

Avsedd för
Stadsbyggnadskontoret i Göteborgsstad

Dokumenttyp
Rapport

Datum
November, 2015

Revision
0

RISKKARTLÄGGNING AV SKYFALLSSIMULERING CENTRALA GÖTEBORG



RISKKARTLÄGGNING AV SKYFALLSSIMULERING CENTRALA GÖTEBORG

Revidering **0**
Datum **2015-11-19**
Utfört av **Henrik Thorén**
Kontrollerad av **Tora Lindberg**
Godkänd av **Tora Lindberg**
Beskrivning **Denna rapport beskriver genomförandet av en risk-
kartläggning för skyfallssimulering i Göteborg
Deluppdrag -14**

Ramböll
Vädursgatan 6
Box 5343
SE-402 27 Göteborg
T +46 (0)10 615 60 00
www.ramboll.se

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1.	BAKGRUND	1
2.	GENOMFÖRANDE	2
2.1	Databehandling	2
2.2	Risikkartläggning	3
3.	RESULTAT	5
3.1	GIS resultat	5
3.2	Excel resultat	5
4.	SLUTSATS	10

BILAGOR

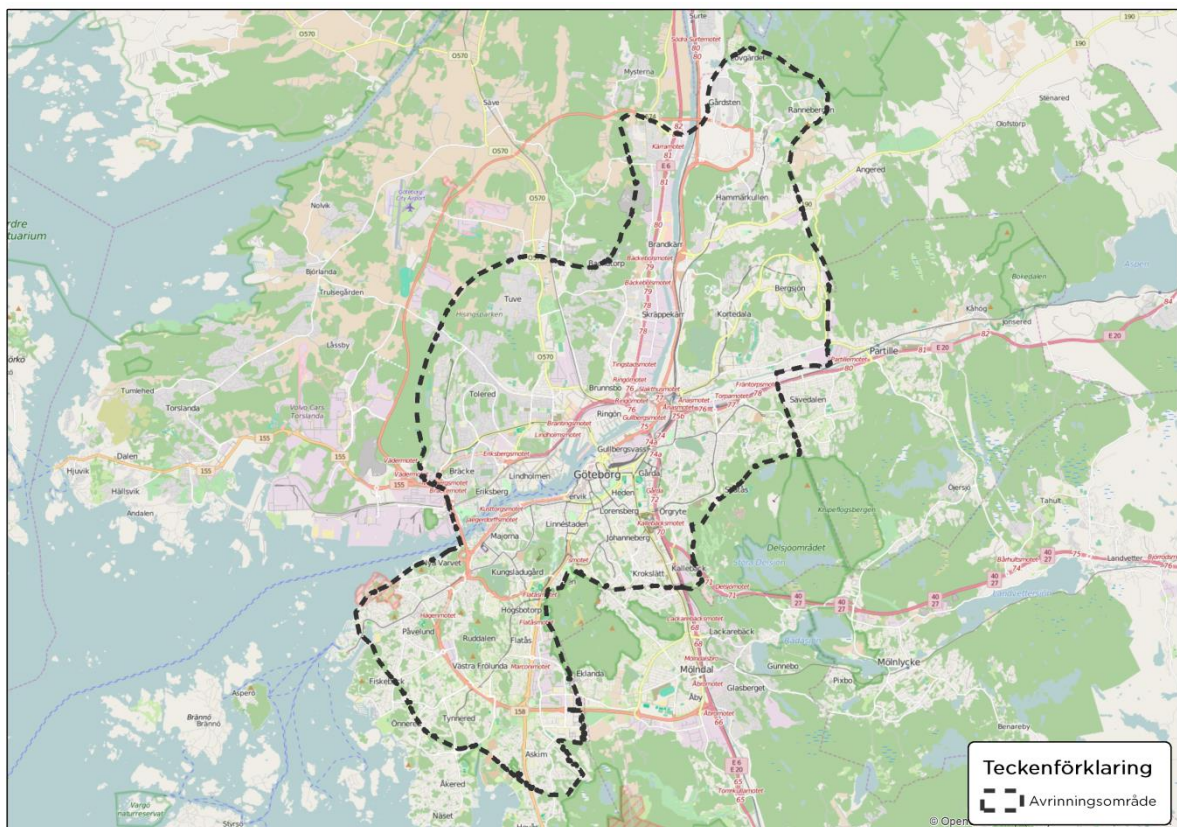
Bilaga 1

1320001782-05-030_Bilaga_1.xlsx

1. BAKGRUND

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad har genomfört skyfallssimuleringar för de centrala delarna av Göteborg, se figur 1. Simuleringarna har utförts med en MIKE 21 modell tillsammans dess infiltrationsmodul. Två scenarier har simulerats med en återkomsttid på 100 respektive 500 år.

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad har bitt Ramböll att inom ramen för projektet Hydromodell för Göteborg utföra en riskkartläggning för dessa två skyfallsscenarier. Samma riskkartläggningsmodell som användes i projektet Hydromodell för Göteborg skall användas även i denna riskkartläggning. Riskkartläggningsmodellen är uppbyggd i GIS programmet FME Workbench.



