

Metodik för framtagande av konsekvenskartor för klimatanpassad dagvattenplanering

VATTENFÖRSÖRJNINGS- OCH AVLOPPSTEKNIK | INSTITUTIONEN FÖR KEMITEKNIK, LTH | LUND UNIVERSITY
VENDELA KARLSSON | EXAMENSARBETE 2023



Metodik för framtagande av konsekvenskartor för klimatanpassad dagvattenplanering

av

Vendela Karlsson

Examensarbete nr: 2023-05

Vattenförsörjnings- och avloppsteknik
Institutionen för kemiteknik
Lunds universitet

Oktober 2023

Handledare: **Salar Haghigatafshar**

Biträdande handledare: **Sara Roth**

Examinator: **Karin Jönsson**

Bild på framsidan: Regn. Foto av @framemily nedladdad från unsplash.com

Postadress

Box 124
221 00 Lund

Hemsida

www.vateknik.lth.se

Besöksadress

Naturvetarvägen 14

Telefon

046-222 82 85

046-222 00 00

Förord

Examensarbetet har utförts vid institutionen för Kemiteknik på Lunds Tekniska Högskola. Arbetet motsvarar 30 högskolepoäng och utgör det avslutande momentet av min utbildning inom civilingenjörsprogrammet Ekosystemteknik.

Först och främst vill jag tacka mina handledare Salar Haghighatafshar och Sara Roth och min examiner Karin Jönsson. Tack för alla intressanta ämnesförslag i början av mitt examensarbete och för er hjälp och värdefulla kommentarer under arbetets gång.

Jag vill även tacka Sofia Dahl och Sven Bengtsson på NSVA för att ni har tagit er tid att dela med er av information och tips kring konsekvenskarteringar och QGIS. Tack även till GIS-avdelningen i Landskrona stad för tillhandahållande av geodata.

Slutligen vill jag tacka min familj och mina vänner som har funnits där för mig och stöttat mig under examensarbetet och under alla år på LTH.

Lund, oktober 2023

Vendela Karlsson

Populärvetenskaplig sammanfattning

Konsekvensanalys för urbana översvämningar

Vilka konsekvenser uppstår till följd av översvämningar och var riskerar de att bli som störst? Det är två frågor som vi bör ställa oss i arbetet med att minimera de negativa effekterna på samhället.

De senaste åren har nyheterna om extremväder runt om i världen avlöst varandra. I samband med det förändrade klimatet förväntas både fler skyfall och perioder av torka att bli vanligare. Under sommaren 2023 har många människor i Sverige drabbats av konsekvenser till följd av översvämningar i samband med stormen Hans, källare har blivit vattenfyllda och vägar obrukbara.

Vi har i stort sett ingen makt att styra över när och hur mycket regn som kommer. Då återstår alternativet att anpassa bebyggelsen efter vattnet för att minimera konsekvenserna när skyfall- en oundvikligen sker. Vid måttliga regn klarar städernas befintliga system för dagvatten av att hantera vattenmängderna men i samband med kraftigare nederbörd krävs det nya åtgärder. Med tanke på att våra städer redan är relativt tätbebyggda och inte nödvändigtvis har plats för ytliga lösningar för avledning av vatten kan åtgärderna bli mycket kostsamma och tidskrävande. För att underlätta planeringen av vilka områden som ska prioriteras är det därför intressant att undersöka var konsekvenserna riskerar att bli störst. Ett översvämmat sjukhus eller en kraftigt trafikerad huvudled kan exempelvis anses utgöra en allvarligare konsekvens än en översvämmad villa och en uppfart.

Konsekvensanalyser har genomförts för flera svenska städer men i och med att vi, till skillnad från många andra länder, saknar en nationell standard skiljer sig analyserna ofta mycket åt. Det här examensarbetet har därför undersökt vilka konsekvenser som kan uppstå samt tagit fram en metodik för hur de kan kvantifieras och kartläggas. Metodiken bygger till stor del på nationella data vilket gör att den är applicerbar i hela Sverige. I den framtagna metodiken ingår uppskattning av skadekostnader för byggnader, vägar och fordon samt bedömning av konsekvenser för samhällsviktig verksamhet, kulturvärden, framkomlighet och människor.

Det finns dock flera osäkerheter kopplade till hur olika konsekvenser bör bedömas både när de undersöks separat och i förhållande till andra. Två av de största svårigheterna är jämförelse av ekonomiska och icke-ekonomiska konsekvenser samt att avgöra när olika typer av konsekvenser kan förväntas inträffa. Det är därför nödvändigt att samla in mer information om hur olika objekt påverkas vid översvämningar och att föra en dialog kring vad vi värdesätter i vårt samhälle.

Summary

The extreme short-term precipitation in Sweden is expected to increase due to climate change. This means that there will be an increased risk of floodings in urban areas. Several cloud-bursts during the past decade have caused major damage to communities all over Sweden with high restoration costs as a result. To prevent further damage, solutions for managing increased amounts of water are needed. However, since new measures are often costly, it is necessary to develop strategies for which geographical areas should be prioritized.

There is currently no national standard for how consequence analyses of floodings should be made, and a review of previous analyses shows that the investigated consequence categories and the methods used varied greatly. The purpose of this thesis has therefore been to conduct a literature review with the aim of finding out what consequences may arise in case of a flood as well as developing a methodology for future consequence analyses using QGIS. The availability of geodata as well as the possibility of analyzing the consequences without site-specific studies were important factors when selecting which consequences to include. The selected categories are damage costs for buildings, vehicles, roads and railroads and also consequences for vital societal functions, cultural values, road accessibility and human health. The consequences are assessed by combining data of inundation depth and water velocity with geodata of buildings and roads amongst other things.

The developed methodology was applied to a modelled flood in the city of Landskrona and a script containing all the steps was created with the plugin PyQGIS to facilitate the repetition of the analysis in other cities. The results of the methods for three of the consequence categories were also compared with alternative methods which highlighted that the prioritization order of areas based on the severity of the consequences differ depending on which method is used. The work showed that it is possible to carry out general consequence analysis using geodata with national coverage but also that there is a lack of information about when consequences can be expected and how they should be assessed in relation to others.

Key words: Consequence mapping, Consequence analysis, Flooding, Stormwater management, QGIS

Sammanfattning

Den extrema korttidsnederbörden i Sverige förväntas öka till följd av det förändrade klimatet vilket innebär en ökad risk för översvämningar i urbana miljöer. Under det senaste decenniet har kraftiga skyfall orsakat stora skador på samhällen runt om i Sverige med höga återställningskostnader som följd. För att förhindra ytterligare skador behövs lösningar för att hantera ökade vattenmängder i tätorter. Nya åtgärder är ofta kostsamma och det blir därmed nödvändigt att ta fram strategier för vilka geografiska områden som ska prioriteras. En metod för att göra det är att undersöka var konsekvenserna av en potentiell översvämning förväntas bli störst.

I Sverige finns det i dagsläget ingen nationell standard för hur konsekvensanalyser för översvämningar ska göras. En genomgång av genomförda analyser visade stora skillnader mellan vilka konsekvenskategorier som undersöktes och vilka metoder som användes. Syftet med examensarbetet har därför varit att, utifrån existerande litteratur, undersöka vilka konsekvenser som kan uppstå vid översvämningar i tätorter samt att ta fram en metodik för hur analyser kan genomföras i framtiden med hjälp av QGIS. Vid valet av konsekvenskategorier togs hänsyn till tillgången till geodata och om de bedömdes kunna analyseras utan platsspecifika utredningar. Kategorierna som har inkluderats är skadekostnader för byggnader, fordon, vägar och järnvägar samt konsekvenser för samhällsviktig verksamhet, kulturvärden och människors hälsa. Konsekvenserna bedöms genom att kombinera data över vattendjup och flödes-hastigheter för en modellerad översvämning med geodata över bland annat byggnader och vägar.

Den framtagna metodiken tillämpades på en modellerad översvämning i Landskrona och ett script över alla ingående steg skapades med plugin-programmet PyQGIS för att underlätta upprepning av analysen i andra tätorter. Resultaten från metoderna för tre av konsekvenskategorier jämfördes även med alternativa metoder vilket synliggjorde att rangordningen av delområden, baserat på konsekvensernas storlek, skiljer sig åt beroende på vilken metod som används. Av arbetet framgick att det är möjligt att utföra översiktliga konsekvensanalyser med hjälp av nationellt täckande geodata men även att det saknas väldokumenterad information om när konsekvenser kan förväntas uppstå och hur olika konsekvenser bör värderas i relation till varandra.

Nyckelord: Konsekvenskartering, Konsekvensanalys, Översvämning, Dagvattenhantering, QGIS

Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte	3
1.3	Metod	4
1.4	Avgränsning.....	6
2	Litteraturstudie.....	7
2.1	Introduktion till konsekvensanalyser	7
2.2	Genomförda konsekvensanalyser	8
2.3	Modellering av vattendjup och flödes hastigheter	11
2.4	Kvantifiering av konsekvenser	12
3	Metodutveckling.....	25
3.1	Krav på metodiken och var data kan hämtas	25
3.2	Hydrauliska data	25
3.3	Indelning delområden	26
3.4	Byggnader.....	26
3.5	Samhällsviktig verksamhet	28
3.6	Kulturvärden	31
3.7	Skadekostnad fordon.....	33
3.8	Framkomlighet.....	34
3.9	Skadekostnad vägar	38
3.10	Människors hälsa.....	38
3.11	Sammanlagning av konsekvenser.....	41
4	Konsekvenskarteringar	43
4.1	Byggnader.....	43
4.2	Totala skadekostnader.....	43
4.3	Samhällsviktig verksamhet	44
4.4	Kulturvärden	45
4.5	Framkomlighet.....	45
4.6	Människor	47
4.7	Sammanlagda konsekvenser	47
4.8	Vidare möjligheter	48
5	Diskussion	51
5.1	Resultat och alternativa metoder.....	51
5.2	Tidigare analyser och val av konsekvenskategorier	51
5.3	Osäkerheter och förbättringsmöjligheter	52

6	Slutsatser	57
7	Framtida studier	59
8	Referenser	61
8.1	Geodata.....	66
Bilaga A - Sammanfattning av tidigare konsekvensanalyser		
Bilaga B - Bakgrundsdata till konsekvensanalyser		
Bilaga C - Konsekvenskartor Landskrona		

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Klimatförändringarna leder till förändrade nederbördsmönster över hela världen (IPCC 2022). I norra Europa har både medelnederbörden och den kraftiga nederbörden ökat under de senaste decennierna och förväntas öka ytterligare till följd av den globala uppvärmningen. En sammanställning av nederbördsstatistik för Sverige tyder också på att effekterna av det förändrade klimatet redan har kunnat observeras i form av en ökning av den största årliga dygnsnederbörden sedan slutet av 1800-talet (Schimanke m.fl. 2022). Enligt en analys av två av IPCC utsläppsscenarioer, RCP4.5 och RCP8.5, förväntas både den största dygnsnederbörden och den extrema korttidsnederbörden öka i hela landet fram till år 2098 (Eklund m.fl. 2015).

Ökade nederbördsmängder och mer intensiva skyfall medför en ökad risk för så kallade pluvi-ala översvämningar, vilket är översvämningar orsakade av nederbörd. Urbana områden är speciellt utsatta på grund av att en stor del av marken ofta är täckt av hårdgjorda ytor med låg infiltrationsförmåga. När stora mängder nederbörd faller under kort tid riskerar även ytor som i vanliga fall är infiltrerbara att översvämmas. Större vattenmängder innebär en större belastning på städernas avvattningsystem vilket i sin tur gör att det blir viktigare med fungerande dagvattenhantering.

Dagvatten definieras på flera olika sätt av olika aktörer; sammanfattningsvis beskrivs det som regn- och smältvatten som rinner av från och på hårdgjorda ytor som till exempel byggnader och vägar (VA-guiden 2013; SMHI 2023a). På samma sätt saknas det en entydig definition av vad ett skyfall är och begreppet används på varierande sätt för att beteckna kraftig nederbörd under en kort tidsperiod. Enligt SMHI definieras ett skyfall som ett nederbördsevent med en intensitet på minst 50 mm/timme eller minst 1 mm/minut (SMHI 2023b). Samma definition används också av MSB (2017). SMHIs definition anses däremot inte vara anpassad för dagvattenavrinning i urbana miljöer enligt Bäckman (2018). När begreppet används i urbana sammanhang förstås i stället att ett nederbördsevent bör räknas som ett skyfall om det leder till att avloppssystemets kapacitet överskrids med följderna att dagvattnet börjar rinna på markytan (Bäckman 2018). Baserat på ledningsnätets utformning motsvarar det ungefär ett regn med en återkomsttid på 10 år (Bäckman 2018). Även Salomonsson m.fl. (2017) definierar skyfall som ”nederbörd som är större än vad de allmänna dagvattenledningarna är avsedda att ta hand om”. Nackdelen med att ha en definition som är baserad på ledningsnätets kapacitet är att den blir flytande. Till exempel kan ett regn med samma egenskaper räknas som ett skyfall i en stad men inte i en annan. Vidare kan en stads förmåga att hantera skyfall inte förbättras om gränsen hela tiden flyttas framåt. Det finns därmed flera argument som stödjer användandet av SMHI:s definition även i urbana områden. För att undvika begreppsförvirring i rapporten används dock en mycket allmängiltig betydelse där skyfall definieras som kraftiga nederbördsevent som potentiellt kan leda till översvämningar med negativa konsekvenser för samhället som följd.

I dagsläget dimensioneras nya dagvattensystem utifrån återkomsttider för de regn de förväntas kunna hantera. Återkomsttider beräknas i sin tur som en sannolikhet baserad på historisk nederbördsstatistik. För att ta de förändrade nederbördsmönstren i beaktande multipliceras regnen med en klimatfaktor (Svenskt Vatten 2016). I Svenskt Vattens publikation P110 beskrivs designkraven och ansvarsfördelningen för nya dagvattensystem. De är uppdelade i tre kategorier baserat på bebyggelsen i området, gles bostadsbebyggelse, tät bostadsbebyggelse och centrum och affärsområden där den sistnämnda kategorin måste kunna hantera regn med

längst återkomsttid. Det är VA-huvudmannens ansvar att se till så systemen klarar av att hantera regn med återkomsttider motsvarande designkraven på upp till 30 år. Hanteringen av översvämningar med återkomsttider på över 100 år som förväntas orsaka skador på byggnader är i stället kommunens ansvar. Det rekommenderas också att öppna dagvattensystem ska implementeras där det är möjligt och att dagvatten och spillvatten ska ledas i separata ledningar (Svenskt Vatten 2016).

Viktigt att notera är att de ovan beskrivna reglerna enbart gäller för nya ledningar vilket innebär att en stor andel av de befintliga systemen inte är anpassade för de vattenmängder som det förändrade klimatet väntas medföra. I och med att många av de befintliga dagvattensystemen utgörs av rörlednningssystem som i många fall hanterar både dag- och spillvatten är det komplicerat och kostsamt att anpassa systemen och samhället efter de nya riktlinjerna. Ytterligare kostnader tillkommer för översvämningsskador i de fall då systemen inte är dimensionerade för de nederbördsmängder som kommer och den omgivande bebyggelsen är dåligt anpassad för att kunna stå emot vattnet. Under de senaste åren har flera kraftiga skyfall över svenska städer lett till omfattande översvämningar med höga återställningskostnader som följd. Kostnaderna för skyfallen över Malmö år 2014 och över Gävleborgs län 2021 beräknades vara över en miljard (SMHI 2023c) respektive minst en halv miljard kronor (Länsstyrelsen Gävleborg 2022). Vidare visade en sammanställning av försäkringsbolaget Länsförsäkringar att deras registrerade kostnader för översvämningsskador år 2021 uppgick till 600 miljoner kronor vilket var den högsta siffran sedan år 1995 (Länsförsäkringar 2021). Ett stort antal anmälningar om översvämningsskador har även inkommit i samband med ovädret Hans under sommaren 2023 som även utmärker sig genom att den inte enbart drabbat en ort utan samhällen över hela Sverige (Lundberg 2023).

Det är tydligt att arbetet med att ta fram nya lösningar för städers dagvattenhantering är förenat med många utmaningar. Enligt P110 finns det ett glapp i ansvarsfördelningen för nederbördsevenet med återkomsttider på mellan 30 och 100 år vilket kan orsaka problem i sig. Förändrade nederbördsmönster till följd av klimatförändringar och höga kostnader är ytterligare exempel på hinder som behöver hanteras vid utformningen av framtida åtgärder med syfte att minimera de negativa följderna av skyfall.

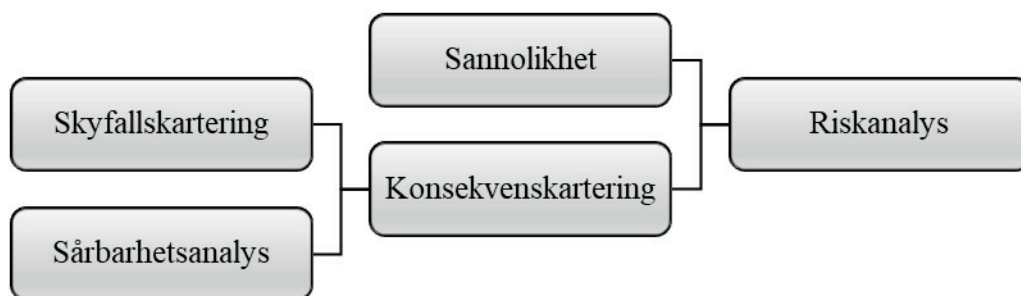
Som en väg framåt efterfrågar Haghigatafshar m.fl. (2020) ett helhetsperspektiv i samband med dagvattenfrågor där hänsyn inte enbart tas till dimensionering av dagvattensystemet utan även till de objekt som riskerar att påverkas i de fall där systemets kapacitet överstigs. Genom att utvärdera en stads behov utifrån ett riskbaserat perspektiv blir det lättare att allokera resurser till de områden där de behövs som mest. Beroende av sammanhang används begreppet risk på olika sätt och blandas ibland ihop med sannolikhet. Haghigatafshar m.fl. (2020) föreslår att det betecknas som produkten av sannolikheten för att en händelse kommer inträffa och konsekvenserna som uppkommer om händelsen inträffar enligt Ekvation 1.

$$\text{Risk} = \text{Sannolikhet} \cdot \text{Konsekvens} \quad (1)$$

Sannolikheten att en översvämning med en specifik utbredning sker är kopplat till sannolikheten att ett regn med en viss intensitet och varaktighet sker. I sammanhanget anses en konsekvens vara en negativ följd av en översvämning. Konsekvensens omfattning beror främst på de två faktorerna sårbarhet och fara (Aribisala m.fl. 2022). Sårbarhet är en inneboende egenskap hos de objekt som utsätts, den kan bland annat beskriva hur bebyggelsen i ett område skulle påverkas vid kontakt med stående vatten. Sårbarheten påverkas även av hur väl förberett samhället är för att hantera översvämningar och vilka åtgärder som vidtas när de uppstår.

Faran beskriver egenskaperna hos översvämningen och kan till exempel mätas i vattendjup och flödes hastighet (Aribisala m.fl. 2022).

För att kunna uppskatta risker och avgöra var de är som störst behövs alltså metoder för att bedöma de ingående delarna i Ekvation 1. Sannolikhet beräknas baserat på historiska data enligt beskrivningen ovan. Kvantitativa värden över faran kan utläsas från skyfallskarteringar där vattenmängden som genereras från ett eller flera nederbördsevent omvandlas till vattendjup och flödes hastigheter på marken med hjälp av hydrauliska modeller. Ett samhälles sårbarhet kan med relativt enkla medel identifieras kvalitativt; en översvämmad väg kan innebära att framkomligheten blir begränsad och bostäder med källare riskerar att drabbas av källaröversvämningar om vatten tar sig in. För att kunna dra slutsatser och använda risk som ett underlag för beslut är det däremot nödvändigt att även kvantifiera sårbarheter. En konsekvenskartering kombinerar resultatet från en skyfallskartering och en sårbarhetsanalys och kan användas för att visualisera var konsekvenser potentiellt kan uppstå samt deras storlek. Delarna som behövs för att kunna genomföra en riskanalys presenteras i Figur 1.



Figur 1. Nödvändiga delsteg vid genomförandet av en riskanalys.

Det finns flera exempel på framtagna konsekvens- och riskanalyser för översvämningar av svenska städer men ingen standardiserad metod. Det innebär att de genomförda analyserna skiljer sig åt, både med avseende på detaljrikedom och vilka typer av konsekvenser som inkluderas. Det är dessutom flera kommuner som varken genomfört konsekvens- eller riskanalyser. Enligt Svenskt Vattens undersökning Hållbarhetsindex 2022, där 61% av Sveriges kommuner deltog, svarade drygt 30% att de inte hade utrett vilka områden som potentiellt kan vara sårbara för översvämningar (Svenskt Vatten 2023).

En standardiserad metod för beräkning av risker samt kartläggning och kvantifiering av potentiella översvämningseksekvenser skulle göra det enklare för kommuner som inte har påbörjat arbetet och även underlätta framtida analyser i övriga städer. I och med att det redan finns väletablerade metoder för hur skyfallskarteringar utförs samt hur sannolikheten beräknas kommer det här examensarbetet fokusera på hur sårbarheter kan kvantifieras. Vidare beskrivs hur sårbarhetsanalysen kan kombineras med befintliga översvämningssdata för att ta fram konsekvenskartor över en stad. Konsekvenserna inom förutbestämda delområden kan sedan räknas ihop för att få en uppfattning om vilken del av staden som är i störst behov att åtgärder för att förhindra negativa konsekvenser i händelse av en översvämning.

