFT)** – Calculated by building footprint area
  - a. Total building for a building without basement - Total SQFT = (SQFT \* Number of Stories)
  - b. Basement was not included in SQFT calculation (see below)
- 5. **Building Valuation** – Based on the 2018 RS Means US Valuations per SQFT assuming single family residential units are at the ‘custom’ level and all basements are finished. For non RES1 structures with a basement, the standard 2018 value was assumed.
  - a. RES1, no basement Building Value =  $\$x/\text{SQFT} * \text{Total SQFT}$
  - b. RES1, with basement Building Value =  $(\$x/\text{SQFT} * \text{Total SQFT}) + (\$x/\text{SQFT} \text{ for finished basement} * \text{SQFT})$ 
    - i. NOTE – RES1 calculations were completed for each floor, and if more than 3 floors, assumed 3 floor values.
  - c. For all other buildings, no basement – Building Value =  $(\$x/\text{SQFT} * \text{Total SQFT})$
  - d. For all other buildings, with a basement – Building Value =  $(\$x/\text{SQFT} * \text{Total SQFT}) + (\$x/\text{SQFT} * \text{SQFT})$
  - e. Contents Valuation is based on percentage of building value defined in Hazus Level 2 SOP (or Hazus Technical Manuals).
- 6. **Comment and Latitude/Longitude**
  - a. Comment – UID field to link to building points and footprints
  - b. Latitude/Longitude – Calculated using in WGS84, decimal degrees

### Post-Processing and Loading into UDF Database

- Create UDF ID by creating a field (text-8) and using the syntax – [UID field] + “10000000”
- Create Tract field – Spatial join census tract to points and add a text-11 field and populate with the census tract ID
- Export final point data (projected in WGS84) into the UDF.mdb (personal geodatabase)
  - Create short integer fields for year built and number of stories’

- Use load function in ArcCatalog to populate **both** the feature table and feature class. Be sure to field match if fieldnames do not match exactly.
- Hazus data ready for import into Hazus.