Figur 1 Avrinningsområde för utförd skyfallssimulering

2. GENOMFÖRANDE

2.1 Databehandling

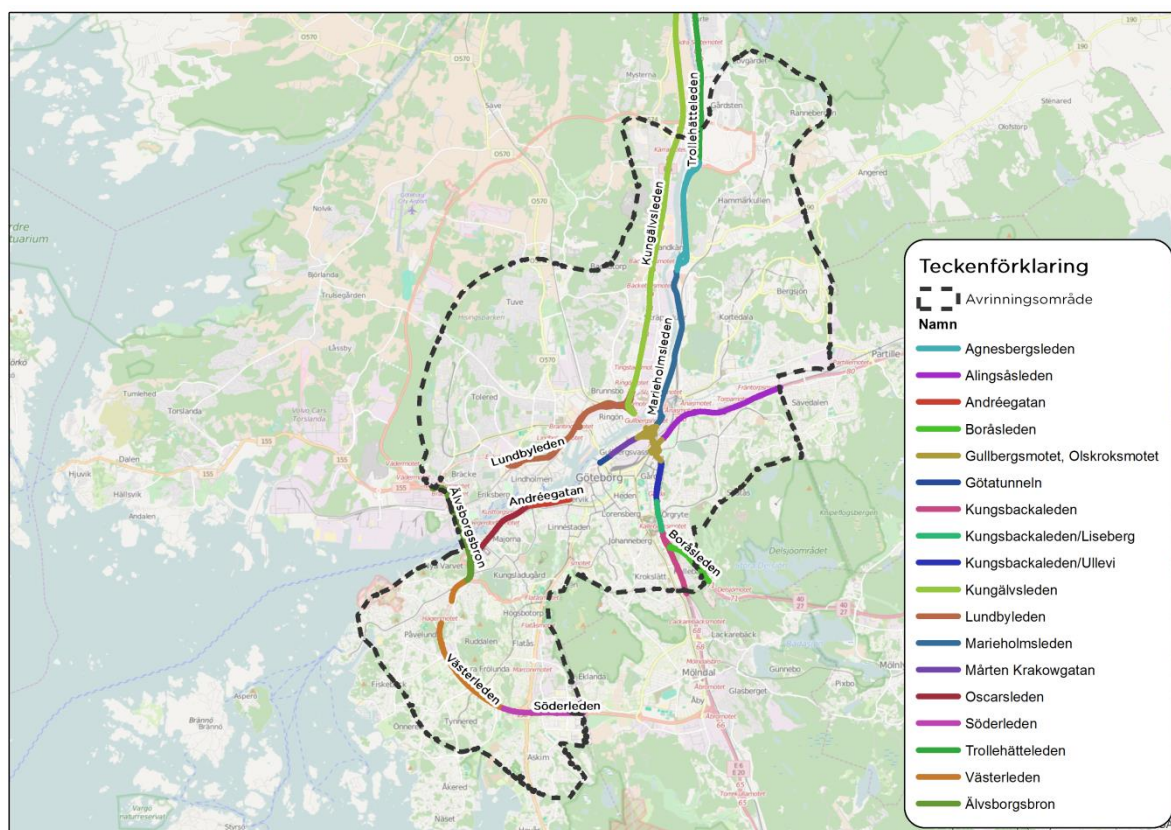
För att riskkartläggningsmodellen i FME ska kunna användas behöver byggnader kategoriseras efter de tillgängliga enhetspriser för byggnader som togs fram i projektet Hydromodell för Göteborg. Dessa kategorier är följande:

- Småhus
- Flerbostadshus
- Handel
- Industri
- Offentlig
- Transformatorstation
- Uthus

Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs Stad har kategoriserat sina byggnader, men för riskkartläggningsverktyget är det viktigt att skilja på småhus och flerbostadshus i kategorin bostadshus. Arbetet inleddes därför med att kategorisera småhus och flerbostadshus för de avrinningsränder där skyfallssimulering utförts.

Skyfallsresultaten som levererades av Göteborgs Stad i rasterformat täckte vattendrag, såsom Göta Älv, Mölndalsån och Säveån. Det var nödvändigt att radera eventuell översvämning i själva vattendragen så att denna inte skulle antas vara en djup översvämning i analysen. Översvämning längs vattendragen skulle beaktas och därför behölls översvämningen längs vattendragen.

Då modellområdet är betydligt större för skyfallssimuleringen än vad det var i projektet Hydromodell för Göteborg, var det nödvändigt att komplettera underlaget av År för vägar, se figur 2.



Figur 2 Översikt av de vägar där kostnad beräknats för väntetid i riskkartläggningsanalysen.