1.2 Syfte

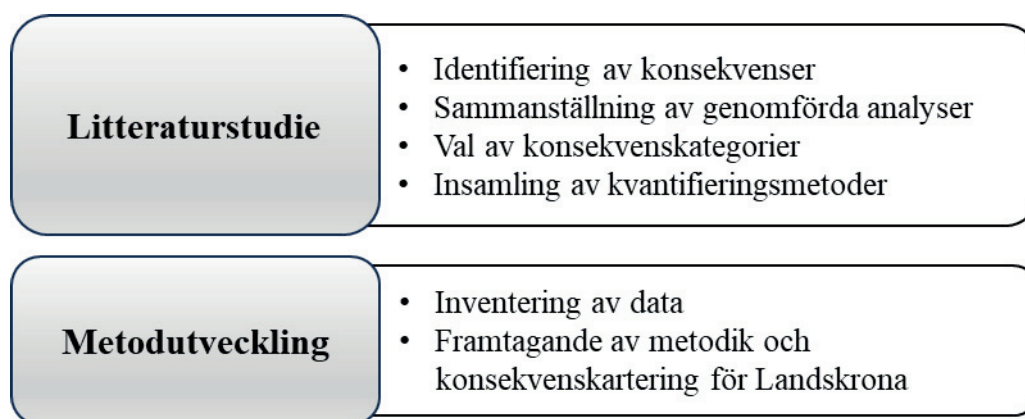
Arbetet syftar till att ta fram en standardiserad metodik för att skapa konsekvenskartor för pluviala översvämningar i Sverige. Konsekvenskartorna ska utformas på ett sätt så att de kan bidra till att underlätta planeringsarbetet med dagvattenhantering. För att uppnå syftet har följande frågeställningar och deluppgifter adresserats.

1.2.1 Frågeställningar och deluppgifter

- Vad innebär en konsekvens och hur definieras den?
- Vilka olika typer och kategorier av konsekvenser kan identifieras?
- Hur har konsekvensanalyser gjorts tidigare och vilka metoder kan användas för att skapa konsekvenskartor?
- Inventering av data som behövs för en gedigen konsekvensanalys och dess tillgänglighet.
- Utveckling av en metodik för framtagande av konsekvenskartor.
- Framtagande av en konsekvenskarta för Landskrona tätort som ett koncepttest.

1.3 Metod

Arbetet delades upp i två huvudsakliga delar; en litteraturstudie följt av metodutveckling, enligt Figur 2.



Figur 2. Examensarbetets metod.

Nedan beskrivs metodens ingående delar mer utförligt.

1.3.1 Identifiering av konsekvenser

I arbetets första skede identifierades potentiella konsekvenser vid olika typer av översvämningar. Information hämtades bland annat från SMHI, Trafikverket och MSB. Sökorden som användes i MSB:s databas var *konsekvens* i kombination med *översvämning* och *skyfall*.

1.3.2 Sammanställning av genomförda analyser

Därefter studerades och sammanställdes metoder som använts i tidigare genomförda analyser och karteringar kopplade till översvämningseksekvenser. Metoderna hittades främst genom sökningar i Google där bland andra *skyfallskartering* och *konsekvensanalys/ konsekvenskartering* i kombination med *översvämning* användes som sökord. Analyserna som valdes ut för rapporten fokuserade helt eller delvis på konsekvenser i urbana områden och undersökte konsekvenser i Sverige. Den nationella avgränsningen gjordes på grund av att datatillgången skiljer sig mycket åt mellan olika länder och att det därför är svårare att applicera andra länders metoder i svenska tätorter. Vid urvalet uteslöts även analyser som inte hade tydliga metodbeskrivningar.

1.3.3 Val av konsekvenskategorier

Utifrån de två föregående delarna valdes konsekvenskategorier ut baserat på deras relevans för pluviala översvämningar samt möjligheten att inkludera dem i analysen. De sex kategorierna som valdes ut var:

- Byggnader
- Samhällsviktig verksamhet
- Kulturvärden
- Fordon
- Teknisk infrastruktur med fokus på framkomlighet och skadekostnader för vägar
- Människors hälsa

1.3.4 Insamling av kvantifieringsmetoder

För varje konsekvenskategori gjordes sedan en mer ingående litteratursökning för att identifiera möjliga sätt att kvantifiera dem separat. I det här steget inkluderades både svenska och internationella studier. För materiella objekt lades stor vikt på möjligheterna att kvantifiera potentiella skador monetärt. Den största delen av litteratursökningen gjordes i LUBsearch vilket är Lunds universitets sökmotor för vetenskapliga artiklar. Sökorden som användes i LUBsearch var bland andra *flood + risk/impact/damage/consequence/vulnerability + mapping/assessment* i kombination med *GIS*. Enskilda sökningar gjordes även i Google och i Google Scholar.

I samband med insamlingen av information angående skador och ekonomiska konsekvenser för byggnader kontaktades fyra försäkringsbolag via mejl och per telefon. De tillfrågades om de hade information eller förde statistik över hur olika typer av byggnader påverkades vid översvämningar samt kopplingen mellan översvämningens vattendjup och graden av skada. Medarbetare på två av försäkringsbolagen svarade men ingen kunde dela med sig av någon information.

1.3.5 Inventering av data

En inventering av tillgängliga kartdata gjordes parallellt med litteraturstudien för att ta reda på vilka analysmetoder som är genomförbara med den befintliga tillgången till data i Sverige. De föreslagna metoderna är därför anpassade efter den data som kunde erhållas utan kostnad för studenter och universitetsanställda.

1.3.6 Framtagande av metodik och konsekvenskartering för Landskrona

En utförlig beskrivning av vilka kriterier som låg till grund för framtagandet av metodiken och av de ingående delstegen är presenterade i Avsnitt 3.1. Konsekvenskarteringen för Landskrona tätort utfördes i QGIS vilket är ett program för geografiska informationssystem som kan laddas ner och användas utan kostnad. För att underlätta arbetet och göra det möjligt att upprepa metoden för andra tätorter användes Python plugin-programmet i QGIS, även kallat PyQGIS. Programmet består av en Python-konsol och en kodredigerare. Ett script innehållande alla delsteg för beräkningen av konsekvenser togs fram. Utifrån resultatet skapades sedan kartor som visualiserar konsekvenserna.

1.4 Avgränsning

Avgränsningar har gjorts för att exkludera faktorer som inte kan påverkas av hur dagvattenssystemen utformas eller som bedöms vara för tids- och resurskrävande, både i praktiken och inom ramen för det här examensarbetet.

Rapporten inkluderar enbart de konsekvenser som förväntas uppstå i urbana miljöer. Konsekvenser för till exempel jordbruk och naturreservat har därför inte tagits i beaktande. Likaså har ingen hänsyn tagits till spridning av föroreningar med härkomst från omkringliggande mark då dessa anses kräva separata utredningar.

Fokus i rapporten ligger på att undersöka konsekvenserna som uppkommer till följd av pluviala översvämningar. Det är däremot möjligt att använda kvantifieringsmetoderna för konsekvenserna även för andra typer av översvämningar men i så fall är det viktigt att ha i åtanke att det kan finnas ytterligare konsekvenser som är typiska för förhöjda vattennivåer i hav och vattendrag som inte inkluderas i den här rapporten.

Konsekvenserna som tas upp är kopplade till det överflödiga vattnet på markytan och inkluderar därför inte olyckor som uppstår till följd till exempel försämrade sikt i samband med själva regneventet. Arbetet inkluderar inte heller analys av komplexa samband mellan konsekvenser som uppstår indirekt av att en plats översvämmas. Slutligen behandlas främst konsekvenser som uppstår för samhället som en helhet och mindre vikt läggs på konsekvenser för enskilda aktörer eller privatpersoner.

2 Litteraturstudie

Litteraturstudien består av fyra delar. I Avsnitt 2.1 ges en kort introduktion till konsekvensanalyser och beskriver generella metoder för att analysera olika typer av konsekvenser. Avsnitt 2.2 innehåller en sammanfattning av metoderna som använts i tidigare svenska konsekvensanalyser. I Avsnitt 2.3 beskrivs det vilken hydraulisk data som är nödvändig för att kunna genomföra en konsekvensanalys för pluviala översvämningar och i Avsnitt 2.4 presenteras information och kvantifieringsmetoder för de, inom arbetet, utvalda konsekvenskategorierna.

2.1 Introduktion till konsekvensanalyser

Översvämningar i urbana miljöer leder ofta till konsekvenser för det drabbade samhället. Graden och typen av skada kan dock skilja sig mycket åt mellan ett område och ett annat beroende på deras karaktär. Konsekvenser kan delas in i direkta och indirekta samt materiella och immateriella konsekvenser (Messner m.fl. 2007). Till de direkta konsekvenserna räknas skador på objekt eller människor som uppkommit som en direkt följd av att de har kommit i kontakt med vatten medan indirekta konsekvenser orsakas av störningar av fysiska eller ekonomiska system (Messner m.fl. 2007). Både direkta och indirekta konsekvenser kan i sin tur vara materiella eller immateriella. Materiella skador kan uppskattas med hjälp av deras marknadsvärde medan det är svårare att tillskriva immateriella skador ett monetärt värde (Messner m.fl. 2007). Direkta konsekvenser ger ofta upphov till indirekta konsekvenser. Om en fabrik skadas kan det till exempel leda till att produktionen av varor minskar.

Beroende på storleken på det studerade området, kravet på resultatets detaljrikedom och tillgängligheten till data kan konsekvensanalyser delas in i makro-, meso- och mikroanalyser (Messner m.fl. 2007). Makro- och mesoanalyser kan användas för att ta fram översiktlig information om konsekvenser på nationell och regional nivå medan mikroanalyser görs på lokal nivå och för enskilda objekt (Messner m.fl. 2007). För att kunna jämföra konsekvenser inom olika delområden i en stad med varandra, är det nödvändigt att ta hänsyn till skillnader mellan delområdena och därmed genomföra analysen på mikronivå.

En vanlig metod för att uppskatta direkta skador som kan värderas monetärt är genom att använda skadefunktioner (Messner m.fl. 2007; Nyberg 2010). Skadefunktioner beskriver sambandet mellan översvämningens egenskaper, oftast i form av vattendjup och flödes hastighet, och objekts sårbarhet. De anger hur skadan på till exempel en byggnad varierar med ökande vattendjup (Messner m.fl. 2007; Aribisala m.fl. 2022). Vidare kan skadefunktioner delas in i absoluta och relativa skadefunktioner. Absoluta skadefunktioner är skapade för att ange det faktiska monetära värdet av skadan på ett objekt till följd av till exempel ett visst vattendjup medan relativa skadefunktioner anger hur stor andel av objektet som skadas (Messner m.fl. 2007). Vid användning av relativa skadefunktioner måste objektets totala värde bestämmas vilket inte är nödvändigt för absoluta skadefunktioner. Messner m.fl. (2007) rekommenderar därför att absoluta skadefunktioner bör användas om sådana finns tillgängliga i och med att de minskar arbetsbelastningen. För att absoluta funktioner ska ge pålitliga resultat måste de dock vara utformade för precis de objekt som ska undersökas vilket gör att det blir svårare att använda funktioner som utvecklats på andra platser.

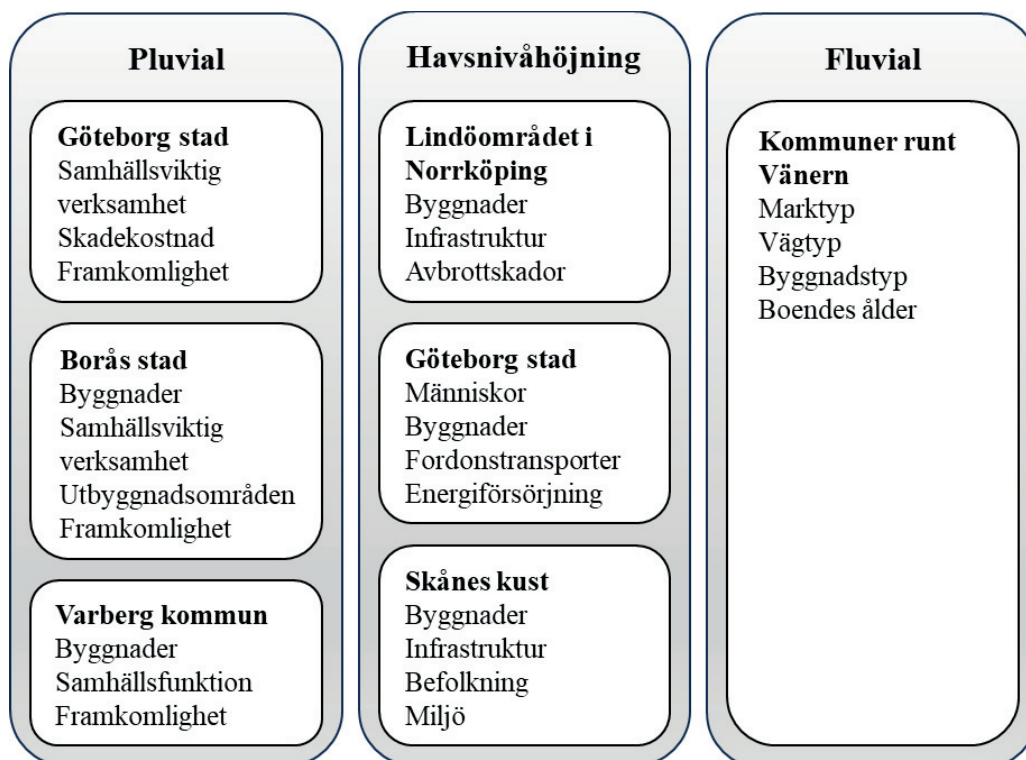
Översvämningsskador kan uppskattas med hjälp av empiriska eller syntetiska modeller. Empiriska modeller bygger på uppgifter om skador som uppkommit i samband med tidigare översvämningar medan syntetiska modeller är framtagna med hjälp av hypoteser och antaganden om skademekanismer (Dottori m.fl. 2016). Empiriska data ger mer noggrann inform-

ation och det är lättare att uppskatta osäkerheten i resultatet jämfört med modeller som bygger på syntetiska data (Aribisala m.fl. 2022). På grund av att skadorna ofta är starkt kopplade till den specifika översvämningens karaktär och byggnadernas egenskaper på platsen samt att de insamlade uppgifterna av skadekostnader är otillräckliga är det svårt att enbart använda empirisk data (Aribisala m.fl. 2022). Genom att använda syntetiska data är det lättare att få en förståelse för de mekanismer som bidrar till skadorna vilket gör att de är lättare att generalisera (Aribisala m.fl. 2022). Syntetiska modeller har även fler variabler som kan beskriva skadan vilket innebär att de är bättre lämpade för analyser på mikronivå (Dottori m.fl. 2016). När nya skad modeller utvecklas anser Aribisala m.fl. (2022) att en kombination av empiriska och syntetiska data bör användas.

2.2 Genomförda konsekvensanalyser

Den mest omfattande svenska karteringen av översvämningseksekvenser sett ur geografisk synvinkel är framtagen av MSB tillsammans med Länsstyrelserna inom arbetet för EU:s översvämningdirektiv. Direktivet är skapat för att minska konsekvenserna till följd av översvämningar och därmed ”värna om människors hälsa, miljön, kulturarvet och ekonomisk verksamhet” (MSB 2022a). Ett steg går ut på att kartlägga konsekvenserna i områden där det bedöms finnas en betydande översvämningrisk (MSB 2022a). De framtagna konsekvenserna för de utvalda områdena går att hitta på MSB:s webbplats Översvämningportalen på sidan över riskkartor. Kartorna ger en översiktlig bild av vilka värden, i form a bland annat verksamheter och människor, som befinner sig inom de potentiellt översvämmade områdena (MSB u.å.).

För att få en bredare uppfattning om hur konsekvenser har analyserats i Sverige har ytterligare sju framtagna konsekvensanalyser studerats, se Figur 3.



Figur 3. Genomförda svenska konsekvensanalyser för olika typer av översvämningar samt vilka konsekvenskategorier som inkluderades i respektive analys Pluviala översvämningar orsakas av kraftig nederbörd medan fluviala översvämningar orsakas av förhöjda vattennivåer i sjöar och vattendrag.

Metoderna är skapade under en 10-årsperiod mellan år 2012 och 2022 och inkluderar både analyser med fokus på översvämningar orsakade av skyfall och förhöjda vattennivåer i hav, sjöar och vattendrag. Två av analyserna bedömer enbart konsekvenserna i form av ekonomiska kostnader medan de övriga även presenterar andra tillvägagångssätt för såväl materiella som immateriella konsekvenser. Det är viktigt att nämna att de undersökta metoderna inte ger en fullständig bild av hur konsekvensanalyser har gjorts. De kan däremot ge en uppfattning om vad som har ansetts viktigt och kan därmed användas som inspiration för framtida metoder samt för att identifiera potentiella förbättringsmöjligheter. En sammanfattning av de undersökta konsekvenskategorierna för varje analys inklusive MSB:s konsekvenskartering, går att hitta i Tabell A1, Bilaga A. Nedan följer en översiktlig beskrivning av hur konsekvensanalyserna är genomförda i den ordningen som de är framtagna.

2.2.1 Kostnadsanalys havsnivåhöjning, Lindöområdet i Norrköping (Rosén m.fl. 2012)

Generella skadekostnader för olika typer av byggnader, infrastruktur och avbrottsskador i tillverkningsindustrier togs fram. För varje kategori av skadeobjekt presenterades uppskattade skadekostnader med ett osäkerhetsintervall. Ingen generell skadekostnad kunde tas fram för resterande identifierade skadeobjekt vilka presenteras i Tabell A1, Bilaga A.

2.2.2 Konsekvensanalys förhöjd vattennivå i Vänern, kommuner runt Vänern (Andersson m.fl. 2013)

Konsekvenserna för samhället delades in i fyra kategorier baserat på marktyp, vägtyp, byggnadstyp och boendes ålder. Indelningen inom respektive kategori varierade något beroende på vilken data som fanns tillgänglig inom respektive kommun. Konsekvenserna för mark redovisades som översvämmad markyta för varje marktyp och för vägar presenterades den översvämmade vägsträckan inom varje vägkategori. För byggnader angavs antalet berörda byggnader i varje kategori och i de fall där det fanns information om de boendes ålder angavs antalet berörda boende inom tre olika ålderskategorier enligt Tabell A1, Bilaga A. Med berörda avsågs byggnader och boende som befann sig inom översvämningens utbredning. En grov uppskattning av skadekostnaderna gjordes också. Kostnaden för byggnader uppskattades med hjälp av data från en tidigare studie av Sweco (2011) som använt försäkringsstatistik från Länsförsäkringars skadeärenden för att ta fram kostnader för olika byggnadstyper. Uppskattningen av skadekostnaden för vägar baserades i stället på värden över faktiska skadekostnader efter inträffade översvämningar i det aktuella området.

2.2.3 Konsekvensanalys havsnivåhöjning, Göteborg stad (Andersson-Sköld & Davids-son 2016)

De fyra konsekvenskategorierna som undersöktes var:

- *Olycka så att människor dör eller skadas*
- *Smittspridning, mögel och andra skador på byggnader*
- *Framkomlighet och transporter*
- *Energiförsörjning – Elnätet*

För varje kategori skapades klassningstabeller som kan användas för att tilldela områden konsekvensklasser utifrån en femgradig skala där klass 1 innebär att konsekvenserna förväntas bli mycket små eller obefintliga medan klass 5 innebär allvarliga konsekvenser.

Konsekvenser för människor bedöms utifrån antalet människor i området, om de är vuxna enligt definitionen att de väger mer än 50 kg eller om de till exempel är barn, äldre eller har någon funktionsnedsättning. Områden med människor inom de tre sistnämnda kategorierna får en högre konsekvensklassning. På de platser där det finns varningssystem och beredskap

för att hantera översvämningar bedöms konsekvenserna bli mindre allvarliga. Ovanstående faktorer kombineras med vattendjupet, vattendjupet multiplicerat med flödes hastigheten, flödes hastigheten samt översvämningens varaktighet. Konsekvenser för byggnader bedöms utifrån vattendjupet där djup under 0,2 m anses ha liten eller ingen påverkan. Ingen särskiljning görs mellan olika typer av byggnader. För att bedöma konsekvenserna för framkomlighet och transporter tas hänsyn till vattendjupet och djupet multiplicerat med flödes hastigheten. Klassningen görs baserat på antalet boende och resande på de aktuella vägarna samt vilka verksamheter som ligger i anslutning till dessa. Möjligheten att leda om trafiken och förekomsten av varningssystem och beredskap är ytterligare faktorer som påverkar klassningen. För kategorin *Energiförsörjning – Elnätet* ges hela staden samma klassning baserat på hur många nätstationer som drabbas samtidigt och vattendjupet vid dem. Vattendjup från 0,2 m anses kunna orsaka stora störningar på elnätet om flera stationer drabbas samtidigt.

2.2.4 Konsekvensanalys skyfall, Göteborg stad (Sweco & DHI 2017)

Konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet, skadekostnad och framkomlighet undersöktes. Skadekostnaden för olika objekt bedömdes utifrån försäkringsstatistik. Samhällsviktiga verksamheter klassificerades enligt prioriteringsordningen för Styrel. För analysen av framkomlighet användes fem kategorier, baserat på vilken typ av trafik som finns på vägarna, vilka kan ses i Tabell A1, Bilaga A.