2.2 Riskkartläggning

I grova drag utförs riskkartläggningen genom att lägga skyfallsresultaten ovanpå objekt som kan översvämmas, såsom byggnader, spår och vägar. Skyfallsresultaten innehåller information om vattendjup i hela avrinningsområdet men översvämmade objekt har olika motståndskraft mot översvämning. Därför har följande antagits:

- Spår är översvämmade om vatten står 10 cm ovan spårerna, eftersom spårerna inte får användas om det står vatten i spårvägens eller järnvägens banunderbyggnad
- Byggnader är översvämmade om det står 20 cm vatten intill en byggnad, eftersom hus normalt har en sockel som är omkring 20 cm.
- Vägar är översvämmade om 30 cm vatten står ovanpå vägen, eftersom vägar kan klara djupare översvämning utan att skadas. Snabbt strömmande vatten ovanpå vägen kan orsaka skada och det har antagits att risken för strömmande vatten är störst vid djupare översvämning. Vägar anses också farbara om översvämningen är under 30 cm.

Skyfallsresultaten var uppdelade i tre delområden, Hisingen, Nordöst och Väst, och för dessa fanns skyfallsresultat för både 100 års regn och 500 års regn. Därmed var det nödvändigt att göra 6 körningar med riskkartläggningsverktyget.

De första resultaten av riskkartläggningen visade att väldigt många byggnader, spår och vägar riskerade att översvämmas, men flera objekt hade en väldigt liten översvämning i sin närhet. Riskkartläggningsverktyget uppdaterades därför till att kunna skilja mellan objekt som hade en hög respektive låg översvämningsrisk. Objekt som låg nära 4 eller fler celler (4x4 m) i rastret som representerar skyfallsresultatet definieras som objekt med en hög översvämningsrisk. Objekt som låg nära 3 eller färre celler definieras som objekt med låg översvämningsrisk. Därmed kan höjd tas för detta i en eventuell efterkommande Kostnads-Nytto Analys.

Varje körning med riskkartläggningsverktyget efter att det uppdaterats för att kategorisera objekt med hög respektive låg översvämningsrisk tog ca. 45-60 min per modellområde. Den ytterligare analysen för att definiera hög respektive låg översvämningsrisk är beräkningstung för modellen.

Samma enhetspriser som togs fram i projektet Hydromodell för Göteborg har använts i denna riskkartläggning, se tabell 1. För djupare förklaring till de framtagna enhetspriserna och beräkning av väntetid för väg, spårväg och järnväg hänvisas till rapport *1320001782-05-018_0_Simuleringsuppdrag_5* i projektet Hydromodell för Göteborg.

Baserat på underlag om vägars ÅDT, se figur 2, görs en manuell värdering om vägarna är farbara. Om de definieras som inte farbara beräknas väntetidskostnad för vägen baserat på vägens ÅDT multiplicerat med enhetspriset för bilars väntetid. För utförligare förklaring till beräkning av vägars väntetid hänvisar till rapport *1320001782-05-018_0_Simuleringsuppdrag_5* i projektet Hydromodell för Göteborg.

Även farbarheten av spår under/efter skyfall värderas manuellt baserat på skyfallsresultaten och utifrån information om antal spårvagnslinjer, persontåg och godståg beräknas kostnad för spårs väntetid. För utförligare förklaring till beräkning av spårs väntetid hänvisar till rapport *1320001782-05-018_0_Simuleringsuppdrag_5* i projektet Hydromodell för Göteborg.

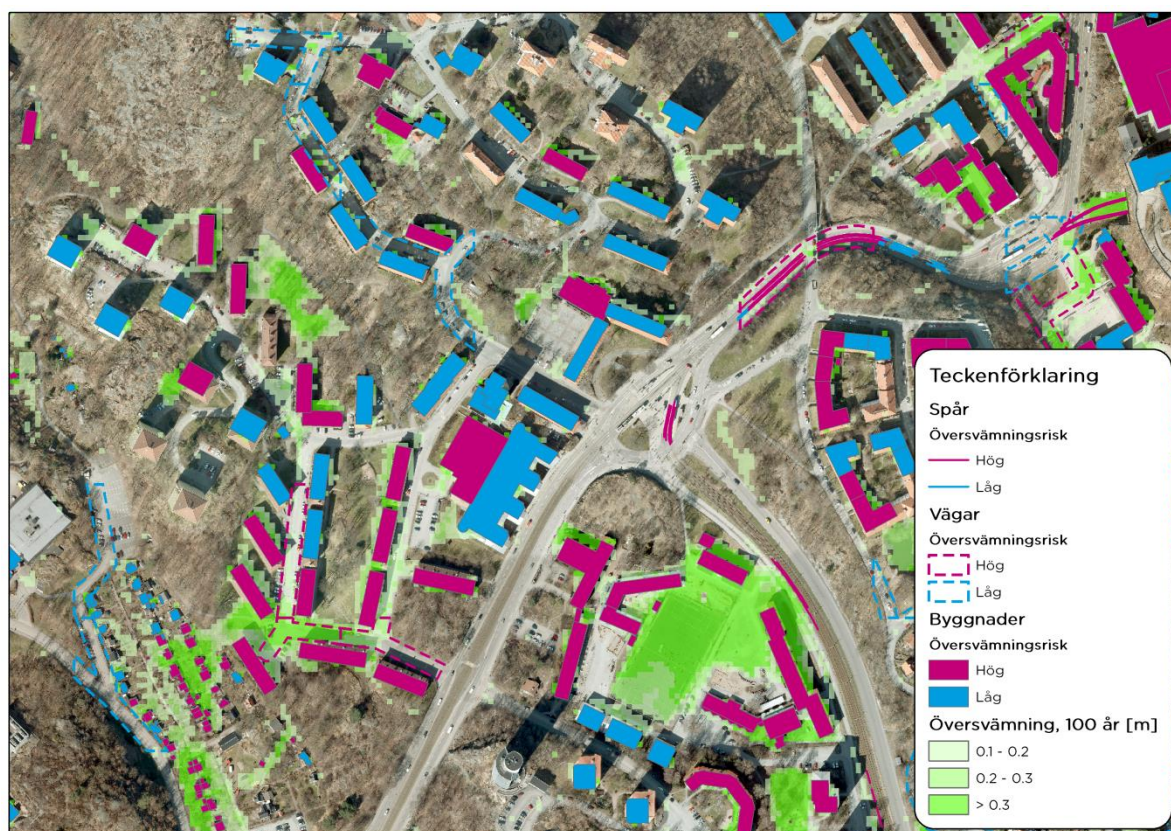
Kategori	Enhet	Kostnad (per enhet)	Källa
Skador på flerbostadshus och inventarier	Översvämmade byggnader	190 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Skador på industribyggnader och inventarier	Översvämmade byggnader	180 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Skador på offentliga byggnader och inventarier	Översvämmade byggnader	180 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Skador på handel/kontorsbyggnader och inventarier	Översvämmade byggnader	180 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Skador på småhus och inventarier	Översvämmade byggnader	47 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Skador på uthus och inventarier	Översvämmade byggnader	20 000 kr	IF, Göta Lejon, Forsikring & Pension
Produktionsförlust (industribyggnader)	Översvämmade byggnader	15 000 kr	Statistiska Centralbyrån, Sverige
Kostnad på grund av strömavbrott	Översvämmade transformator	380 000 kr	Ramböll
Skador på lokalväg	Kvadratmeter översvämmad lokalväg	110 kr	Trafikverket
Skador på huvudled	Kvadratmeter översvämmad huvudled	130 kr	Trafikverket
Skador på motorväg	Kvadratmeter översvämmad motorväg	150 kr	Trafikverket
Skador på spårväg/järnväg	Längdmeter översvämmad spår/järnväg	3 000 kr	Västkustbanan vid Falkenberg, Banverket, Vägverket
Kostnad för extra restid, persontåg	Tågtimmar	42 660 kr	Trafikverket, Transportministeriet
Kostnad för extra restid, spårvagn	Spårvagnstimmar	18 000 kr	Trafikverket, Transportministeriet
Kostnad för extra restid, godståg	Tågtimmar	11 250 kr	Trafikverket, Transportministeriet
Kostnad för extra restid, bilar	ÅDT per väg	24 kr	[CBAöversvämningGbg]

Tabell 1 Sammanställning av använda enhetspriser

3. RESULTAT

3.1 GIS resultat

För varje körning med riskkartläggningsmodellen skapas ett GIS resultat i form av tre shape filer som innehåller de översvämmade objekten för respektive scenario och modellområde. De tre shape filerna är Byggnader, Spår och Vägar. I respektive lager finns underkategorier för varje objekt och kategorisering om objektet har hög respektive låg översvämningsrisk, se figur 3. Dessa lager innehåller även översvämningskostnad för respektive objekt. För respektive scenario har shape filerna lagts samman för de tre modellområdena. Därmed blir slutresultatet för varje scenario en shape fil för respektive Byggnader, Spår och Vägar som täcker alla tre modellområdena, dvs 3 shapenfiler för varje scenario.