För värderingen av skadekostnaden användes en linjär värderingskala där den faktiska skadekostnaden omvandlades till ett värderingstal. För samhällsviktig verksamhet och framkomlighet användes i stället en logaritmisk skala med basen 2 där den lägst prioriterade klassen i respektive kategori gavs värde 1. Konsekvenspoängen beräknades genom att multiplicera värderingstalet med vattendjupet i kvadrat enligt Ekvation 2 (Sweco & DHI 2017). Anledningen till att djupet upphöjdes med två var för att ta hänsyn till att sambandet mellan skadan och vattendjupen förväntades vara icke linjärt samt att större vattendjup leder till att vattnet stannar kvar under en längre tid och därmed orsakar mer skada.

$$\text{Konsekvenspoäng} = \text{Vattendjup}^2 \cdot \text{Värderingstal} \quad (2)$$

Konsekvenser beräknades enbart när vattendjupet var större än 0,1 m. Konsekvenspoängen inom varje kategori beräknades för varje delområde och dividerades sedan med delområdets area för att kunna jämföra områden med olika storlek. Därefter skapades konsekvenskartor över områdenas relativa konsekvenser. Det innebar att området med högst konsekvenspoäng, efter division med arean, gavs värdet 100 medan de andra områdenas konsekvenser angavs i förhållande till det högsta. För att få en uppfattning om de totala konsekvenserna i de olika områdena beräknades den sammanvägda konsekvensen för alla tre kategorier genom att beräkna medelvärdena av områdenas relativa konsekvenser inom varje kategori.

2.2.5 Konsekvensanalys skyfall, Borås stad (Haag m.fl. 2021)

Konsekvenser för den befintliga bebyggelsen, samhällsviktig verksamhet, framkomlighet och bebyggelseutvecklingsområden analyserades utifrån vattendjupet och översvämningens utbredning. Den befintliga bebyggelsen i form av enskilda byggnader, byggnader för samhällsviktig verksamhet och bebyggelseutvecklingsområden antogs vara drabbade om vattendjupet översteg 0,2 m. Beroende på hur stor andel av fasaden som var drabbad delades byggnaderna in i olika klasser. Det omgivande vattendjupet beräknades genom att skapa en buffertzon på 35 cm runt varje byggnad som kunde överlagras med översvämningsslagret. Utvecklingsområdena delades i stället in i klasser baserat på hur stor andel av ytan som var drabbad. Analysen av samhällsviktig verksamhet inkluderade byggnader och tekniska anläggningar. En teknisk anläggning bedömdes vara drabbad om den omgavs av vatten som översteg

0,2 m. Framkomligheten analyserades för vägar och järnvägar med riksintresse. Tröskelvärdena 0,2 m och 0,4 m användes för vanliga bilar respektive räddningstjänst och en konsekvens ansågs uppstå om vattendjupet översteg något av värdena över en sammanhängande yta på 100 m².

2.2.6 Kostnadsanalys havsnivåhöjning, Skånes kust (The & Skov 2021)

Skadekostnader uppskattades för byggnader och infrastruktur i form av vägar, järnvägar och hamnar. För byggnader beräknades direkta kostnader till följd av byggnadsskador, rengöringsbehov, strömavbrott, inkomstbortfall och produktionsförluster. Vid vattendjup över 1 m adderades även en kostnad för omplacering av hushåll och hälsorelaterade problem för bostäder (kategorierna småhus och flerfamiljshus i Tabell A1, Bilaga A). För vägar beräknades direkta skadekostnader och indirekta kostnader på grund av trafikförseningar. Kostnaderna för förseningar baserades på antaganden om hur länge olika vägar skulle behöva vara avstängda, antalet fordonstrafikanter och tiden det skulle ta att köra en omväg i kombination med kostnader associerade med en försening. Inom ramen för arbetet identifierades även berörda kulturarv, antalet personer och områden/verksamheter med betydelse för miljön.

2.2.7 Konsekvensanalys skyfall, Varbergs kommun (Kaiser m.fl. 2022)

De potentiella konsekvenserna undersöktes utifrån de tre kategorierna översvämmade byggnader, påverkan på samhällsfunktion och framkomlighet. Antalet översvämmade byggnader där det modellerade vattendjupet överstiger 0,1 m, 0,2 m, 0,3 m och 0,5 m presenterades inom nio olika byggnadskategorier. Byggnadskategorierna kan ses i Tabell A1, Bilaga A. Påverkan på byggnader med en samhällsfunktion, hämtat från Lantmäteriets fastighetskarta, analyserades utifrån det omgivande vattendjupet och flödes hastigheten. Detaljerade analyser av utvalda samhällsviktiga objekt presenterades. Framkomligheten undersöktes baserat på vägar och järnvägar där hänsyn togs till både vattendjup och flödes hastighet. Vägar där vattendjupet översteg 0,2 m på en över en sammanhållen yta på minst 500 m² redovisades i kartform.

2.3 Modellering av vattendjup och flödes hastigheter

För att kunna förutse effekterna av skyfall görs så kallade skyfallskarteringar. I rapporten *Vägledning för skyfallskartering: tips för genomförande och exempel på användning* tar MSB upp två metoder för att kartlägga översvämningar som anses kunna användas för konsekvensanalyser (MSB 2017). Båda metoderna inkluderar en 2D-modellering av markavrinningen där markens infiltrationskapacitet tas i beaktande. Den ena metoden tar hänsyn till ledningsnätets kapacitet genom att dra av en volym motsvarande ledningsnätets kapacitet från den modellerade nederbördsvolymen. Den andra beskriver ledningsnätets funktion mer detaljerat genom att en 1D modell av nätet kopplas ihop med markavrinningsmodellen. Båda metoderna genererar data över översvämningens utbredning, vattendjupen, flödesvägar och flödes hastigheter. En markavrinningsmodell kombinerad med en modell för ledningsnätet kan användas för att modellera regn med alla olika återkomsttider medan den första modellen främst bör användas för regn med återkomsttider över 100 år för att förenklingen av ledningsnätets påverkan ska anses vara rimlig (MSB 2017). MSB rekommenderar att skyfallskarteringen görs för minst två olika regn med olika återkomsttid mellan 100 och 1000 år (MSB 2017). Tidsåtgången för att utföra en kartering av markavrinning antas vara mindre än en kartering med en kombinerad modell (MSB 2017).

Som ett steg i utvecklingen mot att underlätta arbetet har MSB fått i uppdrag av regeringen att ta fram en nationell metod för skyfallskarteringar i tätorter, uppdraget genomförs i samarbete med Länsstyrelserna och Sweco och vara klart senast i december 2023 (MSB 2022b; Sweco

2022). Metoden ska kunna genomföras med olika programvaror och kunna anpassas efter hur detaljerat resultat som efterfrågas (Sweco 2022).

2.4 Kvantifiering av konsekvenser

2.4.1 Byggnader

Hur allvarlig en skada blir på en byggnad till följd av en översvämning beror bland annat på vattendjupet, vattnets flödes hastighet, översvämningens varaktighet, föroreningar i vattnet och vilka åtgärder som vidtas för att förhindra skada (Grahn 2020a). Byggnaders känslighet för stående vatten varierar också beroende på den omgivande markens infiltrationsförmåga och elevation, hur byggnaden är konstruerad och vilka byggmaterial som har använts. Vatten kan ta sig in genom springor i dörrar, fönster, garageportar eller golvbrunnar. Byggnader med källare är speciellt utsatta vid översvämningar. Fukt- och mögelskador kan uppstå om byggnader utsätts för vatten under en längre tid. Hur omfattande konsekvenserna blir påverkas i hög grad av vad byggnaden används till och vilka människor som befinner sig där.

Vid översvämning av privatbostäder är det, förutom de direkta skadorna på fastigheten, rimligt att anta att även personliga ägodelar kan ta skada om vatten tar sig in i bostaden. Vid omfattande skador kan de boende behöva flytta ut tillfälligt eller permanent vilket kan få vidare konsekvenser för både privatpersoner och samhället. Samma sak gäller även för verksamhetens lokaler i form av bland annat fabriker och lagerbyggnader. I det här avsnittet ligger dock fokus på konsekvenserna för huskropparna utan hänsyn till deras syfte vilket i stället behandlas i Avsnitt 2.4.2 om samhällsviktig verksamhet och Avsnitt 2.4.3 om Kulturvärden.

Olesen m.fl. (2017) har identifierat tre olika metoder för att uppskatta kostnader för byggnader. Den första utgår från försäkringsdata. Den andra går ut på att varje typ av skada tilldelas en enhetskostnad som motsvarar den genomsnittliga värdeminskningen till följd av den specifika typen av skada. För att beräkna den totala kostnaden multipliceras därefter enhetskostnaderna med antal skador. Den tredje metoden går ut på att beräkna skadorna baserat på översvämningens omfattning med hjälp av skadekurvor.

Försäkringsstatistik Sverige

Försäkringsdata kan både användas för att uppskatta skadekostnader efter att en översvämning skett och användas för att ta fram enhetskostnader (Olesen m.fl. 2017). I och med att inte alla byggnader är försäkrade i kombination med att de kan ha en försäkring som inte motsvarar värdet på fastigheten (Olesen m.fl. 2017) är det inte alltid säkert att försäkringsstatistik ger en korrekt bild av skadekostnaden.

Branschorganisationen Svensk Försäkring sammanställer utbetalda skadebelopp för svenska försäkringsbolag uppdelat på försäkringsgrenar och skadeart. De försäkringsgrenar som är relevanta för analys av skadekostnader för byggnader är Villahemförsäkring, Fritidshusförsäkring och Företags- och fastighetsförsäkring. Den skadeart som har använts för att hämta statistik för översvämningsskador kallas "Naturskada vatten" och inkluderar skador som uppstått till följd av skyfall, snösmältning och stigande vattennivåer i sjöar och vattendrag (Svensk Försäkring 2023). Statistiken gäller både om vattnet har strömmat in i byggnaden från markytan och från VA-nätet. För varje försäkringskategori finns nationell statistik över medelskadebelopp redovisade för åren 2011 till 2021 vilket kan ses i Tabell B2, Bilaga B. Utifrån statistiken har ett medelvärde beräknats för respektive kategori genom att först justera priserna efter prisnivån för april 2023. Värdena som användes för att justera skadebeloppen samt de justerade värdena för varje försäkringsgren och år hittas i Tabell B3 och Tabell B4,

Bilaga B och de beräknade medelvärdena av skadebeloppen för respektive kategori presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Beräknade genomsnittliga medelskadebelopp för olika försäkringsgrenar för skadearten Naturskada vatten.

Försäkring	Medelvärde skadekostnad
Fritidshusförsäkring	69 369 kr
Företags- och fastighetsförsäkring	161 416 kr
Villahemförsäkring	84 461 kr
Alla tre försäkringsgrenar	96 763 kr

Skadekurvor

Trots att skadefunktioner för att uppskatta effekterna av översvämningar på byggnader har utvecklats och studerats av flera olika aktörer under flera decennier är det fortfarande oklart hur bra de är på att uppskatta verkliga skador. Jämförelser av olika skadefunktioner har dessutom visat att skadeuppskattningarna kan skilja sig mycket åt beroende på vilken funktion som används (Grahn 2020a). De mest använda skadefunktionerna är så kallade djup-skadekurvor med vilka man antar att skadan beror på vattendjupet (Grahn 2020a).

Det finns i dagsläget inga skadefunktioner anpassade för svenska byggnader (Grahn 2020b). Ett av de största hindren för användningen av skadekurvor är att de ofta är väldigt platsspecifika (Amirebrahimi m.fl. 2016; Grahn 2020a; Martínez-Gomariz m.fl. 2020) och det saknas forskning om hur skadefunktioner kan överföras mellan olika geografiska områden (Grahn 2020a). Jongman m.fl. (2012) jämförde de uppskattade ekonomiska förlusterna av sju olika modeller med de rapporterade värdena efter en översvämning i städerna Eilenburg, Tyskland och Carlisle, England. Studien visade att det är svårt att applicera modeller framtagna för en plats på en annan i och med att tillgängliga indata till modellerna skiljer sig åt samt att områdets sårbarhet och därmed även skadorna skiljer sig åt baserat på bland annat byggnaders materialval och hushållens inkomst. Det blir därmed svårt att applicera skadefunktioner framtagna för en plats på en annan.

2.4.2 Samhällsviktig verksamhet

Enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB, definieras samhällsviktig verksamhet som: ”Verksamhet, tjänst eller infrastruktur som upprätthåller eller säkerställer samhällsfunktioner som är nödvändiga för samhällets grundläggande behov, värden eller säkerhet” (MSB 2020). Samhällsviktiga verksamheter innefattar bland annat sjukhus och räddningstjänst. Om de påverkas av en översvämning så att verksamheten begränsas kan det få allvarliga konsekvenser för samhället. Exempel på andra samhällsfunktioner är omsorg om bland andra barn och äldre samt verksamheter som upprätthåller tillgången till nödvändiga varor och tjänster.

Konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet kan analyseras genom att välja ut de mest skyddsvärda objekten i en stad (MSB 2017). MSB rekommenderar att både direkta och indirekta konsekvenser för de identifierade objekten bör undersökas vid flera olika vattendjup. Metoden ger en mycket detaljerad bild av hur utvalda skyddsobjekt påverkas vid översvämningar men kan vara väldigt tidskrävande.

För att avgöra vilka verksamheter som bör studeras kan prioritetsklasserna angivna i Styrel användas (MSB 2017). Prioritetsordningen är skapad för att kunna prioritera elförsörjningen för olika verksamheter vid elbortfall men anses även kunna användas som underlag vid andra

störningar (MSB 2017). Enligt förordning om planering för prioritering av samhällsviktiga elanvändare (SFS 2011:931) ska verksamheter inom varje kommun tilldelas en prioritetsklass enligt principerna presenterade i Tabell 2 och en ny bedömning ska göras vart fjärde år. Enligt förordningen ska anläggningar som ”är avgörande för elförsörjningens funktion” inte ingå i prioriteringsordningen och måste därför inkluderas i konsekvensanalysen på ett annat sätt. Framtagandet av prioriteringsordningen är ett samarbete mellan Energimyndigheten, statliga myndigheter, länsstyrelser, kommuner, elnätsföretag och andra aktörer (MSB 2010).

Utöver den framtagna prioritetsordningen för samhällsviktiga elanvändare bör kommuner även ha styrdokument som kan användas för att prioritera vilka abonnenter som ska få tillgång till dricksvatten i situationer då det råder vattenbrist (SKR 2021). Livsmedelsverket (2017) har tagit fram en guide för planering av nödvattenförsörjning där de tar upp ett exempel på prioriteringsklasser enligt Tabell 2. Livsmedelsverket föreslår även en vidareindelning baserat på hur allvarligt de verksamheterna förväntas påverkas vid ett totalt avbrott av dricksvattenförsörjningen vilket resulterar i en liknande indelning som för Styrel.

Tabell 2. Förklaringar av de olika prioritetsklasserna enligt indelningen för Styrel och nödvattenförsörjning. Formuleringarna av definitionerna för de olika prioritetsklasserna är direkt tagna från MSB respektive Livsmedelsverket.

Prioritetsklass	Styrel (MSB 2010)	Nödvattenförsörjning (Livsmedelsverket 2017)
1	Elanvändare som redan på kort sikt (timmar) har stor betydelse för liv och hälsa	Verksamheter som har stor betydelse för liv och hälsa
2	Elanvändare som redan på kort sikt (timmar) har stor betydelse för samhällets funktionalitet	Verksamheter som har stor betydelse för samhällets funktionalitet
3	Elanvändare som på längre sikt (dagar) har stor betydelse för liv och hälsa	Verksamheter som har stor betydelse för miljön
4	Elanvändare som på längre sikt (dagar) har stor betydelse för samhällets funktionalitet	Verksamheter som representerar stora ekonomiska värden
5	Elanvändare som representerar stora ekonomiska värden	Verksamheter som har stor betydelse för sociala och kulturella värden
6	Elanvändare som har stor betydelse för miljön	Övriga verksamheter
7	Elanvändare som har stor betydelse för sociala och kulturella värden	
8	Övriga elanvändare	

Riktlinjer för nödvattenförsörjning har bland annat tagits fram för Göteborg och Uppsala (Kommunledningskontoret Uppsala kommun 2020; Stadsledningskontoret Göteborg stad 2022). I Göteborg har Livsmedelsverkets föreslagna prioritetsklasser använts, nedan följer en lista med exempel på verksamheter som ingår i klass 1 till 4 (Stadsledningskontoret Göteborg stad 2022).

- Klass 1: Sjukhus, vård och omsorgsboende för äldre, vårdcentraler, räddningstjänst och kriminalvård
- Klass 2: Förskolor, skolor och storkök
- Klass 3: Sophantering
- Klass 4: Industrier

I dokumentet ”Riktlinje för nödvattenförsörjning” för Uppsala kommun anges prioriterade abonnenter med samhällsviktig funktion utan någon prioriteringsordning (Kommunledningskontoret Uppsala kommun 2020). Kommuner är inte skyldiga enligt lag att skapa en prioriteringsordning för dricksvattenförsörjning (Livsmedelsverket 2017) och det finns ingen utbredd gemensam standard över hur en sådan prioritering bör gå till. För kommuner som likt Uppsala inte har skapat en prioritetsordning är det därmed svårt att tillämpa denna klassning.

2.4.3 Kulturvärden

Konsekvenserna för skador på byggnader med kulturell betydelse kan anses vara allvarligare än för andra byggnader om de bedöms ha ett högt historiskt eller kulturellt värde som inte kan återställas genom renovering. Oersättliga museiföremål, avhandlingar eller annan dokumentation eller föremål med kulturellt värde kan förstöras vid kontakt med vatten. På grund av att kulturvärden innefattar en så stor grupp av objekt är det svårt att ta fram en gemensam metod för hur de kan värderas och därmed även hur eventuella skador bör uppskattas.

Riksantikvarieämbetet har i rapporten *Metoder för riskbedömning av kulturmiljöer utifrån klimatförändringar* gjort en sammanställning över hur Sveriges kulturarv kan komma att påverkas av ett förändrat klimat. I rapporten har resultaten från tre regionala projekt med syfte att ta fram risk- och sårbarhetsanalyser för kulturarv utvärderats och därefter har en metod för att genomföra framtida analyser föreslagits (Riksantikvarieämbetet 2020). För att kunna genomföra den typen av detaljerad analys som presenteras krävs expertkunskap inom området. Metoden inkluderar bland annat identifiering av kulturvärden, uppskattning av hur dessa kan komma att påverkas samt rangordning mellan olika typer av kulturobjekt. Författarna nämner dessutom att underlagsmaterialet bör inkludera värden utöver de som finns digitalt och som omfattas av lagar. Kulturmiljölagen (KML) är den lagen som har störst betydelse för de kulturvärden som förväntas kunna påverkas av översvämningar i urbana miljöer. Den skyddar främst kulturvärden inom tre kategorier; fornlämningar, byggnadsminnen och kyrkliga kulturminnen (Riksantikvarieämbetet 2019).

Ett av de tre utvärderade projekten var *Kulturarv för framtida generationer – med klimatperspektiv på Västsveriges kulturarv*. En slutsats som kan dras från projektet är att parker och begravningsplatser bedöms påverkas lite eller inte alls av kraftiga regn och översvämningar medan kulturhistoriska byggnader förväntades få påtagliga eller kraftiga värdeförluster eller skador om de utsätts (Länsstyrelsen Västra Götaland m.fl. 2016).

Objekts kulturhistoriska värde kan även uppskattas med hjälp av monetära värden vilket Grahn (2011) presenterade flera olika metoder för. Enligt Grahn (2011) utgjorde försäkringsvärdet den bästa uppskattningen av värdet då det, till skillnad från marknadsvärdet, till viss del även speglar det kulturella värdet. Värderingen gjordes enbart för kyrkor och det konstaterades att det skulle vara väldigt tidskrävande att samla in all nödvändig data för att göra en analys av objekt på ett större område. En annan slutsats som presenterades i rapporten var det faktum att det är svårt att ta fram ett generellt värde som kan användas på flera kulturobjekt. Av de 14 kyrkorna som bedömdes varierade det beräknade värdet mellan 0,4 och 125,9 miljoner kronor (Grahn 2011).

2.4.4 Fordon

Vid översvämningar av vägar eller parkeringsplatser kan det uppstå materiella skador på både parkerade fordon och fordon i bruk. Martínez-Gomariz m.fl. (2019) har presenterat en metod för att uppskatta skadekostnaden för fordon i urbana miljöer. Författarna använde sig av djup-skadekurvor kombinerat med en kartläggning av fordonen i den spanska staden Badalona i vilken metoden applicerades. Efter en granskning av tre olika studier med syfte att ta fram skadekurvor för fordon drog Martínez-Gomariz m.fl. (2019) slutsatsen att metoden som användes av U.S. Army Corps of Engineers (USACE) gav det mest kompletta och noggranna resultatet. USACE:s skadekurvor är framtagna för fem olika fordonstyper; sedan, pickup, SUV, sportbil och minivan (U.S. Army Corps of Engineers 2009). Kurvorna anger den relativa skadan vid olika vattendjup och är baserade på rapporterade skador. Information om hur stor andel av Badalonas fordon som tillhörde respektive kategori användes för att skapa en generell absolut skadekurva för staden utifrån USACE:s skadekurvor (Martínez-Gomariz m.fl. 2019). Med hjälp av flygfoton över staden identifierades sedan antalet bilar i olika områden och det procentuella värdet för arean som upptogs av fordon i förhållande till arean där fordon potentiellt skulle kunna befinna sig, exempelvis på vägar och parkeringsplatser, beräknades. Två metoder användes sedan för att analysera skadan; en där det procentuella värdet applicerades i hela det aktuella området och en där hänsyn togs till varje enskilt fordon position. Den sistnämnda metoden är mer tidskrävande och en jämförelse mellan de två visade att de beräknade skadevärdena var relativt lika (Martínez-Gomariz m.fl. 2019).