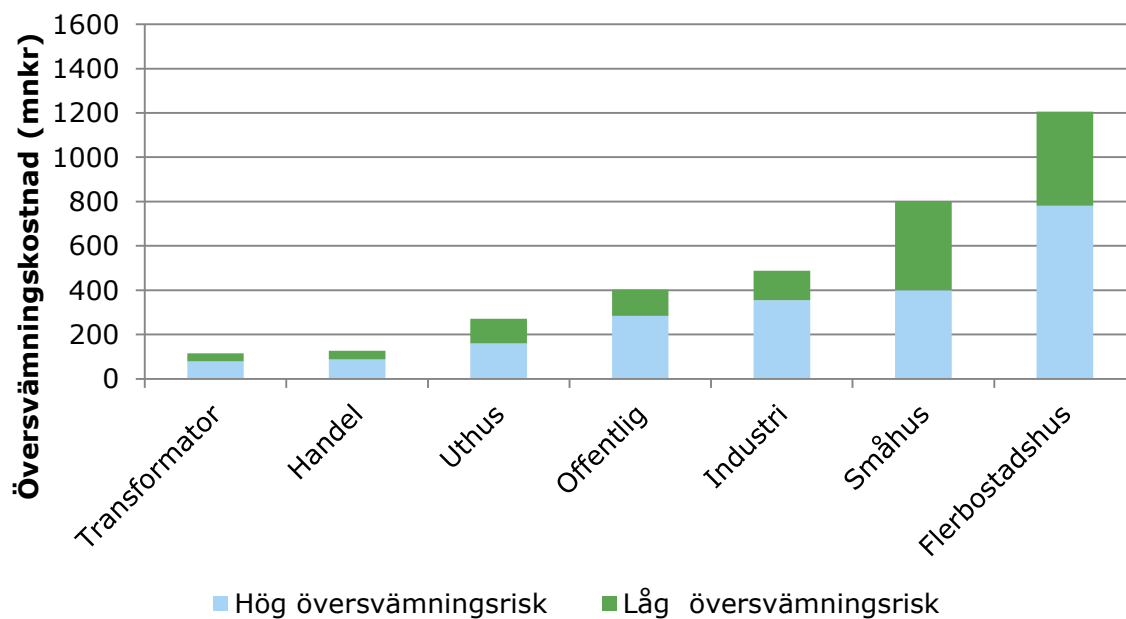


Figur 3 Exempel på riskkartläggning i Göteborg. De översvämmade objekten delas in i hög respektive låg risk för översvämning.

3.2 Excel resultat

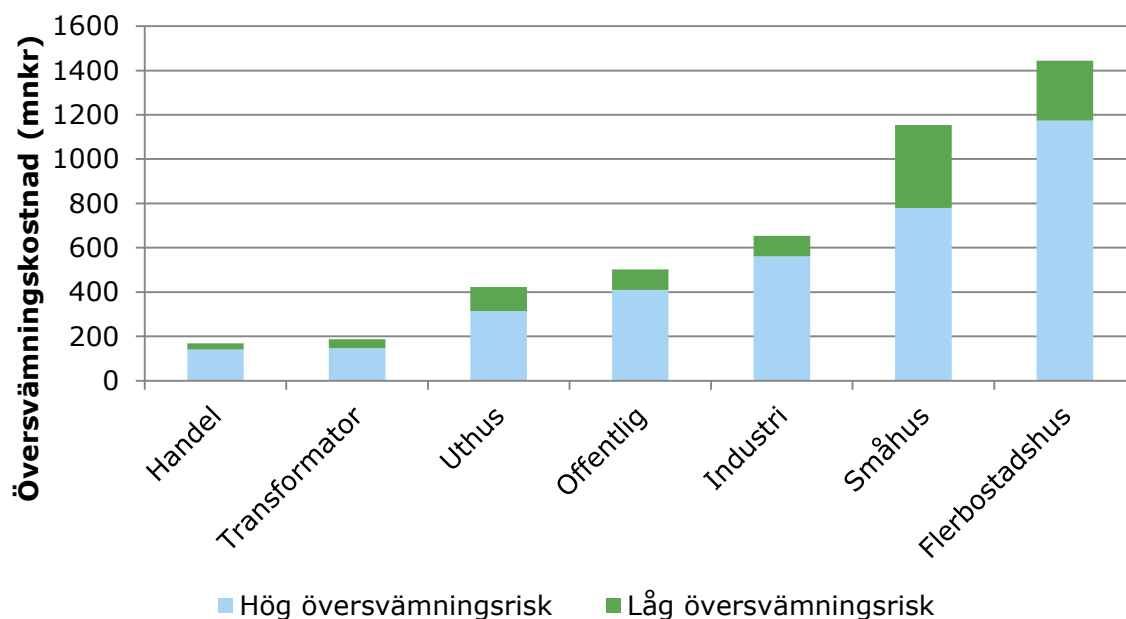
Riskkartläggningsverktyget skapar även en excel fil där antalet översvämmade objekt och dess översvämningskostnad i miljoner kronor (mnkr) summeras, uppdelat på underkategori och hög respektive låg översvämningsrisk. Informationen i dessa excel filer för varje delområde har samlats i en excel fil och summerats för hela avrinningsområdet där skyfallssimulering utförts. Excel filen ligger som Bilaga 1 till denna rapport. Baserat på excelfilen har histogram med översvämningskostnad för byggnader, spår och vägar samt väntetidskostnad för spår och vägar tagits fram. I figur 4 till figur 9 visas histogram för bägge scenariernas skyfallssimuleringsresultat.

Byggnader, 100 års skyfall

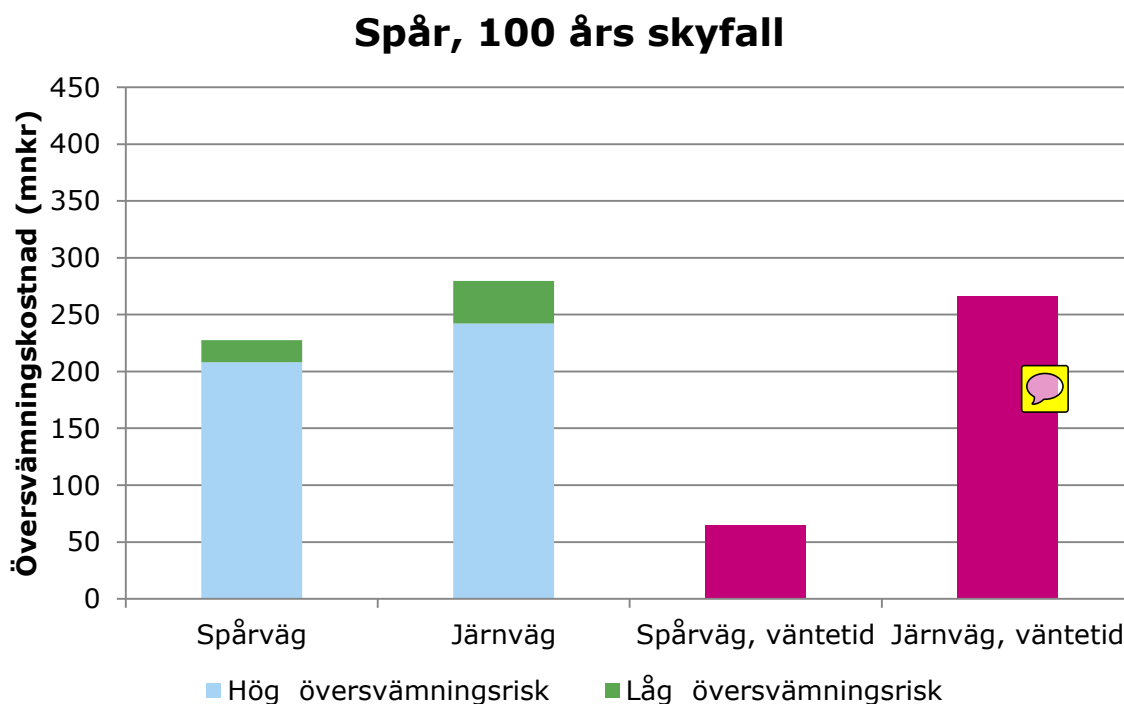


Figur 4 Översvämningskostnad för olika byggnadstyper vid ett skyfall med 100 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1.

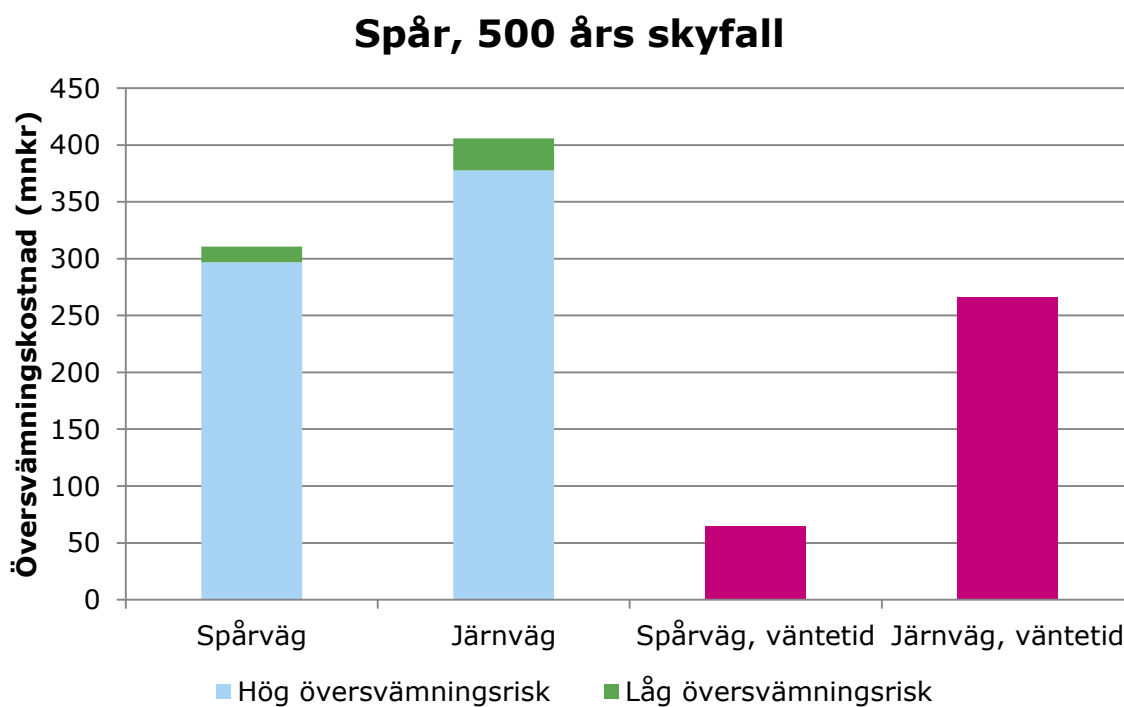
Byggnader, 500 års skyfall



Figur 5 Översvämningskostnad för olika byggnadstyper vid ett skyfall med 500 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1.