2.4.5 Teknisk infrastruktur

Tre kategorier av teknisk infrastruktur vars funktioner riskerar att påverkas negativt vid översvämningar har identifierats. Nedan presenteras potentiella konsekvenser för respektive system.

Vatten- och avloppsförsörjning

Vatten- och avloppsledningarna kan skadas av ras och skred (SMHI 2020). Skadade dricksvattenledningar kan innebära en hälsofara om skadliga ämnen tar sig in i ledningen. Det kan också leda till att människor blir utan vatten under tiden det tar att reparera skadan. I områden med kombinerade ledningsnät kan överbelastning leda till försämrad rening i reningsverket eller till bräddning av avloppsvattnet vilket har en negativ påverkan på miljön och i vissa fall även kan vara hälsoskadligt. Överbelastning kan även leda till bakåttströmmande vatten i avloppsledningarna vilket kan orsaka källaröversvämningar (Naturvårdsverket u.å.).

Energiförsörjning och elektronisk kommunikation

Ökade nederbörds mängder kan leda till att vattenmättnaden i marken ökar vilket kan orsaka röta, rostangrepp och korrosion på ledningsstolpar och markledningar för naturgas och fjärrvärme (SMHI 2021). Ledningar kan också skadas om nederbörden leder till ras, skred eller erosion och vid kraftiga översvämningar kan el- och fiberkablar spolats bort (SMHI 2019a). Skador på ledningar kan leda till störningar och avbrott med olika allvarliga konsekvenser som följd. Människors vardag kan försvåras, ekonomin kan drabbas negativt om exempelvis produktionen av varor och tjänster inte kan fortgå och människors hälsa kan försämras om sjukhus förlorar sin strömförsörjning. Elanläggningar som kommer i kontakt med vatten kan även orsaka personskador om strömmen inte bryts automatiskt vid kontakt med vatten (SMHI 2021).

Väg, spårväg och räls

Kraftiga vattenflöden kan leda till ökad erosion, ras och skred vilket i sin tur kan ge direkta skador på vägar, spårvägar och järnvägar. Vidare kan slamströmmar leda till att vägtrummor täpps igen vilket i sin tur kan leda till att vägen spolats bort (Liljegren 2018). Risken att det

uppstår skador på vägbanan beror både på underlaget och vägens omgivning. Även i de fall där det inte uppkommer några permanenta materiella skador kan stora nederbörds mängder orsaka allvarliga problem för trafiken i form av begränsad framkomlighet och ökad risk för trafikolyckor (SMHI 2019b). Enligt Karlsson & Gunnarsson (2022) utgör konsekvenser för trafiken det största problemet vid översvämningar. Vägtunnlar som är belägna i lågpunkter är speciellt utsatta och om dräneringssystemen och pumparna som finns inte klarar av att leda bort vattnet kan vägen behöva stängas av (Liljegren 2018). I många fall är det inte nödvändigt att stänga av trafiken helt men om vägen står under vatten kan det innebära att hastigheten behöver reduceras eller att vissa fordon inte kan ta sig fram. Det kan i sin tur leda till förseningar för både privatpersoner och kollektivtrafiken. Hemtjänstpersonal kan få svårt att ta sig fram till sina kunder och körtiden för utryckningsfordon kan behöva förlängas vilket kan innebära att människors hälsa tar skada (Folkhälsomyndigheten 2021). Trafikstörningar kan även orsaka indirekta konsekvenser i form av produktionsförluster (Martínez-Gomariz m.fl. 2017) för industrier som är beroende av att få kontinuerliga leveranser av material.

I och med att konsekvenserna för ledningar för bland annat vatten och energi främst uppkommer till följd av ras och skred och inte på grund av själva vattnet fokuserar den här rapporten på infrastruktur för transport. Konsekvenserna har vidare delats in i konsekvenser för framkomlighet (Avsnitt 2.4.6) och ekonomiska konsekvenser (Avsnitt 2.4.7).

2.4.6 Framkomlighet

För att bedöma konsekvenserna för trafik och framkomlighet har två viktiga aspekter identifierats. Den första går ut på att avgöra hur trafiken påverkas till följd av att olika vägar översvämmas och den andra på att fastställa vid vilka vattendjup och flödes hastigheter som trafiken kan antas bli påverkad.

En metod för att bedöma hur trafiken påverkas i ett område är beräkning av hur stor andel av vägytan inom ett område som förväntas översvämmas vilket kan benämnas som relativ översvämmad vägyta (Papilloud m.fl. 2020). Vid jämförelse mellan olika delområden menar Papilloud m.fl. (2020) att beräkning av den relativa översvämmade vägytan ger mer information om hur framkomligheten påverkas jämfört med att enbart undersöka den totala översvämmade vägytan. Metoden tar dock inte hänsyn till att konsekvenserna kan variera beroende på vilken väg som översvämmas. Det finns ingen entydig tolkning av hur olika vägar bör värderas i händelse av översvämning men det är uppenbart att alla vägar inte har samma betydelse för den allmänna trafiken. Trafikverkets publikation *Avvattning, Dimensionering och utformning* redogör för vilka regn, angett i återkomsttider, som olika typer av vägar bör vara anpassade för. Enligt kraven ska återkomsttiden väljas ”så att sannolikheten för trafikstörning är acceptabel” (Trafikverket 2022a). Trafikstörning anses uppstå när hastigheten måste begränsas eller när det blir nödvändigt att vidta underhållsåtgärder. Avvattningen för Storstadsvägar, vägar i TEN-T vägnät (Transeuropeiska transportnätet), stamvägar samt järnvägar rekommenderas att dimensioneras för att klara att hålla vägytan vattenfri och fullt brukbar vid minst ett 20 års regn medan övriga vägar bör vara dimensionerade för att kunna hantera minst ett 5 års regn (Trafikverket 2022a). Av ovanstående går det att utläsa att vägar i den första kategorin anses viktigare att hållas brukbara och därmed rimligtvis även bör prioriteras högre. Det har även gjorts andra uppdelningar av Sveriges vägnät med syftet att ta fram prioritetsordningar. Ett exempel är Trafikverkets prioritering för snöplogning av statliga vägar där vägarna har delats in i fem klasser baserat på hur de används och trafikmängden (Trafikverket 2022b).

En metod för att få en mer detaljerad bild av hur olika fordon påverkas vid översvämningar är att undersöka vid vilka vattendjup och flödes hastigheter som de förlorar stabiliteten, Utöver djupet och flödes hastigheten påverkas stabiliteten av fordonets egenskaper, markens lutning

och vinkeln mellan fordonet och flödesriktningen (Xia Falconer Xiao m.fl. 2014; Dong m.fl. 2022). Utöver att fordonen blir svårare att manövrera när de förlorar sin stabilitet kan de vid stora vattendjup även flyta iväg och orsaka skada på byggnader eller människor.

De två vanligaste typerna av instabilitet hos fordon i översvämmade områden är att fordonet börjar glida eller flyta (Martínez-Gomariz m.fl. 2017). I början av en översvämning i urban miljö är vattendjupet ofta litet medan flödes hastigheten är hög vilket gör att fordon främst utsätts för glidinstabilitet (Xia Falconer Xiao m.fl. 2014). Det har gjorts ett flertal studier med syfte att studera fordons instabilitet. Genom att sammanställa resultatet från flera studier utförda mellan år 1967 och 2017 drog Shah m.fl. (2021) slutsatsen att studien genomförd av Martínez-Gomariz m.fl. (2017) både var den mest omfattande och aktuella. Studien gick ut på att beräkna tröskelvärden för när ett fordon förlorar sin stabilitet genom att först bestämma en stabilitetskoefficient för fordonet baserat på markfrigången vilket är avståndet mellan marken och fordonets lägsta punkt, tjänstevikten, fordonets planarea och friktionskoefficienten mellan däcken och marken (Martínez-Gomariz m.fl. 2017). Stabilitetskoefficienten beräknas enligt Ekvation 3 (Martínez-Gomariz m.fl. 2017).

$$SK = \frac{MF \cdot TV}{PA} \cdot \mu \quad (3)$$

där SK är stabilitetskoefficienten, MF markfrigången, TV tjänstevikten, PA fordonets planarea och μ friktionskoefficienten. Martínez-Gomariz m.fl. (2017) använde friktionskoefficienter med värden mellan 0,52 och 0,62, baserat på tidigare studier ansåg Shan m.fl. (2021) däremot att friktionskoefficienten 0,3 var att föredra. Glidstabilitet påverkas av vattnets flödes hastighet och vattendjupet, tröskelvärdet beräknas därför som produkten av hastighet och vattendjup. Genom att jämföra stabilitetskoefficienterna för flera olika bilmodeller med motsvarande tröskelvärden kunde en allmän formel tas fram vilken presenteras i Ekvation 4 (Martínez-Gomariz m.fl. 2017).

$$(v \cdot d) = 0.0158 \cdot SK + 0.32 \quad (4)$$

där v är vattnets flödes hastighet och d är vattendjupet. För att enbart bestämma det kritiska vattendjupet vid vilket fordonet börjar flyta kan Ekvation 5 (Martínez-Gomariz m.fl. 2017) användas.

$$d_k = \frac{TV}{\rho l_f b_f} + MF \quad (5)$$

där d_k är det kritiska vattendjupet, ρ vattendensiteten, l_f fordonets längd och b_f fordonets bredd.

Fordons känslighet mot vatten beror även på fordonets egenskaper och konstruktion. Kramer m.fl. (2016) har tagit fram tröskelvärden för när det kan anses säkert för personbilar och utryckningsfordon att ta sig fram på översvämmade vägar med syftet att rädda civila. Tröskelvärdena tar både hänsyn till fordonens stabilitet och vadardjup, vilket beskriver när fordon tar in vatten, och beräknas som summan av vattnets lägespotential och dess hastighetspotential enligt Ekvation 6 (Kramer m.fl. 2016).

$$\text{Tröskelvärde} = d + \frac{v^2}{2g} \quad (6)$$

där g är tyngdaccelerationen. De framtagna tröskelvärdena presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Tröskelvärden för fordon enligt Kramer m.fl. (2016).

Fordonstyp	Tröskelvärde
Personbil	0,3 m
Utryckningsfordon	0,6 m

2.4.7 Skadekostnad vägar

En fullständig analys av de ekonomiska konsekvenserna som uppstår till följd av att vägbanor översvämmas är mycket komplicerad och kräver stor kännedom om vilka indirekta kostnader som kan uppstå. Indirekta konsekvenser kan exempelvis utgöras av ökade bränslekostnader till följd av att fordon måste köra omvägar eller kostnader som uppstår på grund av att människor inte kan ta sig till sina arbeten eller att varuleveranser blir försenade. Ett alternativ är därför att enbart uppskatta de direkta ekonomiska kostnaderna till följd av återställningen av vägar efter en översvämning. För att kunna beräkna de direkta skadekostnaderna för vägar och järnvägar har medelvärden för respektive kategori beräknats utifrån antaganden av kostnader enligt de två skadekostnadsanalyserna presenterade i Avsnitt 2.2.

I den ena studien beräknades schablonkostnader baserat på försäkringsuppgifter från Göteborg, Bohuslän och Värmland för vägar och järnvägar (Rosén m.fl. 2012). Skadekostnaden för både vägar och järnvägar angavs per kvadratmeter och presenteras i Tabell 4. I den andra studien antogs kostnaderna kopplade till återställning av vägen vara uppdelade på direkta skadekostnader som skiljer sig åt beroende på vägtyp samt en rengöringskostnad på 4 kr/m² (The & Skov 2021). En genomsnittlig skadekostnad med rengöringskostnaden inkluderad har beräknats och presenteras i Tabell 4. The & Skov (2021) presenterade också en direkt skadekostnaden för järnväg baserat på skadorna som förväntas uppstå på banvallen vilken även den kan ses i Tabell 4. För att kunna jämföra värdena omvandlades först skadekostnaden för järnväg framtagen av Rosén m.fl. (2012) till kr/m genom att multiplicera med 1,435 m vikt är spårvidden för svensk järnväg (järnväg.net u.å.). Därefter justerades kostnaderna till prisnivån för april 2023 enligt SCB:s prisomräknare (SCB u.å.) och ett medelvärde togs fram vilket kan ses i Tabell 4.

Tabell 4. Skadekostnader för väg och järnväg enligt två studier samt beräknade medelvärden enligt prisnivån för april 2023.

	Väg	Järnväg
(The & Skov 2021)	143 kr/m ² (prisnivå 2020) 170 kr/m ² (prisnivå 2023)	3210 kr/m (prisnivå 2020) 3822 kr/m (prisnivå 2023)
(Rosén m.fl. 2012)	190 kr/m ² (prisnivå 2010) 250 kr/m ² (prisnivå 2023)	2280 kr/m ² (prisnivå 2010) 3272 kr/m (prisnivå 2010) 4312 kr/m (prisnivå 2023)
Medelvärde	210 kr/m ² (prisnivå april 2023)	4067 kr/m (prisnivå april 2023)

Även uppskattningen av de direkta kostnaderna förknippas med många osäkerheter eftersom det är svårt att veta när det uppstår permanenta skador på en väg till följd av en översvämning då det beror på en kombination av den omgivande marken, vattendjupet och flödes hastigheten. Kostnaden för att återställa vägen kan dessutom skilja sig mycket åt.

2.4.8 Människors hälsa

Översvämningar kan både påverka människors psykiska och fysiska välmående. Konsekvenser för människors psykiska hälsa kan uppstå till följd av ekonomiska förluster eller av sociala faktorer som bland annat innefattar förlusten av oersättliga ägodelar, stress och störningar på individers liv och på samhället (Messner m.fl. 2007). Forskning har visat att vissa sociala

konsekvenser kan ha större betydelse för de drabbade än ekonomiska förluster (Messner m.fl. 2007). Konsekvenser för människors fysiska hälsa uppstår i stället till följd av skador eller i värsta fall dödsfall orsakade av själva översvämningen. Utöver de dödsfall som är orsakade av att människor har skadat sig eller drunknat finns det studier som har visat att flera människor har omkommit på grund av att de har utsatt sig för onödiga risker, exempelvis genom att försöka köra bil i djupt vatten eller gå in i översvämmade byggnader för att hämta ägodelar (Grahn m.fl. 2014). Psykiska konsekvenser är mycket svåra att förutspå vilket gör att det blir komplicerat att kvantifiera dem. Det innebär inte att de bör ignoreras men på grund av att inga metoder för att kvantifiera dem har hittats kommer det här kapitlet fokusera på konsekvenser för människors fysiska hälsa.

HR Wallingford m.fl. (2006) har utvecklat en metod för att uppskatta det förväntade antalet skadade vid en översvämning. Den inkluderar direkta skador upp till en vecka efter eventet. Antalet skadade personer antas bero på antalet människor som befinner sig i området, översvämningens karaktär, områdets sårbarhet och människors sårbarhet. Förväntat antal dödsfall beräknas därefter som en funktion av antalet skadade och översvämningens karaktär. Metoden är framtagen för översvämningar orsakade av förhöjda vattennivåer i floder och hav. Beräkningarna går däremot att utföra för alla typer av översvämningar men resultatet bör tolkas med försiktighet.

Karaktären på översvämningen beskrivs genom att beräkna ett värde för översvämningens faroklassificering. Formeln, enligt Ekvation 7 (HR Wallingford m.fl. 2006), är framtagen utifrån när människor förlorar stabiliteten på grund av vattendjupet och flödes hastigheten. Om vattnet bedöms föra med sig mycket skräp kan även en så kallad skräpfaktor adderas.

$$FK = d(v + 0,5) + SF \quad (7)$$

där FK är faroklassificeringen och SF är en skräpfaktor. Utifrån det beräknade värdet på faroklassificeringen tog HR Wallingford m.fl. (2006) fram ett förslag på hur faran kan tolkas vilket kan ses i Tabell 5.

Tabell 5. Tolkning av värdet på faroklassificeringen enligt Ekvation 7. Tabellen är baserad på klassificeringen av HR Wallingford m.fl. (2006).

FK-värde	Grad av fara	Beskrivning
<0,74	Låg	Varning
0,75-1,25	Måttlig	Fara för vissa
1,25-2,5	Betydlig	Fara för de flesta
>2,5	Extrem	Fara för alla

Områdets sårbarhet bedöms utifrån om det finns fungerande och effektiva varningssystem, tiden det tar för området att översvämmas och områdets karaktär (HR Wallingford m.fl. 2006). Andelen personer med kroniska sjukdomar och andelen över 75 år ansågs ha störst betydelse för hur många som skadades och människors sårbarhet definierades därför enligt Ekvation 8 (HR Wallingford m.fl. 2006).

$$S_m = A_{75} + A_{ks} \quad (8)$$

där S_m är människors sårbarhet och A_{75} samt A_{ks} är andelen personer som är över 75 år respektive andelen med kroniska sjukdomar.

Antalet människor som förväntas utsättas för översvämningen beräknas därefter genom att multiplicera översvämningens faroklassificering med områdets sårbarhet och antalet boende i området enligt Ekvation 9 (HR Wallingford m.fl. 2006).

$$A_{utsatta} = FK \cdot S_o \cdot A_{boende} \quad (9)$$

där $A_{utsatta}$ är antalet utsatta människor, S_o områdets sårbarhet och A_{boende} antalet boende i området. Antalet skadade beräknas som en funktion av människors sårbarhet och antalet utsatta (HR Wallingford m.fl. 2006).

Sedan den presenterade metoden av HR Wallingford m.fl. togs fram har nya studier för bedömning av människors stabilitet utförts. Människor påverkas främst av glidinstabilitet och vältningsinstabilitet (Xia Falconer Wang m.fl. 2014). Glidinstabilitet uppkommer om friktionskraften från vattnet är större än friktionskraften mellan kroppen och underlaget och vältningsinstabilitet är en följd av att vridmomentet från vattnet blir större än vad kroppens tyngd kan stå emot, glidinstabilitet uppstår när vattendjupet är lågt samtidigt som flödes hastigheten är hög vilket är ovanligt (Xia Falconer Wang m.fl. 2014).

Xia Falconer Wang m.fl. (2014) har tagit fram formler som beskriver vid vilken flödes hastighet människor förlorar stabiliteten till följd av glid- respektive vältningsstabilitet med hänsyn till bland annat vattendjupet och människors massa och vikt. Formlerna för beräkning av de kritiska hastigheterna för glid- och vältningsstabilitet är presenterade i Ekvation 10 och 11 och beskrivningar samt värden av de ingående parametrarna hittas i Tabell 6.

Formel för den kritiska hastigheten för glidstabilitet (Xia Falconer Wang m.fl. 2014):

$$v_{k,g} = \alpha_g \left(\frac{d}{l_m} \right)^{\beta_g} \sqrt{\frac{m_m}{\rho l_m d} - \left(a_1 \frac{d}{l_m} + b_1 \right) \frac{a_2 m_m + b_2}{l_m^2}} \quad (10)$$

Formel för den kritiska hastigheten för vältningsstabilitet (Xia Falconer Wang m.fl. 2014):

$$v_{k,v1} = \alpha_v \left(\frac{d}{l_m} \right)^{\beta_v} \sqrt{\frac{m_m}{\rho d^2} - \left(\frac{a_1}{l_m^2} + \frac{b_1}{d l_m} \right) (a_2 m_m + b_2)} \quad (11)$$

Tabell 6. Beskrivning och värden för parametrar i Ekvation 10 och 11 enligt Xia Falconer Wang m.fl. (2014).

Parameter	Värde	Beskrivning
l_m	-	Längd, människa
m_m	-	Massa, människa
α_g	10,253 m ^{0,5} /s	Parametrar kopplade till kroppens form
β_g	0,139	
α_v	7,867 m ^{0,5} /s	
β_v	0,462	
a_1	0,735	Koefficienter kopplade till kroppens struktur och attribut
b_1	0,265	
a_2	1,015 · 10 ⁻³ m ³ /kg	
b_2	-4,927 · 10 ⁻³ m ³	

Genom att anta att kroppen lutar sig mot flödesriktningen och på så sätt ta hänsyn till att människor gör motstånd för att inte förlora stabiliteten i vatten har Chen m.fl. (2019) vidareutvecklat metoden av vältningsstabilitet framtagen av Xia Falconer Wang m.fl. (2014). Kritiska hastigheter togs fram för en lutningsvinkel på 75 grader, där 90 motsvarar att personen står rakt. 75 grader valdes eftersom det visade sig att det var vid den lutningsvinkeln som de uppmätta hastigheterna stämde bäst överens med hastigheterna som gavs av formeln, vilken kan ses i Ekvation 12.

$$v_{k,v2} = \alpha \left(\frac{d}{l_m} \right)^\beta$$

$$\sqrt{\frac{m_m}{\rho d^2} (\gamma \cos \theta + \sin \theta) - \left(a_1 \left(\frac{d}{l_m} \right)^2 + b_1 \left(\frac{d}{l_m} \right) \right) (a_2 m_m + b_2) \left(\frac{\gamma \cos \theta}{dl_m} + \frac{\sin \theta}{d^2} \right)} \quad (12)$$

där värdena för a_1 , b_1 , a_2 och b_2 är presenterade i Tabell 6, γ har värdet 10 (Chen m.fl. 2019) och θ är lutningsvinkeln angiven i radianer. Enligt deriveringen av formeln framgår det att värdet på α och β är oberoende av kroppens lutning och medelvärden för parametrarna togs därför fram baserat på flera tidigare studier (Chen m.fl. 2019). Värdena finns presenterade i Tabell 7.

Tabell 7. Värden för α och β för vältningsstabilitet enligt Chen m.fl. (2019).

Parameter	Värde
α	3,064
β	0,303

Den faktiska kritiska hastigheten bestäms utifrån den typen av instabilitet som uppstår vid lägst hastighet. När den kritiska hastigheten har beräknats kan faroklassificeringen bestämmas genom att beräkna kvoten mellan den verkliga flödes hastigheten och den kritiska hastigheten enligt Ekvation 13 (Kvočka m.fl. 2016).

$$FK = \min \left(1, \frac{v}{v_k} \right) \quad (13)$$

Ett högre FK-värde innebär allvarligare skada. Maximal skada anses uppkomma när den kritiska hastigheten är lika stor som flödes hastigheten. Baserat på klassificeringen framtagen av HR Wallingford m.fl. (2006) har Kvočka m.fl. (2016) föreslagit gränsvärden för faroklassificeringen enligt Ekvation 13. Gränsvärdena är presenterade i Tabell 8.

Tabell 8. Tolkning av värdet på faroklassificeringen av Kvočka m.fl. (2016) enligt Ekvation 13 där kategorierna för grad av fara och medföljande beskrivning är tagna från HR Wallingford m.fl. (2006).

FK-värde	Grad av fara	Beskrivning
<0,3	Låg	Varning
0,3-0,6	Måttlig	Fara för vissa
0,6-1	Betydlig	Fara för de flesta
>1	Extrem	Fara för alla

Enligt Musolino m.fl. (2022) bör alla värden över 1 tolkas som att allvarliga skador eller dödsfall kan uppstå.

Vid genomförandet av kostnads- och nyttoanalyser kan det vara användbart att kunna bedöma konsekvenser för människor i form av kostnader. Det finns dock olika åsikter angående om det är etiskt försvarbart att mäta dödsfall i monetära termer (Grahn m.fl. 2014). I Sverige anses värdet för ett statistiskt liv (VSL), framtaget på uppdrag av Trafikverket, vara officiellt vedertaget även inom andra områden (Grahn m.fl. 2014). Det nuvarande VSL värdet är 40,5 miljoner kronor (Dobric 2018). Kostnaderna för olika skador som inte leder till dödsfall skulle vidare behöva bedömas utifrån varje typ av skada. I den presenterade metoden för uppskattning av skadekostnaden av The & Skov (2021), se Avsnitt 2.2.6, presenteras ett alternativ för att bedöma konsekvenser för människors fysiska hälsa i ekonomiska termer.

3 Metodutveckling

I det följande kapitlet beskrivs samtliga delsteg av den framtagna metoden för skapandet av konsekvenskartor. Först beskrivs kraven som har satts upp för metoden samt generell information om var geodata kan hämtas (Avsnitt 3.1) följt av vilka hydrauliska data som är nödvändiga (Avsnitt 3.2) och olika sätt som kan användas för att dela in tätorter i delområden (Avsnitt 3.3). Avsnitt 3.4 till 3.10 innehåller beskrivningar av de framtagna metoderna för bedömning av konsekvenser för byggnader, samhällsviktig verksamhet, kulturvärden, fordon, framkomlighet, vägar och människor. För konsekvenskategorierna byggnader, samhällsviktig verksamhet och framkomlighet presenteras även alternativa metoder för bedömningen av konsekvenser. De huvudsakliga metoderna som presenteras i rapporten är framtagna för att ge en detaljerad bild av konsekvenserna medan de alternativa metoderna enbart är tänkta att ge en översiktlig bild baserad på en mindre mängd indata. Avsnitt 3.11 beskriver hur sammanläggningen av konsekvenser inom delområden och olika konsekvenskategorier går till.

3.1 Krav på metodiken och var data kan hämtas

För att metodiken ska vara lämplig att använda som ett första steg i processen av att utreda behovet av nya dagvattenslösningar har stor vikt lagts vid den ska vara enkel och gå snabbt att utföra. Den måste även vara anpassad efter dagens tillgång till data och information som behövs för att utföra en konsekvensanalys och skapa en konsekvenskarta.

Resultatet av analysen är starkt kopplad till tillgängligheten av geodata över de objekt som ska undersökas. För att kunna uppfylla målet med en standardiserad metod som kan användas i urbana miljöer i hela Sverige har geodataprodukter med täckning över hela landet valts i den utsträckning där det varit möjligt. Data från Lantmäteriet, Trafikverket, SCB och Riksantikvarieämbetet har använts. Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) har en nedladdningstjänst kallad *GET* där studenter och forskare från hela Sverige kan ladda ner geodata från bland annat Lantmäteriet utan kostnad. För övriga användare kan uppgifter om avgifter och användningsvillkor hittas på Lantmäteriets webbplats. Trafikverket tillhandahåller öppna geodata över det svenska väg- och järnvägsnätet genom sin e-tjänst *Lastkajen*. Tjänsten kan användas av företag och privatpersoner. Det går både att ladda ner färdiga datapaket med flera dataprodukter eller skapa egna. SCB:s öppna geodata går att hämta från deras webbplats och Riksaantikvarieämbets öppna data över kulturföremål går att ladda ner från deras tjänst *Bebyggelseregistret*.

Eftersom inte all data finns tillgängligt på nationell nivå bör metoden även kunna anpassas utifrån tillgången till data på olika platser. Inom flera delanalyser finns det därför möjligheter att komplettera med lokala data i de fall där det är möjligt och önskvärt. Lokala data kan bland annat finnas tillgängliga på kommunens eller regionens webbplatser.

Då det finns många förbättringsmöjligheter av både tillgången och förekomsten av geodata samt information om hur urbana miljöer påverkas av översvämningar är det även fördelaktigt att ha en metod som är justerbar och möjlig att förbättra när datatillgången ökar.

3.2 Hydrauliska data

Många kommuner har genomfört någon typ av skyfallskartering (Sweco 2022) och det är därför troligt att karteringar över potentiella översvämningars vattendjup och flödeshastigheter finns tillgängliga. I de fall där karteringar saknas eller av någon annan anledning inte passar för analysen erbjuder bland andra SMHI tjänsten att utföra skyfallskarteringar (SMHI 2023d).

För konsekvensanalysen i Landskrona har data över maximala vattendjup samt flödeshastigheter erhållits från Landskrona kommun. Informationen tillhandahölls som två separata rasterfiler med upplösningen 2 x 2 m. Den framtagna metoden bygger därför på att djup- och flödesdata finns tillgänglig i rasterformat med valfri upplösning.

3.3 Indelning delområden

Indelningen av staden kan anpassas efter syftet med analysen och kan göras utifrån delavrinningsområden eller stadsdelar. Sweco & DHI (2017) anser att delområdena inte bör ha en yta större än 1 km² och rekommenderar även att hänsyn bör tas till gränser för exploateringsområden vid framtagandet av delavrinningsområden. Göteborg är ett exempel på en stad där delavrinningsområden har tagits fram (Göteborgs Stad u.å.). Inom examensarbetet har det inte undersökts om liknande indelningar har gjorts inom andra kommuner men om sådana finns kan de med fördel användas som underlag för analysen.

För kommuner som inte har identifierat delavrinningsområden med lämplig storlek eller tagit fram andra geografiska uppdelningar kan offentliga data laddas ner. Dataprodukt över delavrinningsområden kan bland annat laddas ner som shape-filer från SCALGO eller från SMHIs öppna data i form av produkten *Delavrinningsområden 2016* (SMHI 2022). Delavrinningsområdena i SCALGO är generellt mindre till ytan jämfört med områdena framtagna av SMHI. Ett annat alternativ är att använda en annan godtycklig uppdelning av staden. För Landskrona har en indelning baserad på SCB:s öppna dataprodukt för *Statistik på rutor* bestående av ett rikstäckande rutnät med 1 x 1 km rutor, använts.

3.4 Byggnader

3.4.1 Tidigare analyser

De svenska konsekvensanalyserna presenterade i Avsnitt 2.2 undersökte översvämningars påverkan på byggnader genom att antingen beräkna skadekostnader eller genom att undersöka antalet drabbade byggnader vid olika vattendjup. Fyra av analyserna antog att vattendjup under 0,1 m alternativt 0,2 m inte innebar någon negativ konsekvens för de undersökta byggnaderna (Andersson-Sköld & Davidsson 2016; Sweco & DHI 2017; Haag m.fl. 2021; Kaiser m.fl. 2022). Med undantag från metoden av Haag m.fl. (2021) var det däremot inte specificerat när en byggnad ansågs vara översvämmad med ett visst vattendjup, exempelvis om det omgivande vattendjupet behövde överstiga tröskelvärdet runt hela byggnaden för att den skulle räknas som översvämmad eller om det räckte med att det gjorde det på en plats längs med fasaden.

Genom att analysera påverkan på byggnader genom att beräkna skadekostnader är det möjligt att ta hänsyn till att kostnaderna skiljer sig åt mellan olika typer av byggnader. Det går också att kombinera analysen med andra ekonomiska konsekvenser för att få en uppfattning om den totala skadekostnaden i ett område. Det bedöms därför vara mer fördelaktigt att uppskatta skadekostnader för byggnader än att enbart undersöka hur många byggnader som drabbas. Tidigare analyser har uppskattat kostnader utifrån försäkringsstatistik och eftersom det saknas alternativa metoder har det tillvägagångssättet valts även för den här analysen.

3.4.2 Metod

Geodata över byggnaders utbredning och position tas fram av Lantmäteriet. Fram till 1 oktober 2021 fanns produkten *GSD-Fastighetskartan, vektor* som därefter ersattes med flera vektorprodukter varav en var ”Byggnad Nedladdning, vektor” (Lantmäteriet 2021). I SLU:s nedladdningstjänst finns endast geodata från *GSD-Fastighetskartan, vektor* under namnet *Fastig-*

hetskartan Bebyggelse latest (shp) tillgänglig och metoden som har tagits fram i den här rapporten bygger därför på den produkten. *GSD-Fastighetskartan, vektor* är indelad i fyra skikt. För analysen har data i skiktet BY (Byggnader ytor) använts. Skiktet innehåller polygoner med byggnaders geometrier och varje byggnad är kategoriserad enligt byggnadens ändamål. De övergripande kategorierna är bostad, industri, samhällsfunktion, verksamhet, ekonomibyggnad, komplementbyggnad och övrig byggnad. Varje huvudändamål har även flera underkategorier med detaljerade ändamål med tillhörande kod (Lantmäteriet 2019) vilket presenteras i Tabell B1, Bilaga B.

Uppbyggnaden av dataprodukterna samt kategoriseringen av byggnader skiljer sig något mellan de två produkterna vilket innebär att en viss anpassning av den framtagna metoden blir nödvändig om *Byggnad Nedladdning, vektor* används. I likhet med *GSD-Fastighetskartan, vektor* presenteras data i *Byggnad Nedladdning, vektor* i olika skikt men det finns några skillnader gällande vilka verksamheter som presenteras i vilka skikt. Bland annat ingår industrier för energiproduktion i ett separat skikt för anläggningsområden i den nya produkten (Lantmäteriet 2023) vilket gör att tillvägagångssättet för framtagandet av vattendjupet på den aktuella platsen kommer skilja sig från beräkningen av djup runt en byggnad. Mer detaljerad information om innehållet i *Byggnad Nedladdning, vektor* finns i produktbeskrivningen på Lantmäteriets webbplats.

Skadekostnaden har uppskattats genom att först tilldela byggnader potentiella skadekostnader som därefter relateras till ett vattendjup vid vilket kostnaderna bedöms uppkomma. De potentiella skadekostnaderna är kopplade till byggnadernas ändamål och de beräknade medelskadebeloppen presenterade i Tabell B4, Bilaga B. Försäkringsgrenen Villahemförsäkring har använts för enbostadshus medan Företags- och fastighetsförsäkring har använts för två- och flerbostadshus samt för resterande byggnader där det bedrivs någon form av verksamhet. För byggnader som inte har kunnat kopplas samman med en försäkringsgren har medelskadebeloppet från alla tre försäkringsgrenar använts. Vidare har skadekostnaden för byggnader inom kategorierna Komplementbyggnad och Övrig byggnad satts till 0 kr. En detaljerad beskrivning över vilka försäkringsgrenar som använts för olika byggnadsändamål kan ses i Tabell 9.

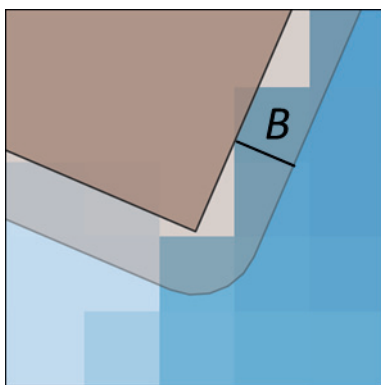
Tabell 9. Skadekostnad för olika typer av byggnader enligt försäkringsstatistik. De presenterade numren för bostäder hänvisar till koderna för detaljerat ändamål i Tabell B1, Bilaga B.

Byggnadsändamål	Försäkringsgren och skadekostnad per byggnad
Bostad	130-132: Villahemförsäkring, 84 461 kr 133, 135: Företags- och fastighetsförsäkring, 161 416 kr 199: Alla tre försäkringsgrenar, 96 763 kr
Industri	Företags- och fastighetsförsäkring, 161 416 kr
Samhällsfunktion	Företags- och fastighetsförsäkring, 161 416 kr
Verksamhet	Företags- och fastighetsförsäkring, 161 416 kr
Ekonomibyggnad	Företags- och fastighetsförsäkring, 161 416 kr
Komplementbyggnad	Ingen, 0 kr
Övrig byggnad	Ingen, 0 kr

Husgrunder har för det mesta ett djup på minst 0,1 m (Husgrunder.com 2016) och det är därför rimligt att utesluta vattenansamlingar med ett lägre djup. Ingen av de två studerade kostnadsanalyserna av Rosén m.fl. (2012) och The & Skov (2021) presenterade några tröskelvärden för vattendjupet och i de övriga analyserna användes två olika tröskelvärden. Med syftet att minska risken att överskatta skadekostnaderna har det övre av de två (0,2 m) valts ut. Som

en följd av sluttande underlag eller källaringångar är vattendjupet runt en byggnad inte alltid konstant vilket måste tas i beaktning i analysen. Gränsvärdet kan bland annat beräknas utifrån det största djupet kring byggnaden eller utifrån medeldjupet. Genom att ange ett gränsvärde baserat på medeldjupet finns det en risk att lokala lågpunkter där vatten kan tränga in i byggnader ignoreras. Det anses därför vara bättre att uppskatta skadekostnaderna utifrån maxdjupet.

Vid beräkning av det omgivande vattendjupet bör hänsyn tas till detaljgraden av indata. För varje byggnad i filen *GSD-Fastighetskartan*, vektor anges ett medelfel vilket beskriver byggnadens lägesnoggrannhet i förhållande till koordinatsystemet. Felets storlek beror på mätmetoden och varierar mellan 25 och 3000 mm med ett medelvärde på 246 mm. För att även inkludera detaljgraden av rastret över vattendjup har en buffertzona skapats runt varje byggnad inom vilken vattendjupet beräknas, se Figur 4.



Figur 4. Buffertzona runt ett hörn av en byggnad samt raster med vattendjup.

Bredden på buffertzonen är beräknad som summan av byggnadernas medelfel och halva diagonalen av en rasterruta enligt Ekvation 14.

$$B = M + \frac{\sqrt{2 \cdot R^2}}{2} \quad (14)$$

där B är buffertzonen bredd, M är medelfelet och R är längden av en rasterrutas sida. För analysen har en konstant bredd på 1,7 m används för alla byggnader baserat på medelvärdet av medelfelet och en rasterupplösning på 2 x 2 m.

3.4.3 Alternativ metod

Det går även att enbart undersöka antalet drabbade byggnader utifrån samma kriterium över vattendjupet som för analysen av skadekostnader. Eftersom bedömningen av antal inte kräver någon försäkringsdata kan även komplementbyggnader och övriga byggnader inkluderas.

3.5 Samhällsviktig verksamhet

3.5.1 Tidigare analyser

Alla tidigare analyser, presenterade i Avsnitt 2.2, inkluderade på något sätt byggnader eller system som kan anses vara viktiga för samhällets funktionalitet även om inte alla hade en uttalad separat analys tillägnad det syftet. Den vanligaste metoden var att bedöma hur många byggnader av olika typer som låg i det potentiellt översvämmade området, både 0,1 m (Sweco & DHI 2017; Kaiser m.fl. 2022) och 0,2 m (Andersson-Sköld & Davidsson 2016; Haag m.fl. 2021) användes som det lägsta vattendjupet som bedömdes medföra en konsekvens. Två studier uppskattade även skadekostnader för byggnader med utvalda verksamheter (Rosén m.fl.

2012; The & Skov 2021). Metoden av Andersson-Sköld & Davidsson (2016) var den enda som uttryckligen tog hänsyn till att samhällets funktionalitet påverkas av antalet drabbade enheter inom ett system genom att bedöma konsekvensen utifrån hur många nätstationer som drabbades samtidigt. I analysen av Sweco & DHI (2017) användes underlag från Styrel för att rangordna verksamheters betydelse.

3.5.2 Metod

Bortsett från analyser av enskilda byggnader anses användandet av en prioritetsordning för att bedöma konsekvenser för olika typer av verksamheter ge den mest detaljerade bilden av hur olika delar av samhället påverkas. För den framtagna metoden har därför det tillvägagångssättet valts. En noterbar skillnad mellan de två presenterade prioritetsordningarna för bortkoppling av el och nödvattenförsörjning är att rangordningen av verksamheter med betydelse för miljön och verksamheter med ekonomiska värden skiljer sig åt. Styrel prioriterar ekonomiska värden högre medan det motsatta gäller för prioriteringen för nödvattenförsörjning. Utöver det ser prioriteringarna relativt lika ut vilket gör att det anses lämpligare att använda Styrels prioritetsordning eftersom den har en tydligare nationell standard.

Handlingar som beskriver prioriteringen av samhällsviktiga verksamheter inom en kommun kan omfattas av sekretess för att förhindra spridning av känslig information (MSB 2010). Det är därför inte alltid möjligt att få tillgång till det officiella underlaget för Styrels prioritetsordning. För att kunna genomföra analysen av samhällsviktig verksamhet även när tillgång saknas har en generell prioritetsordning tagits fram. Den framtagna prioritetsordningen är baserad på indelningen som presenteras i inriktningsdokumentet *Styrel – inriktning för prioritering av elanvändare* (MSB 2010). Samhällsviktiga verksamheter har identifierats med hjälp av förklaringen av byggnaders detaljerade ändamål i Lantmäteriets dokumentation till *GSD-Fastighetskartan, vektor* vars innehåll beskrivs mer utförligt i Avsnitt 3.4. I de fall där det inte har varit tydligt i vilken prioritetsklass en viss byggnadstyp bör ingå har prioriteringen genomförd av Göteborgs stad studerats (Sweco & DHI 2017; Stadsledningskontoret Göteborgs stad 2020). Varje kategori av byggnaders ändamål kan rymma flera olika typer av verksamheter som är olika viktiga för samhällets funktionalitet, prioriteringen har därför gjorts utifrån den verksamheten som, enligt beskrivningen av respektive byggnadsändamål (Lantmäteriet 2019), anses tillhöra den högsta prioritetsklassen.

Byggnader med verksamheter som inte är inkluderade i Styrels prioritetsordning men som är viktiga för elförsörjningen har tilldelats den högsta prioritetsklassen om de ansetts vara känsliga för översvämning. Det inkluderar bland annat anläggningar för elproduktion så som gasturbinanläggningar och kondenskraftverk medan vattenkraftverk och vindkraftverk inte anses påverkas negativt av översvämningar och därmed har tilldelats den lägsta prioritetsklassen. Konsekvenserna för elsystemet och andra samhällsviktiga system är starkt kopplade till vilka samt hur många komponenter som påverkas vid en översvämning. I *GSD-Fastighetskartan, vektor* anges ändamålet Distributionsbyggnad för byggnader som ingår i nätet för gas, värme, elektricitet eller vatten men ingen särskiljning mellan vilket system respektive byggnad tillhör görs, i den nya dataprodukten *Byggnad Nedladdning, vektor* finns det ingen separat kategori för distributionsbyggnader. Analysen har därför begränsats till att undersöka hur många byggnader som påverkas.

Byggnadsdata tillgänglig i filen *GSD-Fastighetskartan, vektor* kan även kompletteras med ytterligare information om samhällsviktiga verksamheter om det finns tillgängligt. För Landskrona har information om var det finns förskolor lagts till. Den framtagna prioritetsordningen för de olika byggnadsändamålen kan ses i Tabell 10.

Tabell 10. Generell prioriteringsordning för samhällsviktig verksamhet baserat på byggnaders ändamål enligt Styrels prioriteringsklasser. Ordningen är baserad på riktlinjer och tidigare indelningar från (MSB 2010; Sweco & DHI 2017; Stadsledningskontoret Göteborgs stad 2020)

Prioriteringsklass	Ändamål	
1	Industri: - Gasturbinanläggning - Kondenskraftverk - Kärnkraftverk	Samhällsfunktion - Brandstation - Distributionsbyggnad - Försvarsbyggnad - Polisstation - Sjukhus - Förskolor
2	Industri - Värmeverk	Samhällsfunktion - Kommunhus - Kriminalvårdsanstalt - Reningsverk - Vattenverk
3	Samhällsfunktion - Vårdcentral	
4	Industri - Livsmedelsindustri - Övrig industribyggnad*	Samhällsfunktion - Busstation - Järnvägsstation - Samfund** - Skola
5	Industri - Annan tillverkningsindustri - Industrihotell - Metall- eller maskinindustri - Textilindustri - Trävaruindustri - Kemisk industri	
6		
7	Samhällsfunktion - Kulturbyggnad	
8	Bostad - Alla underkategorier Industri - Vattenkraftverk - Vindkraftverk - Ospecificerad*** Samhällsfunktion - Badhus - Djursjukhus**** - Högskola - Ishall - Ridhus - Sporthall - Universitet - Multiarena - Ospecificerad	Verksamhet - Ospecificerad Ekonomibygnad - Ospecificerad Komplementbyggnad - Ospecificerad Övrig byggnad - Ospecificerad

* Industriella byggnader som inte är tillverkningsindustri, exempelvis lagerbyggnader eller bensinstationer.