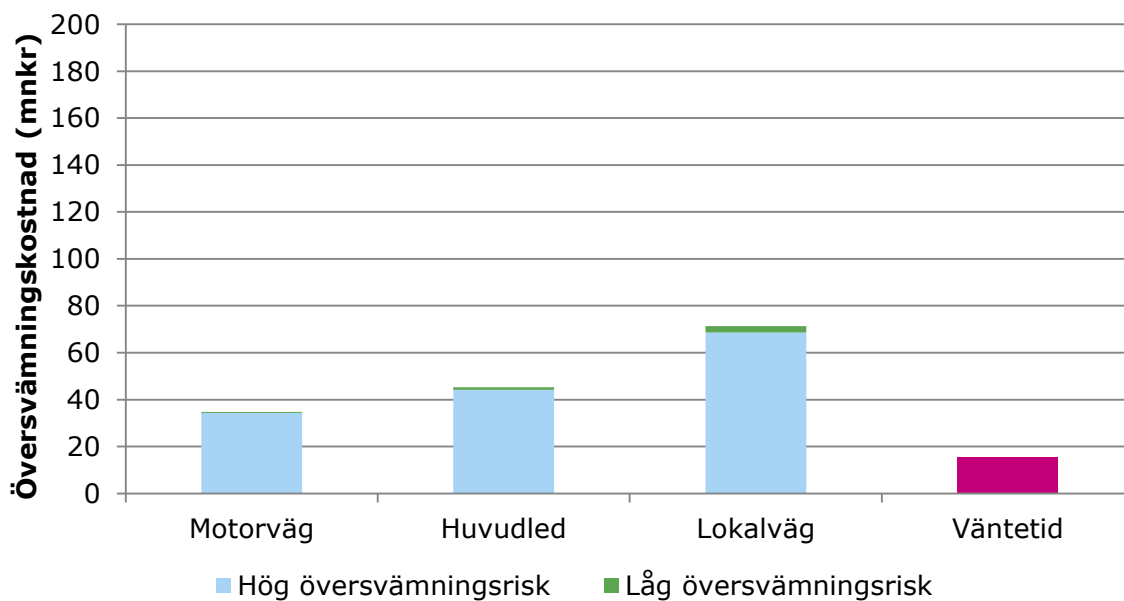


Figur 6 Översvämningskostnad och väntetidskostnad för olika spårtyper vid ett skyfall med 100 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1.



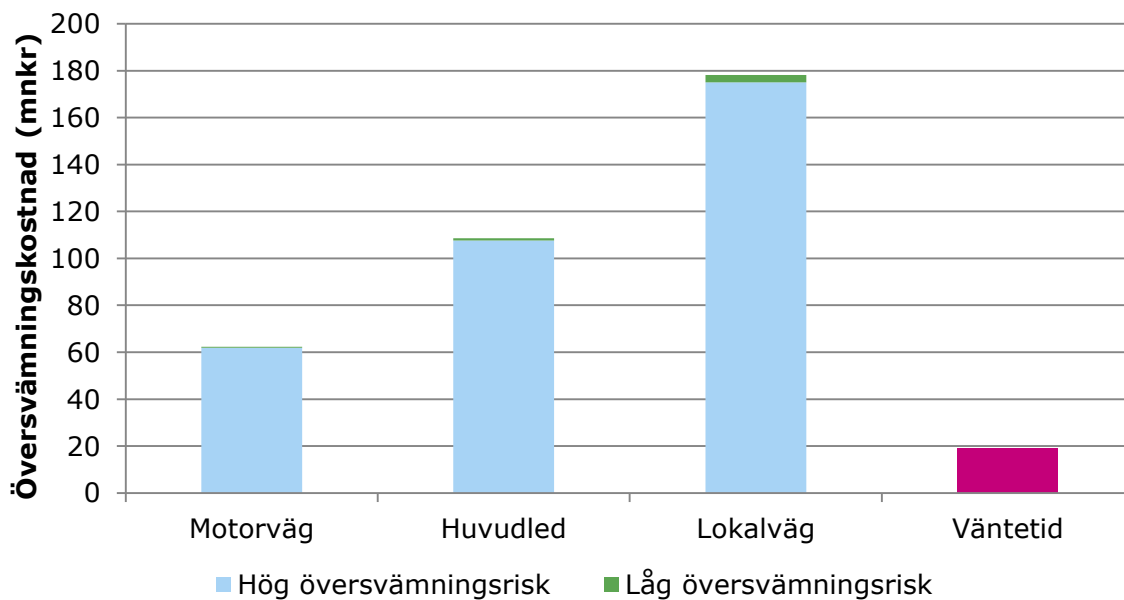
Figur 7 Översvämningskostnad och väntetidskostnad för olika spårtyper vid ett skyfall med 500 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1.

Vägar, 100 års skyfall



Figur 8 Översvämningskostnad och väntetidskostnad för olika vägtyper vid ett skyfall med 100 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1. Väntetidskostnad är beräknad för vägar i figur 2.

Vägar, 500 års skyfall



Figur 9 Översvämningskostnad och väntetidskostnad för olika vägtyper vid ett skyfall med 500 års återkomst tid inom avrinningsområdet för skyfallssimulering, se figur 1. Väntetidskostnad är beräknad för vägar i figur 2.