**Inkluderar krematorieverksamhet

*** Otillräckligt information för att kunna göra antagandet att den uppfyller något av kraven för de högre prioriteringsklasserna.

****Den tilldelade prioriteringsklassen kan ändras beroende på hur djur värderas i förhållande till människor.

Vid tilldelningen av klasser har alla typer av industrier som inte tilldelats klass 1 till 4 bedömts representera stora ekonomiska värden och därmed fått klass 5. Det innebär att det inte finns några verksamheter med klass 6. I verkligheten kan det däremot finnas verksamheter som inte har en stor ekonomisk betydelse men som har betydelse för miljön. För analysen har även de två lägst prioriterade klasserna 7 och 8 uteslutits. Kulturvärden inkluderas i stället i en egen kategori vilket beskrivs i Avsnitt 3.6. Varje byggnad tilldelas ett värde i enlighet med de olika prioriteringsklasserna där byggnader som tillhör prioriteringsklass 1 får värde 6 medan byggnader i klass 6 får värde 1.

Det är för tidskrävande att undersöka enskilda verksamheter för att utvärdera i vilken grad de hade påverkats vid olika vattennivåer. Konsekvensens grad antas därför kunna bedömas genom att anta ett linjärt samband mellan vattendjupet och konsekvensen. En konsekvens förväntas uppstå om det maximala vattendjupet kring byggnaden överstiger 0,2 m. För att även ta hänsyn till att verksamheten rimligtvis påverkas mer om en stor del av byggnaden översvämmas jämfört med om enbart en liten del drabbas antas även en konsekvens uppstå om medeldjupet kring byggnaden överstiger 0,1 m. Värdet på konsekvensen tas fram genom att multiplicera det maximala vattendjupet med värdet för respektive prioriteringsklass.

3.5.3 Alternativ metod

På samma sätt som för byggnader kan antalet drabbade samhällsviktiga verksamheter bedömas. Verksamheterna antas vara drabbade enligt samma kriterium som används för att avgöra om en konsekvens uppstår i den huvudsakliga metoden.

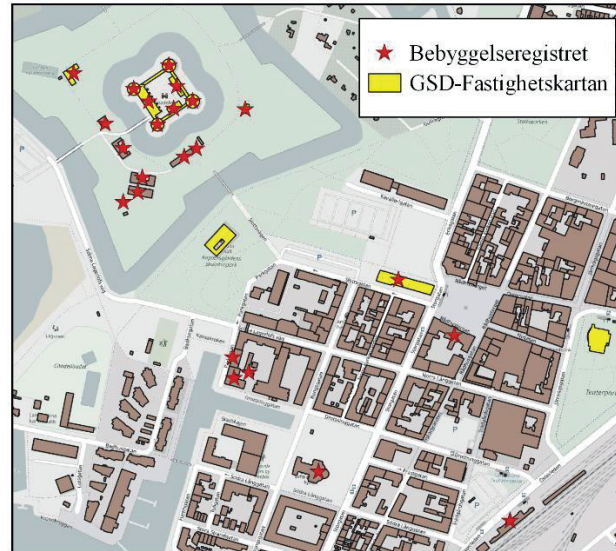
3.6 Kulturvärden

På de platser där en risk- och sårbarhetsanalys för översvämningar har genomförts kan resultatet från dessa med fördel inkluderas i konsekvensanalysen. I områden där det inte har gjorts kan det däremot anses rimligt att basera analysen på data som finns tillgänglig digitalt. Information om det byggda kulturarvet finns att hämta från Riksantikvarieämbetets *Bebyggelseregister* (Riksantikvarieämbetet u.å.). Registret innehåller beskrivningar av kulturvärdena samt deras geografiska position och data kan exporteras och användas för GIS program. Mellan 2020 och 2024 genomför även Riksantikvarieämbetet ett projekt kallat Bebyggelseinformationsprojektet. Målet med projektet är att kunna tillhandahålla ett register över all bebyggelse med både lagskyddade och identifierade kulturvärden i Sverige (Riksantikvarieämbetet 2022). Det nya registret är planerat att lanseras för allmänheten under 2024 och kan därefter användas för att inhämta data över kulturarvet.

Baserat på den informationen som har hittats i rapporter från tidigare studier, presenterade i Avsnitt 2.4.3, finns det i dagsläget varken någon generell metod för att bedöma kulturarv med ekonomiska värden eller någon rangordning mellan olika kulturobjekt. Därför inkluderar den framtagna metoden enbart en bedömning över vilka byggnader med kulturvärden som riskerar att drabbas. Avgränsningen i form av att enbart undersöka byggnader kan motiveras med att det var den kategori av kulturvärden som antogs bli mest negativt påverkad (Länsstyrelsen Västra Götaland m.fl. 2016).

I den nuvarande dataprodukten som kan laddas ner från *Bebyggelseregistret* anges kulturvärdenas position som en punkt vilket innebär att det inte går att undersöka vilka byggnader som riskerar att drabbas utan vidare bearbetning av datauppgifterna. Utöver informationen som finns att hämta från Riksantikvarieämbetet tillhandahåller även Lantmäteriet viss information om kulturbyggnader. I produkten *GSD-Fastighetskartan*, vektor finns en byggnadskategori som heter Kulturbyggnad vilken beskrivs inkludera byggnader med kulturellt ändamål (Lantmäte-

riet 2019). Genom att använda den fås därmed byggnadernas form automatiskt och analysen kan genomföras på samma sätt som för analysen av Samhällsviktig verksamhet. Nackdelen med att använda Lantmäteriets data över kulturbyggnader är att det inte framgår utifrån vilka kriterier indelningen har tagits fram. En jämförelse av innehållet i de två filerna visar de två inte alltid stämmer överens vilket kan ses i Figur 5.



Figur 5. Exempelområde i Landskrona för jämförelse av datamängderna över kulturbyggnader från Lantmäteriets data över kulturbyggnader (GSD-Fastighetskartan vektor © Lantmäteriet) och kulturvärden enligt Bebyggelseregistret. Bakgrundskarta: OSM Standard, tillgänglig i QGIS.

Av jämförelsen framgår det att Lantmäteriets data främst inkluderar byggnader där det i dagsläget bedrivs någon form av kulturell verksamhet till skillnad från *Bebyggelseregistret* som ser till själva byggnadernas kulturella värde. Genom att anta att verksamheter kan förflyttas till skillnad från byggnader anses det mest lämpligt att använda *Bebyggelseregistrets* dataunderlag. Det är dessutom troligt att pågående Bebyggelseinformationsprojektet kommer bidra ytterligare till en heltäckande datamängd över svenska kulturvärden.

För att kunna utvärdera konsekvenserna för kulturvärdena måste det omgivande vattendjupet kunna uppskattas. För att kunna ta hänsyn till byggnaders varierande form och storlek kan byggnadspolygoner i filen *GSD-Fastighetskartan*, vektor tilldelas ett värde baserat deras position i förhållande till punkterna i över kulturbyggnader från *Bebyggelseregistret*. Enligt Figur 5 är punkterna inte alltid placerade så att de sammanfaller med byggnaderna. För att de kulturvärdena inte ska uteslutas måste ett maxavstånd bestämmas inom vilket byggnader kan tilldelas ett värde från den närmsta punkten. Genom att göra det finns det däremot en risk att byggnader utan kulturvärde inkluderas om de ligger tillräckligt nära en punkt. För analysen i Landskrona har maxavståndet satts till 3,5 m vilket innebär att alla byggnader med kulturvärden och enbart en byggnad utan inkluderas i analysen. Avståndet kan anpassas utifrån förhållandena i den aktuella staden och beroende på om det anses viktigare att inkludera alla värden eller att inte inkludera byggnader utan kulturvärden.

En byggnad anses vara drabbad enligt samma kriterium som används för analysen av samhällsviktig verksamhet, det vill säga om maxdjupet runt byggnaden är större än 0,2 m eller om medeldjupet överstiger 0,1 m. Antalet påverkade byggnader kan därefter summeras för varje delområde.

3.7 Skadekostnad fordon

För att kunna genomföra en analys av skadekostnaden av fordon behövs både information av fordonens position samt den potentiella skadekostnaden kopplad till att de blir översvämmade. Analysen kan genomföras på fordon i rörelse eller stillastående fordon. Med motiveringen att fordon i rörelse enbart utsätts för ett visst vattendjup under en kort period, vilket innebär att konsekvenserna blir svårare att förutse, samt att föraren i de fordonen har större möjlighet att köra omvägar för att undvika stående vatten på vägbanan, har valet gjorts att enbart inkludera stillastående fordon i analysen. Konsekvenserna för fordon i rörelse inkluderas i stället indirekt i analysen för framkomlighet.

I tätbyggda områden anses det rimligt att anta att stillastående fordon befinner sig på parkeringsytor. Ingen rikstäckande geodata över parkeringsytor har hittats och det är därmed inte möjligt att skapa en generell metod för hur den ekonomiska skadan för fordon kan uppskattas. Ett alternativ för att efterlikna tillvägagångssättet av Martínez-Gomariz m.fl. (2019) är att studera satellitbilder i exempelvis Google Maps. Det anses dock vara för tidskrävande för att kunna inkluderas som ett steg i den aktuella konsekvensanalysen. För att kunna genomföra analysen blir det därmed nödvändigt att förlita sig på den data som finns tillgänglig på en mer lokal nivå.

För Landskrona finns det geodataunderlag för några av stadens större allmänna parkeringar med information om hur många fordonsplatser som finns på respektive parkering. Underlaget inkluderar inte några parkeringsplatser längs med vägar eller privata parkeringar vilket gör att antalet fordon och därmed skadekostnaden kommer bli kraftigt underskattad. Den framtagna analysen utgår från det tillgängliga dataunderlaget där parkeringsytorna utgörs av polygoner i en shapefil och kan därmed användas i andra områden där det eventuellt finns mer data.

Den potentiella skadekostnaden hänger samman med vilka typer av bilar som utsätts. Data över hur stor andel av fordonsbeståndet som tillhör respektive kategori enligt USACE:s uppdelning har inte kunnat fås fram för Sverige eller för enskilda städer. Skadan har därför beräknats genom att göra flera antaganden som presenteras i detalj nedan.

Det första steget för att uppskatta skadekostnaden är att beräkna hur stor andel av respektive parkeringsyta som upptas av fordon. Det kan göras enligt formeln i Ekvation 15.

$$A_f = \frac{A_p \cdot PA}{Y_p} \cdot A_u \quad (15)$$

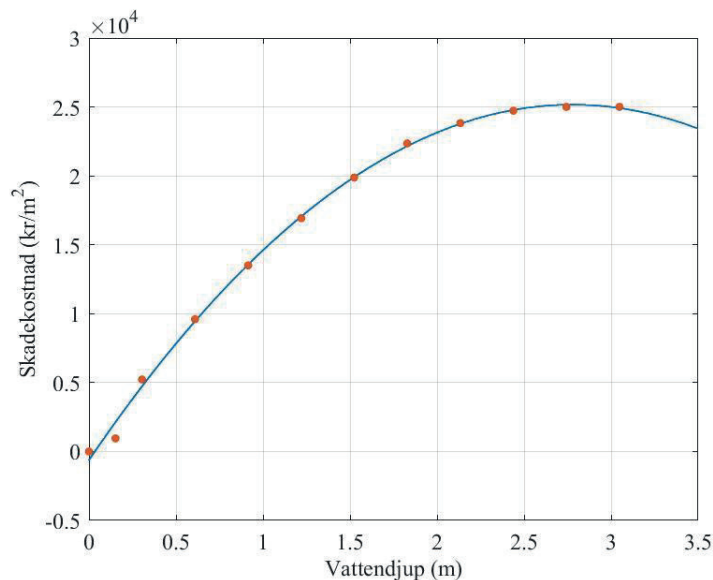
där A_f är andelen av parkeringens area som täcks av fordon, A_p antalet fordonsplatser per parkering, Y_p parkeringens totala yta och A_u andelen upptagna platser. Planarean har antagits vara lika med $7,9 \text{ m}^2$ i enlighet med beräkningen av ett genomsnittligt svenskt fordon, beräkningen och antaganden är presenterade i Tabell B5, Bilaga B och andelen upptagna platser har antagits vara 1.

I de fall då enbart parkeringsytor utan information om antal fordonsplatser finns att tillgå kan antalet platser uppskattas med hjälp av Trafikverkets krav för utformning av tvärställda parkeringsplatser. En parkeringsplats ska enligt kraven vara 2,5 m bred, 5 m lång och för att fordon ska kunna ta sig ut och in ska avståndet mellan två rutors kortsidor vara 6,5 m (Trafikverket 2021). Varje parkeringsplats upptar därmed $20,625 \text{ m}^2$. För parkeringsplatser längs med vägar kan avståndet på 6,5 m uteslutas. Uppskattningen ger det maximala antalet parkeringsplatser som i teorin går att rymmas på den angivna ytan och kommer därmed troligtvis att överskatta det verkliga antalet.

Därefter uppskattades en relativ skadekurva baserat på USACE:s framtagna uppgifter för fordonstyperna sedan och SUV då de två anses representera en genomsnittlig svensk bil. Den relativa skadan vid olika vattendjup kan ses i Tabell B6, Bilaga B. För att kunna uppskatta den totala skadekostnaden måste den relativa skadefunktionen (S_r) omvandlas till en absolut skadefunktion (S_a). Det görs genom att multiplicera den relativa skadefunktionen med fordonets värde (V_f), vilket har antagits vara lika med 197 528 kr enligt beräkningarna presenterade i Tabell B5, Bilaga B. För att kunna beräkna skadekostnaden i varje kvadratmeter divideras resultatet med ett fordonens planarea enligt Ekvation 16.

$$S_a = \frac{S_r \cdot V_f}{PA} \quad (16)$$

där S_a är den absoluta skadefunktionen, S_r den relativa skadefunktionen och V_f fordonets värde. Ett andragsgradspolynom har anpassats utifrån de absoluta skadekostnaderna vid de olika vattendjupen och den absoluta skadefunktionen presenteras i Figur 6 och i Ekvation 17.



Figur 6. Skadekostnad för ett genomsnittligt fordon som en funktion av vattendjup.

$$\text{Skadekostnad} = -3341,0d^2 + 18562d - 618,25 \quad (17)$$

För att ta fram den totala skadekostnaden multipliceras den absoluta skadekostnaden (Ekvation 16) med den procentuella fordonsytan (Ekvation 15). Planarean kan uteslutas men har inkluderats för att förtydliga tillvägagångssättet.

Genom att beräkna skadan per kvadratmeter görs antagandet att fordonet påverkas på samma sätt oavsett vilken del som utsätts för vatten vilket inte nödvändigtvis stämmer. Det är däremot troligt att vattendjupet är lika stort över en yta som motsvarar ett fordonens planarea vilket innebär att utfallet blir liknande som om skadan hade beräknats per fordon.

3.8 Framkomlighet

3.8.1 Tidigare analyser

En sammanställning av de presenterade metoderna tyder på att det finns flera olika alternativ med varierande detaljrikedom och tidsåtgång för att bedöma konsekvenser för vägnätet. Tre av metoderna innehåller en uppdelning av vägnätet baserat på vägtyp samt typen av trafik (Andersson m.fl. 2013; Sweco & DHI 2017; The & Skov 2021) och Sweco & DHI (2017)

föreslår även en prioriteringsordning för olika vägar. Den föreslagna uppdelningen skiljer sig dock åt mellan de tre analyserna vilket kan ses i Tabell A1, Bilaga A. Flera av de övriga analyserna skiljer enbart på vägar och järnvägar. Andersson-Sköld & Davidsson (2016) och Sweco & DHI (2017) graderade konsekvensen utifrån översvämningens karaktär i form av vattendjup respektive vattendjup och flödes hastighet. Haag m.fl. (2021) och Kaiser m.fl. (2022) utgick i stället från att en konsekvens uppkommer om vattendjupet och översvämningens utbredning överstiger bestämda tröskelvärden medan övriga studier enbart undersökte om vägen låg under vatten eller ej. De flesta studierna undersökte konsekvensen för framkomlighet genom att redovisa den översvämmade vägytan, Andersson m.fl. (2013) beräknade i stället den översvämmade vägsträckan. Tre analyser tar även, på olika sätt, hänsyn till översvämningens varaktighet (Andersson-Sköld & Davidsson 2016; Sweco & DHI 2017; The & Skov 2021). Andra faktorer som beaktas är förekomsten av alternativa färdvägar, varningssystem och påverkan på de verksamheter som ligger i anslutning till vägen (Andersson-Sköld & Davidsson 2016).

Efter att ha studerat de genomförda konsekvensanalyserna med avseende på framkomlighet har följande slutsatser dragits:

- Varje metod studerar framkomligheten på olika sätt utifrån olika kriterier.
- Uppdelningen av vägar samt deras betydelse för framkomligheten skiljer sig åt mellan alla studier.
- Det saknas ofta tydliga motiveringar till varför de olika tröskelvärdena i form av vattendjup, flödes hastighet och utbredning valts ut.
- Den framtagna metoden av Andersson-Sköld & Davidsson (2016) ger den mest omfattande bilden av översvämningens konsekvens av de presenterade analyserna. Den är däremot väldigt tidskrävande och svår att genomföra för en hel stad.

3.8.2 Metod

Två av de presenterade metoderna har bedömts gå snabbt att genomföra samtidigt som de ger en uppfattning om hur framkomligheten påverkas. Den första är beräkning av den relativa översvämmade vägytan (Papilloud m.fl. 2020) och den andra är att rangordna vägar baserat på deras betydelse den totala framkomligheten (Sweco & DHI 2017). Den relativa översvämmade ytan är ett användbart mått när enbart ett tröskelvärde för när en översvämning bedöms orsaka konsekvenser används. I områden där vägdensiteten generellt sett är hög men där inte alla vägar är lika viktiga för den allmänna framkomligheten, vilket ofta är fallet i tätorter, kan det däremot vara bättre att ta hänsyn till typen av väg. I och med att det även anses relevant att beakta betydelsen av bland annat vattendjupet vilket är lättare att kombinera med en rangordning av vägar, är en metod som bygger på en prioritetsordning att föredra framför beräkning av den relativa översvämmade vägytan.

På grund av att uppdelningen av vägar i de genomförda analyserna skiljer sig åt, att den av Sweco & DHI (2017) presenterade prioritetsklassningen inte går att genomföra utan lokal information om vägarnas användning och att de två övriga rangordningarna (för snöplogning av statliga vägar och dimensionering av vägars avvattningsystem) av olika anledningar inte anses vara applicerbara i tätorter föreslås en annan indelning samt prioritetsordning baserad på Trafikverkets indelning av funktionella vägklasser. Klassificeringen går ut på att rangordna hur viktiga vägarna är för de totala förbindelsemöjligheterna och omfattar hela Sveriges bilvägnät. Vägarna delas in i klasserna 0 till 9 där 0 är de viktigaste och 9 de minst viktiga (Trafikverket 2020a). Indelningen ger information om ordningen för de olika vägklassernas betydelse men den säger ingenting om hur mycket viktigare en klass är jämfört med en annan.

Vägarna i de olika funktionella vägklasserna har därför tilldelats prioritetsvärden enligt en linjär skala där vägarna med den lägsta funktionella vägklassen ges det högsta prioritetsvärdet enligt Tabell 11. Analysen bör även inkludera järnväg. I och med att järnväg har tilldelats den högsta prioritetsklassen i metoden av Sweco & DHI (2017) och tillhör de vägar med högst krav på avvattningssystem (Trafikverket 2022a) anses det vara rimligt att den ges det högsta prioritetsvärdet även i den framtagna metoden.

All data som behövs för analysen av framkomlighet kan laddas ner från *Lastkajen* i form av de två datapaketerna *Tillgänglighetsvägnät*, innehållande data över bland annat funktionell vägklass och vägbredd, och *Järnvägsnät med grundegenskaper*. Vid indelningen av funktionell vägklass tas inte någon hänsyn till vilken typ av trafik som förväntas på vägarna (Trafikverket 2020a). För att kunna prioritera vägar med en viss typ av trafik är det därför nödvändigt att komplettera informationen med annan data. I de fall där befintliga vägar har inkluderats i åtgärdsplaner för översvämningar i form av skyfallsleder, bör de exkluderas från analysen i och med att det har beslutats att det är acceptabelt att de översvämmas. Om ytterligare information finns tillgänglig, i form av till exempel spårväg eller väg för utryckningsfordon så kan den läggas till och tilldelas lämplig prioritetsklass.

Trafikverket tillhandahåller även dataprodukten *GCM-vägnät* över gång- cykel- och mopedvägar vilka kan tas med i analysen. På grund av att kriterierna för att bedöma konsekvenserna för trafiken är anpassade efter fordon har de kategorierna uteslutits här. Ifall analysen av människors stabilitet skulle visa på att det i något område uppstår en fara för människor kan det däremot vara aktuellt att fokusera på hur GCM-vägar påverkas för att kunna ta fram lämpliga åtgärder för att förhindra fara.

Som nämnts tidigare används två olika sätt för att mäta hur stor del av vägnätet som översvämmas, beräkning av den totala översvämmade vägarean och beräkning av översvämmad vägsträcka. För att beräkna översvämmad area är det nödvändigt att ha kännedom om vägar- nas bredd. Den genomsnittliga vägbredden för respektive prioritetsklass enligt indelningen utifrån funktionell vägklass har beräknats baserat på datapaketet *Tillgänglighetsvägnät_20230101* och resultatet presenteras i Tabell 11.

Tabell 11. Tilldelade prioritetsklasser baserat på de funktionella vägklasserna och beräknad genomsnittlig vägbredd för respektive klass.

Funktionell vägklass	Prioritetsklass	Vägbredd (m)
0	10	8,6
1	9	7,7
2	8	7,9
3	7	7,3
4	6	6,7
5	5	5,4
6	4	5,1
7	3	5,9
8	2	4,1
9	1	3,4

Av Tabell 11 framgår det att vägbredden, med ett fåtal undantag, minskar med sjunkande prioritetsklass. Om hänsyn tas till både vägbredd och prioritetsklass leder det därmed till att viktiga vägar får större betydelse både på grund av sin prioritetsklass och bredd. För att kunna ta

fram en relevant prioritetsordning för översvämningar är det därför enklare att enbart titta på den översvämmade vägsträckan. I verkligheten är vägar konstruerade med tvärfall vilket innebär att de lutar i sidled för att säkerställa vattenavrinning från vägbanan (Trafikverket 2020b). Lutningen bedöms dock vara liten i förhållande till övriga osäkerheter med karteringen vilket innebär att det går att anta att hela vägbredden översvämmas med ungefär samma vattendjup. Den totala översvämmade vägsträckan kan följaktligen beräknas genom att sätta alla vägbredder till 1 m. Det hade även varit möjligt att enbart ta hänsyn till bredden men det alternativet har uteslutits på grund av att det då finns en risk att enskilda högt prioriterade men smala vägar klassas för lågt.

Med inspiration från Andersson-Sköld & Davidsson (2016) har en ny indelning av konsekvensklasser för framkomlighet tagits fram baserad på fordons stabilitet. Klassningen tar enbart hänsyn till vattendjupet och flödes hastigheten och går därmed att genomföra utan att behöva göra analyser av varje enskild väg. Översvämningens påverkan på vägar har delats in i fyra konsekvensklasser utifrån beräknade tröskelvärden i form av vattendjup och vattendjup multiplicerat med flödes hastighet för en genomsnittligt svensk personbil samt en ambulans. Hänsyn har även tagits till tröskelvärdena för personbilar och utryckningsfordon framtagna av Kramer m.fl. (2016). Varje konsekvensklass har tilldelats ett faroklassificeringsvärde från 0 till 3 som multipliceras med den specifika vägens prioriteringsklass enligt Tabell 11. Gränsvärdena för de fyra olika klasserna kan ses i Tabell 12.

Den första konsekvensklassen anses inte ge någon påverkan på framkomligheten och motsvarar vattendjup på under 0,1 m. Värdet för vattendjupet multiplicerat med flödes hastigheten är framtaget för att uppfylla tröskelvärde för när det anses vara säkert att köra personbilar på översvämmade vägar (Kramer m.fl. 2016), se Ekvation 6. Gränsvärdena för de övriga tre konsekvensklasserna har bestämts utifrån tröskelvärdena för personbilar respektive har en ny indelning av konsekvensklasser för framkomlighet tagits fram baserad på fordons stabilitet. ambulansfordon enligt beräkningarna i Tabell B5, Bilaga B. För den högsta kategorin uppfylls inte heller tröskelvärdet för utryckningsfordon enligt Kramer m.fl. (2016) vilket är ytterligare ett tecken på att konsekvenserna av en översvämning i den storleken troligtvis får stora konsekvenser.

Tabell 12. Tröskelvärden för framtagna konsekvensklasserna för översvämningars påverkan för framkomlighet. Den sista kolumnen visar tröskelvärdena enligt Ekvation 6.

Konsekvensklass	Kriterier	(Kramer m.fl. 2016)
0	$d < 0,1$ och $v \cdot d < 0,2$	$< 0,3$
1	$d < 0,33$ och $v \cdot d < 0,44$	$\geq 0,3$
2	$d < 0,6$ och $v \cdot d < 0,73$	$\geq 0,42$
3	$d \geq 0,6$ eller $v \cdot d \geq 0,73$	$\geq 0,68$

Om det bara finns data över vattennivåer och ej flödes hastigheter kan gränsvärden för flytstabilitet i form av vattendjup användas för bedömningen av konsekvensklasser.

3.8.3 Alternativ metod

Bedömningen av konsekvenser för framkomlighet kan som nämnts ovan även göras genom att beräkna hur stor andel av vägnätet som har översvämmats. I den här rapporten har den relativa översvämmade vägsträckan uppskattats genom att dividera vägsträckan som uppfyller kriterierna för konsekvensklass 1, se Tabell 12, med den totala vägsträckan inom respektive delområde. Ytterligare en alternativ metod är att enbart undersöka hur lång vägsträcka som är översvämmad baserat på samma kriterium som tidigare.

3.9 Skadekostnad vägar

Skadekostnaden för vägar har tagits fram per kvadratmeter vilket innebär att analysen måste ta hänsyn till vägbredden och därmed också måste genomföras separat från analysen av konsekvenser kopplade till framkomligheten. För vissa vägar saknas information om deras bredd. Genom att studera datamängden framgår det att det främst är vägar med höga funktionella väglklasser som saknar den informationen. I de fall där bredden inte är redovisad har därför en bredd på 4,5 m använts vilket är medelvärdet av vägbredderna för de funktionella väglklasserna 7, 8 och 9 enligt Tabell 11.

De två analyser som användes för att ta fram en skadekostnad för väg och järnväg var båda gjorda för att undersöka översvämningsskostnader kopplade till förhöjda havsnivåer. Det framgick däremot inte av rapporterna om uppgifterna som låg till grund för uppskattningen av skadekostnaderna var direkt kopplade till marina översvämningar. Ingen av studierna presenterade heller några tröskelvärden över vid vilka vattendjup de antagna skadekostnaderna förväntas uppstå. Det är därför svårt att bedöma om värdena är tillämpbara för pluviala översvämningar. Med syftet att ge ett förslag på hur skadekostnader för vägar skulle kunna inkluderas i en konsekvenskartering, har värdena använts för att beräkna kostnaderna inom den framtagna metoden trots osäkerheterna. Det går att anta att låga vattendjup inte orsakar permanenta skador på vägar och järnvägar. Den totala kostnaden, enligt Tabell 4, appliceras därför först när vattendjupet överstiger 0,2 m.

3.10 Människors hälsa

3.10.1 Tidigare analyser

Av de presenterade svenska metoderna för bedömning av översvämningsskonsekvenser var det fyra som redovisade ett tillvägagångssätt för bedömning av konsekvenser för människor. Alla metoder inkluderar en bedömning av antalet boende i området (Andersson m.fl. 2013; Andersson-Sköld & Davidsson 2016; The & Skov 2021; MSB u.å.) och två tar även hänsyn till de boendes ålder (Andersson m.fl. 2013; Andersson-Sköld & Davidsson 2016). The & Skov (2021) beräknade kostnader för omplacering av hushåll och hälsorelaterade problem till följd av översvämmade bostäder vilket skulle kunna tolkas som ett sätt att kvantifiera påverkan på välmående. Den mest detaljerade metoden togs fram av Andersson-Sköld & Davidsson (2016) där hänsyn även togs till vattendjupet, flödes hastigheter, översvämningens varaktighet och områdets varningssystem och beredskap.

Utifrån metoderna går det att dra slutsatsen att antalet personer inom det översvämmade området generellt anses vara en viktig aspekt som bör inkluderas. För samma rutnät som använts till indelningen av delområden tillhandahåller SCB även statistik över befolkningen inom varje ruta. Informationen kan laddas ner från SCB:s webbplats i form av de öppna geodata-produkterna "Befolkning totalt" eller "Befolkning efter ålder i femårsklasser". För att kunna avgöra om människors fysiska hälsa påverkas bör hänsyn även tas till vattendjup och flödes hastigheter.

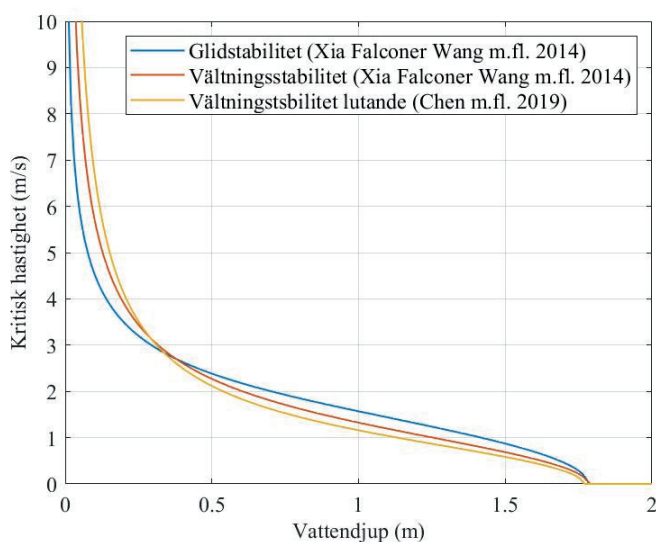
3.10.2 Jämförelse av metoder

Metoden för uppskattning av antalet skadade och omkomna framtagna av HR Wallingford m.fl. (2006) är grundligt beskriven och täcker in många aspekter men den kräver en djupgående analys av området. Människors sårbarhet skulle kunna uppskattas med hjälp av en förenklad metod där enbart människors ålder tas i beaktning. Det är svårare att göra samma förenklade uppskattning av områdets sårbarhet eftersom den beror på flera faktorer. Förekomsten av varningssystem och områdets karaktär måste bedömas med hjälp av plats specifika under-

sökningar. Det är också svårt att förutsäga hur lång tid det tar för ett område att översvämmas samt om och var eventuella källaröversvämmningar kommer att uppstå. För att analysen ska ge ett användbart resultat är det dessutom nödvändigt att avsätta tid åt indelning och avgränsning av delområden eftersom sårbarheten kan variera kraftigt mellan olika områden inom samma stad. Sammantaget anses bedömningen vara för tidskrävande och analysen kan därför begränsas till att beräkna faroklassificeringen och antalet boende.

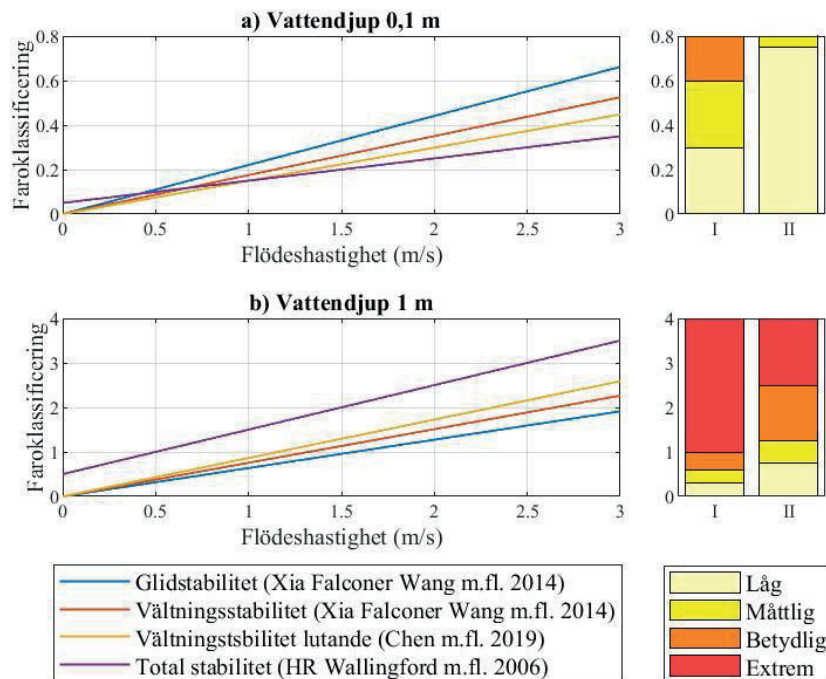
Flera olika formler för bedömning av människors stabilitet och tolkning av resultaten i form av faroklassificeringar har hittats. Nedan följer en kort redogörelse över hur bedömningen kan variera beroende på vilken formel som används.

För beräkningen av människors stabilitet enligt formlerna för glid- och vältningsstabilitet av Xia Falconer Wang m.fl. (2014) och Chen m.fl. (2019) behövs information om människors kroppsbyggnad samt data över vattendjup och flödeshastighet. Massan och längden för en genomsnittlig svensk vuxen människa har beräknats till 76 kg respektive 1,73 m. Motsvarande mått för ett treårigt barn har beräknats till 15 kg och 0,95 m. Antaganden finns presenterade i anslutning till Tabell B7 i Bilaga B. De kritiska hastigheterna för en vuxen människa vid olika vattendjup har beräknats enligt formlerna och resultatet kan ses i Figur 7.



Figur 7. Kritiska flödeshastigheter för vuxna vid olika vattendjup enligt formeln för glid- och vältningsstabilitet av Xia Falconer Wang m.fl. (2014).

Utifrån gränsvärdena för faroklassificeringskategorier framtagna av Kvočka m.fl. (2016) har faroklassningen som fås från de olika ekvationerna tagits fram för vattendjup på 0,1 m (Figur 8a) och 1 m, (Figur 8b). I figurerna visas även faroklassningen enligt HR Wallingford m.fl. (2006) metod.



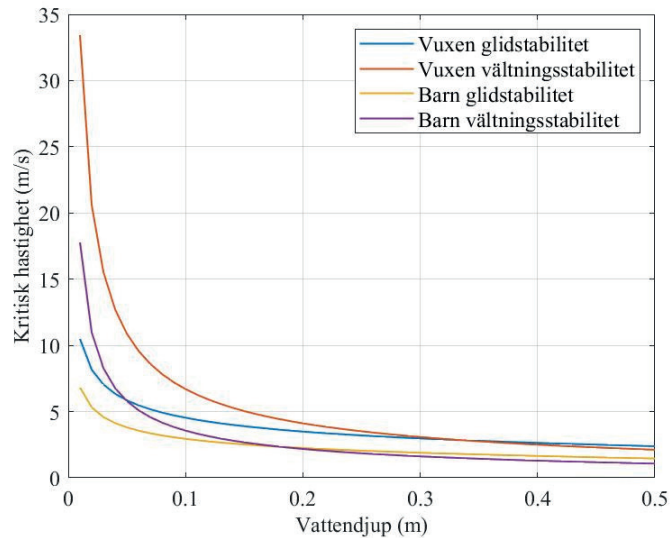
Figur 8. Värden för faroklassificering som en funktion av flödes hastighet för vattendjupen 0,1 m (a) och 1 m (b). Tolkningen av faroklassificeringen visas till höger om respektive graf, stapel I visar tolkningen för funktionerna framtagna av Xia Falconer Wang m.fl. (2014) samt Chen m.fl. (2019) och stapel II för funktionen av HR Wallingford m.fl. (2006).

Figur 7 visar att den kritiska hastigheten för glidhastighet uppkommer tidigare än för vältningss stabilitet när vattendjupet är under 0,35 m medan vältningss stabilitet uppstår först i djupare vatten. Vidare visar Figur 7 att ekvationerna för vältningss stabilitet med respektive utan lutning ger liknade värden för den kritiska hastigheten. Faroklassificeringarna vid de olika djupen (Figur 8) visar att faroklassificeringen framtagen av HR Wallingford m.fl. (2006) resulterar i att faran bedöms vara mindre allvarlig jämfört med de andra tre vid ett lågt vattendjup, med undantag för flödes hastigheter under 0,4 m/s. För vattendjup på 1 m ger alla formler en liknande uppskattning av konsekvensens grad.

3.10.3 Metod

Utan att göra nya studier går det inte att säga vilken formel som är mest pålitligt. För analysen i den här metoden har därför den senaste formeln för vältningss stabilitet av Chen m.fl. (2019), där kroppens lutning tas i beaktning, valts ut tillsammans med formel för glidstabilitet (Xia Falconer Wang m.fl. 2014).

Den storskaliga analysen görs baserat på vuxna människors kroppsbyggnad, de kritiska hastigheterna är dock betydligt lägre för små barn vilket kan ses i Figur 9.



Figur 9. Kritiska flödeshastigheter för en vuxen person och ett barn vid olika vattendjup enligt de två valda formlerna av Xia Falconer Wang m.fl. (2014) och Chen m.fl. (2019).

I områden där det förväntas finnas många barn kan det därför vara relevant att utgå från andra värden.

Beräkningen av kritiska hastigheter följt av faroklassificering görs för varje enskild rastercell. Därefter beräknas ett medelvärde över faroklassificeringarna inom varje delområde. Det beräknade medelvärdet kan sedan multipliceras med antalet boende enligt Ekvation 9 av HR Wallingford m.fl. (2006). Av tidigare nämnda anledningar tas inte områdets sårbarhet med beräkningen vilket gör att resultatet inte kan tolkas som antalet utsatta utan endast som ett värde som kan användas i för jämförelse mellan olika delområden. På grund av att befolkningsstatistiken redovisas på rutor kan analysen endast genomföras om indelningen i delområden görs enligt samma rutnät. Om analysen görs separat från andra konsekvenskategorier kan även rutor med en hög andel sårbara individer märkas ut genom att exempelvis markera förskolor eller rutor där det bor många personer över 75 år.

3.11 Sammanslagning av konsekvenser

Efter att de enskilda konsekvenserna har uppskattats summeras de inom varje delområde för att ge en tydligare bild av vilka delar av staden som förväntas drabbas hårdast, och därmed bör prioriteras högst vid implementeringen av förebyggande åtgärder. Beroende på vilken uppdelning av staden som görs kan de olika delområdena skilja sig mycket åt i storlek. För att förhindra att de största områdena alltid prioriteras högst kan konsekvenserna divideras med delområdenas areor vilket resulterar i ett konsekvensmått per kvadratmeter. Skadekostnaderna för byggnader, fordon och vägar samt konsekvenser för framkomlighet divideras därför med delområdenas areor. För bedömningen av konsekvenser för samhällsviktig verksamhet och kulturvärden har antagandet att de individuella byggnaderna har större betydelse för samhället som helhet gjorts, vilket innebär att ingen division görs. Beräkningen av konsekvenser för människor görs bland annat baserat på ett genomsnittligt värde i stället för en summa av de ingående konsekvenserna och har därför beskrivits separat i Avsnitt 3.10. En översikt av hur de olika konsekvenskategorierna summeras inom delområden kan ses i Tabell 13.

Tabell 13. Redovisar de olika metoderna som används för att beräkna konsekvenserna per delområden för de olika konsekvenskategorierna.

Konsekvenskategori	Metod för sammanslagning
Skadekostnad byggnader	Summerade konsekvenser/delområdets area
Skadekostnad fordon	
Skadekostnad vägar	
Framkomlighet	
Samhällsviktig verksamhet	Summerade konsekvenser
Kulturvärden	
Människor	Genomsnittlig konsekvens·delområdets antal invånare

Vid summering av konsekvenser för byggnader, inklusive konsekvenser för samhällsviktig verksamhet och kulturvärden, inom delområden används QGIS verktyget *Join attributes by location (summary)*. Med verktyget kan summeringen göras för byggnader som är i kontakt med delområdet ("intersects") eller för byggnader som är helt och hållet inom delområdet ("within") (QGIS Documentation 2023). När "within" används utesluts byggnader som ligger på gränsen mellan delområden och när "intersects" används inkluderas de byggnaderna i stället i flera delområden. För den framtagna metoden har "intersect" använts för att inte riskera att utesluta några konsekvenser.

Efter att konsekvenserna har beräknats för varje delområde inom respektive konsekvenskategori summeras skadekostnaderna. Därefter normeras konsekvenserna inom de olika kategorierna för att de ska kunna kombineras med varandra. Normeringen görs genom att dividera varje delområdes konsekvensvärde med det högsta konsekvensvärdet inom respektive kategori. Vid beräkning av de totala konsekvenserna kan varje konsekvenskategori multipliceras med en värderingskoefficient för att kunna ta hänsyn till att alla kategorier inte nödvändigtvis anses vara av lika stor betydelse. De totala konsekvenserna beräknas därmed genom att summerna de normerade konsekvensvärdena enligt Ekvation 18, beskrivning av de ingående parametrarna kan ses i Tabell 14.

$$Total\ konsekvens = x_{Sk}Sk + x_{Sv}Sv + x_KK + x_FF + x_MM \quad (18)$$

Tabell 14. Konsekvenskategorier med tillhörande värderingskoefficient.