Skyfall, 100 år

Objekt	Enhetspris [kr]	Hög översvämningsrisk		Låg översvämningsrisk	
		Antal	Kostnad [mnkr]	Antal	Kostnad [mnkr]
Transformator	380000	207 st	79	94 st	36
Handel	180000	488 st	88	216 st	39
Uthus	20000	8018 st	160	5524 st	110
Offentlig	180000	1578 st	284	662 st	119
Industri	195000	1822 st	355	678 st	132
Småhus	47000	8497 st	399	8488 st	399
Flerbostadshus	190000	4112 st	781	2233 st	424
Spårväg	3000	69364 m	208	6527 m	20
Järnväg	3000	80713 m	242	12474 m	37
Motorväg	150	228608 m2	34	3424 m2	1
Huvudled	130	340080 m2	44	8048 m2	1
Lokalväg	110	623488 m2	69	24592 m2	3
Totalt			2744	Totalt	1321

Väntetid	Kostnad [mnkr]
Spårväg	65
Järnväg	266
Vägar	15
Totalt	346

Tabell 2 Sammanställning av beräknade översvämningskostnader och väntetidskostnader för skyfallsresultat med 100 års återkomsttid.

Skyfall, 500 år

Objekt	Enhetspris [kr]	Hög översvämningsrisk		Låg översvämningsrisk	
		Antal	Kostnad [mnkr]	Antal	Kostnad [mnkr]
Handel	180000	786 st	141	147 st	26
Transformator	380000	386 st	147	108 st	41
Uthus	20000	15736 st	315	5379 st	108
Offentlig	180000	2279 st	410	514 st	93
Industri	195000	2877 st	561	476 st	93
Småhus	47000	16580 st	779	7974 st	375
Flerbostadshus	190000	6182 st	1175	1416 st	269
Spårväg	3000	98928 m	297	4645 m	14
Järnväg	3000	125886 m	378	9364 m	28
Motorväg	150	412832 m2	62	2656 m2	0
Huvudled	130	827424 m2	108	8096 m2	1
Lokalväg	110	1591600 m2	175	28000 m2	3
Totalt			4547	Totalt	1051

Väntetid	Kostnad [mnkr]
Spårväg	65
Järnväg	266
Vägar	19
Totalt	350

Tabell 3 Sammanställning av beräknade översvämningskostnader och väntetidskostnader för skyfallsresultat med 500 års återkomsttid.

4. SLUTSATS

Enligt uppställt riskkartläggningsverktyg är den totala skadekostnaden för ett skyfall med 100 års återkomsttid omkring 2,7 mdkr (miljarder kronor) för objekt med hög översvämningsrisk, se tabell 2. Dessutom är den totala skadekostnaden för objekt med låg översvämningsrisk omkring 1,3 mdkr. Kostnaden för väntetid är omkring 350 mnkr. För ett skyfall med 500 års återkomsttid är den totala kostnaden omkring 4,5 mdkr för objekt med hög översvämningsrisk, se tabell 3. Den totala kostnaden för skadekostnaden för objekt med låg översvämningsrisk är omkring 1 mdkr. Kostnaden för väntetid är omkring 350 mnkr även för skyfall med 500 års återkomsttid.

Det är flerbostadshus och småhus som står för den största delen av skadekostnader för byggnader, se figur 4 och figur 5. Industribyggnader, offentliga byggnader och uthus står även för en stor del av kostnaden, medan handel och transformatorstationer står för en mindre del. Merparten av de översvämmade byggnaderna har en hög översvämningsrisk och för en mindre del är översvämningsrisken låg.

När det gäller spår är det järnväg som står för den största delen av skadekostnaden, även om spårväg också står för stor del av skadekostnaden, se figur 6 och figur 7. En väldigt stor del av de översvämmade spåren har en stor översvämningsrisk och för en liten andel är översvämningsrisken låg. Väntetidskostnaden är störst för järnväg eftersom tågen beräknas ha betydligt fler passagerare än spårvagnarna. Väntetidskostnaden är samma oavsett om det är ett 100 eller 500 års skyfall, eftersom samtliga spårvägarna och järnvägarna definieras som inte farbara i bägge skyfallen. Detta är troligtvis ingen realistisk slutsats eftersom problemen borde vara större vid ett skyfall med högre återkomsttid. Det kan diskuteras om tiden då spåren står översvämmade skall vara längre för ett regn med 500 års återkomsttid, eftersom de antagna 16 timmarna för järnväg och 6 timmar för spårväg är en grovt förenklad uppskattning.

För vägar är det lokalvägar som står för den största skadekostnaden, därefter huvudled och sist motorvägar, se figur 8 och figur 9. Nästan alla översvämmade vägar har stor översvämningsrisk, vilket troligtvis beror på att gränsvärde för översvämnning av väg är 30 cm och då är översvämnningen generellt sammanhängande och därmed definieras översvämningsrisken som hög. Det är relativt stor skillnad mellan översvämningskostnaden för vägar vid ett skyfall med 100 års återkomsttid jämfört med ett skyfall med 500 års återkomsttid. Kostnaden för vägars väntetid är relativt låg, beroende på att väntetidskostnad endast beräknas för huvudlederna eftersom ÅDT för mindre vägar inte har funnits tillgängligt.

BILAGA 1
1320001782-05-030_BILAGA_1.XLSX

[Text]