Konsekvenskategori	Värderingskoefficient
Skadekostnad (Sk)	x_{Sk}
Samhällsviktig verksamhet (Sv)	x_{Sv}
Kulturvärden (K)	x_K
Framkomlighet (F)	x_F
Människor (M)	x_M

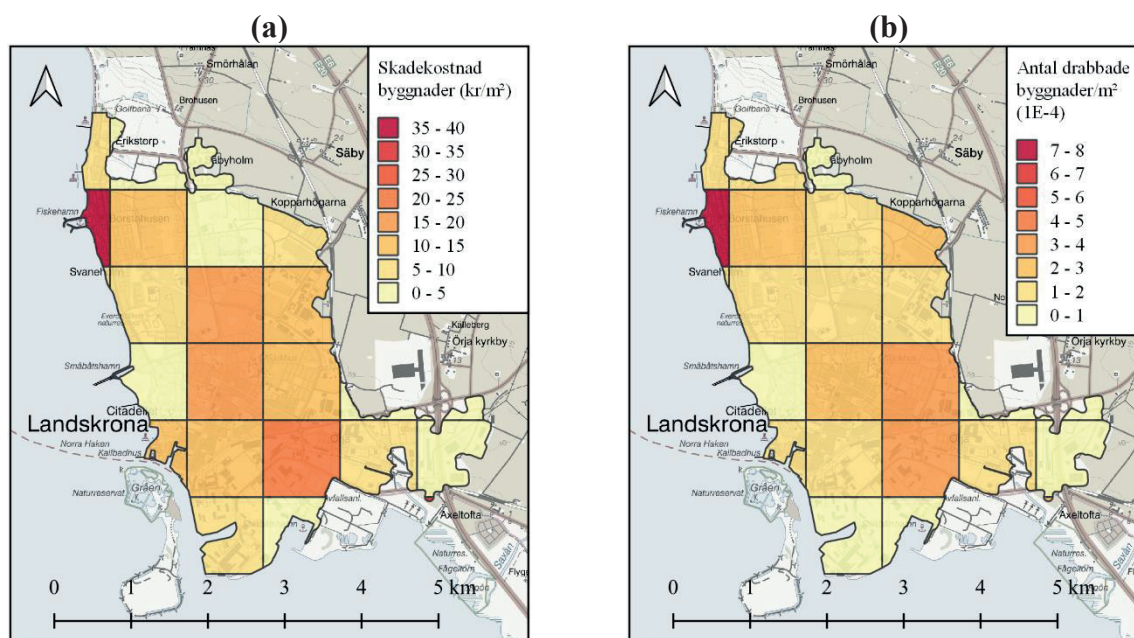
I och med att ingen information om hur olika konsekvenser bör värderas i förhållande till varandra har hittats, har samtliga värderingskoefficienter givits värdet 1 vid beräkningen av de totala konsekvenserna i den här rapporten.

4 Konsekvenskarteringar

Nedan redovisas konsekvenskartor som är framtagna enligt de beskrivna metoderna i Kapitel 3. Avsnitt 4.1 till 4.7 innehåller konsekvenskartor över Landskrona för respektive konsekvenskategori samt för de sammanlagda konsekvenserna. I Avsnitt 4.8 finns en visualisering av hur metoden kan anpassas för andra städer med Malmö tätort som exempel. Konsekvenserna bedöms på olika sätt för olika kategorier men mörkröda delområden i Figur 10 till Figur 17 innebär alltid att konsekvenserna är höga i förhållande till resterande delområden. Information om den geodata som har använts för att skapa kartorna finns i referenslistan.

4.1 Byggnader

Figur 10 illustrerar konsekvenserna för byggnader i Landskrona uppdelat på delområden. Figur 10a visar de beräknade skadekostnaderna för byggnader redovisade som kr/m² för varje delområde medan Figur 10b visar antalet drabbade byggnader per kvadratmeter.

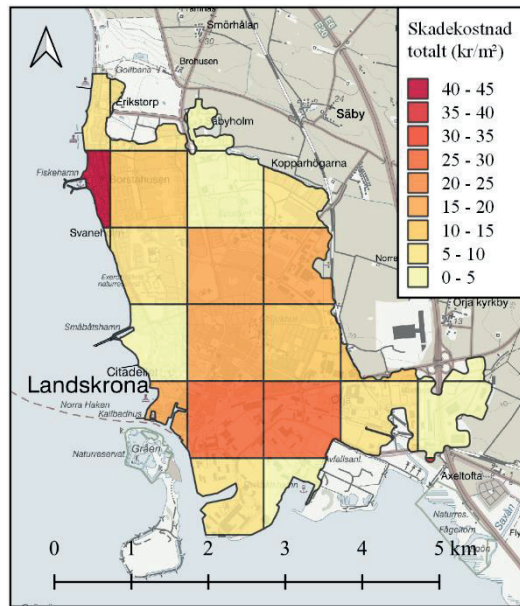


Figur 10. Konsekvenser för byggnader per kvadratmeter. (a) visar summan av skadekostnader inom varje delområde dividerat med områdets area och (b) en alternativ metod där antalet drabbade byggnader uppskattas. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Figur 10 visar att den största konsekvensen förväntas uppstå i ett och samma delområde i nordvästra Landskrona. Den resterande ordningen av delområdenas konsekvensgrad skiljer sig däremot åt på flera punkter enligt de två metoderna. En av de största skillnaderna är att den alternativa metoden inkluderar alla byggnader medan analysen av skadekostnader enbart tar hänsyn till vissa typer av byggnader för vilka skadekostnader har kunnat identifieras.

4.2 Totala skadekostnader

Skadekostnaderna för byggnader har kombinerats med skadekostnader för fordon och vägar och de sammanlagda skadekostnaderna inom respektive delområde kan ses i Figur 11. Separata konsekvenskartor för fordonskostnader och vägkostnader finns i Bilaga C, Figur C1 och Figur C2.

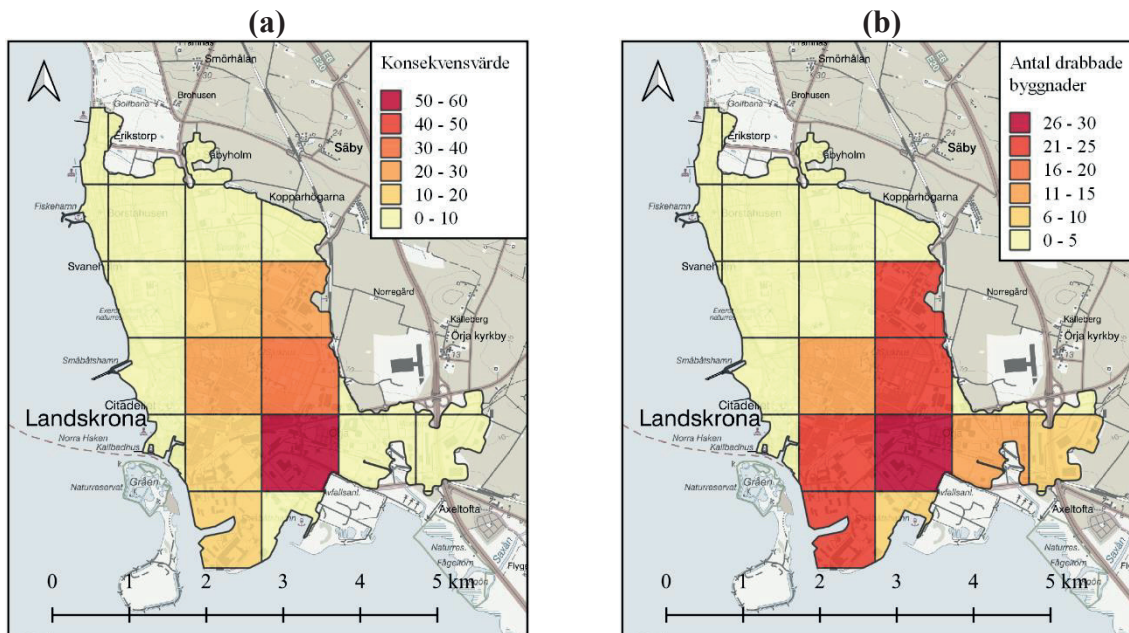


Figur 11. Sammanlagda skadekostnader för byggnader, fordon och vägar per kvadratmeter och delområde. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Vid tolkningen av Figur 11 är det viktigt att vara medveten om att beräkningen av skadekostnader för fordon inte gjorts för hela staden vilket gör att skadekostnaderna i övriga områden underskattas.

4.3 Samhällsviktig verksamhet

Konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet i Landskrona kan ses i Figur 12. Figur 12a visar de beräknade konsekvensvärdena utifrån den huvudsakliga framtagna metoden och Figur 12b redovisar antalet drabbade samhällsviktiga byggnader.

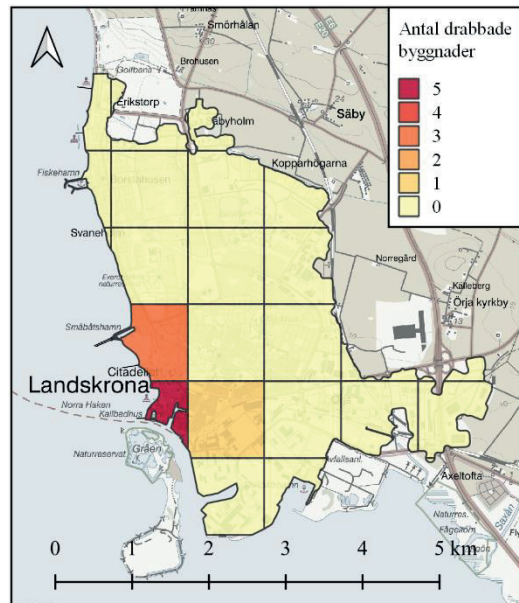


Figur 12. Konsekvenser för samhällsviktig verksamhet per delområde. (a) visar de beräknade konsekvenserna enligt den huvudsakliga metoden medan (b) visar en alternativ metod i form av antalet drabbade samhällsviktiga byggnader. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Figur 12 visar att konsekvenserna bedöms bli allvarligare i flera delområden enligt den alternativa metoden jämfört med den huvudsakliga. Båda metoderna indikerar däremot att konsekvenserna i huvudsak är koncentrerade till de sydöstra delarna av staden.

4.4 Kulturvärden

Figur 13 visar antalet drabbade byggnader med kulturvärden per delområde i Landskrona.

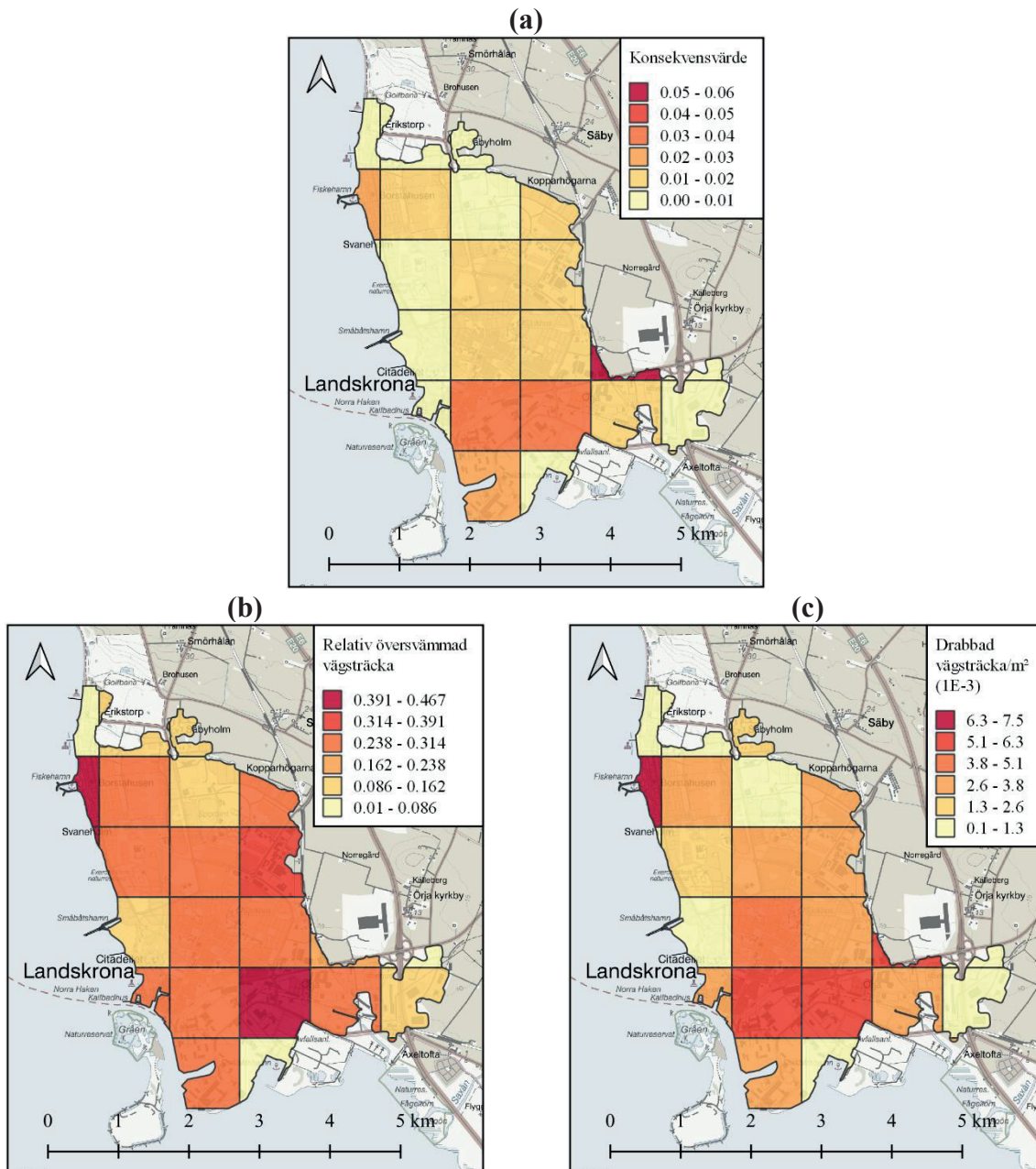


Figur 13. Antal drabbade byggnader med kulturvärden per delområde. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Figur 13 tyder på att få byggnader med kulturvärden i Landskrona skulle drabbas i händelse av den modellerade översvämningen.

4.5 Framkomlighet

Konsekvenserna för framkomlighet i Landskrona visas i Figur 14. Figur 14a beskriver konsekvenserna enligt den valda metoden medan Figur 14b visar den relativa översvämmade vägsträckan och Figur 14c visar sträckan översvämmad väg. De uppskattade konsekvenserna för delområdena i a och c är dividerade med delområdenas areor och visar därmed konsekvenserna per kvadratmeter till skillnad från i b.

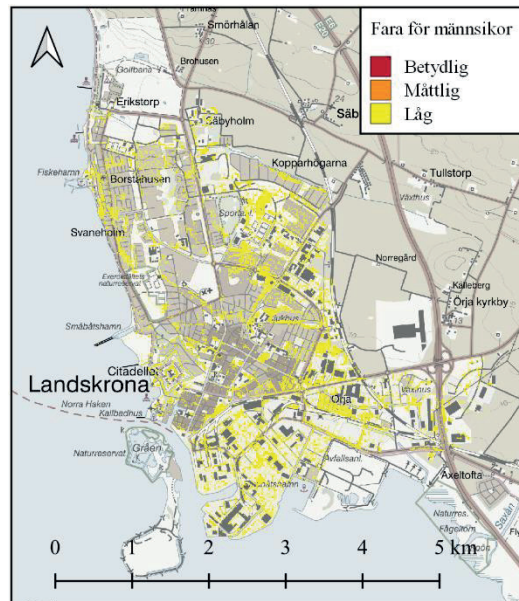


Figur 14. Konsekvenser för framkomlighet. (a) visar summerade konsekvensvärden för framkomlighet inom varje delområde dividerat med delområdenas areor enligt den huvudsakliga metoden, (b) visar den relativa översvämmade vägsträckan och (c) den drabbade vägsträckan dividerat med delområdenas areor. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Figur 14 visar att de alternativa metoderna för bedömning av konsekvenser för framkomlighet resulterar i att fler delområden bedöms få allvarigare konsekvenser jämfört med den huvudsakliga metoden. I och med att den huvudsakliga metoden både tar hänsyn till vägtyperna och skillnader i vattendjup är det svårt att avgöra vad skillnaderna i resultaten beror på.

4.6 Människor

Faran för människor i Landskrona kan ses i Figur 15.

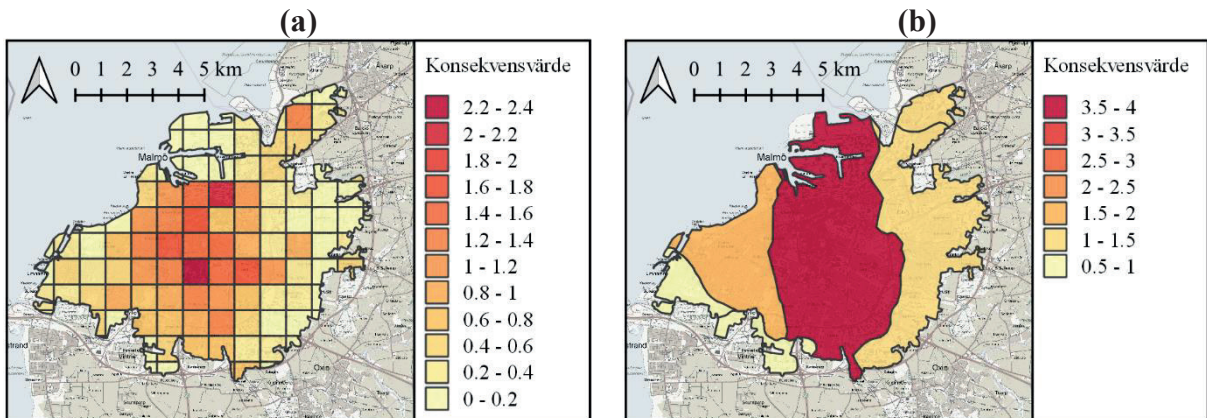


Figur 15. Uppskattad fara för människor i Landskrona. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Analysen av konsekvenser för människor i Landskrona tyder på att den modellerade översvämningen inte utgör någon stor risk för att befolkningen tar skada fysiskt. Den presenterade metoden tar däremot inte hänsyn till att människor kan skadas i exempelvis vattenfyllda källare. På grund av att de beräknade faroklassificeringsvärdena för människor är mycket små gjordes ingen vidare analys av konsekvenserna med koppling till invånarnas ålder och kategori inkluderades inte heller i den sammanvägda bedömningen av de olika delområdenas konsekvenser.

4.7 Sammanlagda konsekvenser

De sammanlagda konsekvenserna för de olika delområdena i Landskrona kan ses i Figur 16. Konsekvenskategorierna som inkluderas är skadekostnader, samhällsviktig verksamhet, kulturvärden och framkomlighet. De alternativa metoderna för bedömning av konsekvenser för byggnader, samhällsviktig verksamhet och framkomlighet har inte inkluderats i bedömningen av de sammanlagda konsekvenserna.



Figur 17. Karta över sammanlagda konsekvenser i Malmö tätort uppdelat på delområden enligt SCB:s indelning för "Statistik på rutor" (a) och per avrinningsområde (b). Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

Med hjälp av det framtagna scriptet går det även att identifiera vilka samhällsviktiga verksamheter och byggnader med kulturvärden som uppfyller kriterierna för att de ska anses vara drabbade. Informationen kan sedan användas för att välja ut för vilka byggnader som en mer utförlig konsekvensanalys bör göras.

5 Diskussion

5.1 Resultat och alternativa metoder

Resultatet av beräkningen av de totala skadekostnaderna skulle både kunna användas för jämförelse av konsekvenser i olika delområden och för kostnads- och nyttoanalyser. De framtagna skadekostnaderna för vägar och järnvägar anses däremot främst vara lämpliga vid jämförelse mellan delområden i och med att informationen kring när kostnaderna uppstår har varit bristfällig.

Jämförelse mellan de huvudsakliga och de alternativa metoderna för byggnader, samhällsviktig verksamhet och framkomlighet tyder på att valet av metod har stor betydelse för i vilka delområden som konsekvenserna bedöms bli störst. Vid tillämpning av mer detaljerade konsekvensanalyser ställs högre krav på att de representerar verkliga förhållanden vilket ökar behovet av information och data. Enklare metoder ger en mindre detaljerad bild av konsekvenserna men osäkerheterna sammankopplade med själva metodutformningarna minskar.

För att metoden ska kunna appliceras på andra städer kan det vara nödvändigt att göra vissa anpassningar beroende på vilken data som finns tillgänglig inom respektive stad. I och med att det går snabbt att genomföra själva analysen efter att alla nödvändiga datafiler har samlats in är det däremot enkelt att uppskatta konsekvenserna även för flera olika översvämningsscenarier.

5.2 Tidigare analyser och val av konsekvenskategorier

Alla de presenterade konsekvensanalyserna i Avsnitt 2.2 inkluderar på något sätt en bedömning av konsekvenserna för byggnader samt vägar eller transporter. I övrigt skiljer sig de undersökta konsekvenskategorierna åt. Det går även att se att det finns en stor spridning gällande hur olika konsekvenser har studerats. De stora skillnaderna mellan de studerade analyserna kan till stor del förklaras med att de är framtagna med olika syften och därmed även har olika krav på detaljrikedom. I och med att den, inom examensarbetet, framtagna metodiken inte uppfyller kraven på konsekvensanalyser av enskilda objekt eller på kvartersnivå anses det finnas mycket inspiration att hämta från de mer detaljerade analyserna för de syftena.

På grund av de varierande tillvägagångssätten har det varit svårt att dra några slutsatser kring vad som generellt sett anses viktigt eller vad som är det bästa sättet att kvantifiera olika konsekvenser. Valet av konsekvenskategorier för den framtagna metodiken har därför gjorts med syftet att inkludera så många som möjligt av de tidigare undersökta kategorierna men även andra identifierade konsekvenser kopplade till översvämningar. Några av kategorierna som inkluderades i tidigare analyser men inte i den framtagna metodiken är konsekvenser för utbyggnadsområden, avbrottskador och miljö. Nedan följer förklaringar till varför konsekvenskategorierna utslöts.

- Det gick inte att hitta en metod för att kvantifiera konsekvenserna för utbyggnadsområden utan att studera detaljplanerna vilket i sin tur skulle ha varit för tidskrävande.
- Uppskattning av avbrottskador och andra indirekta konsekvenser bedömdes vara för komplicerat, det finns dessutom en risk att osäkerheterna överstiger nyttan med analysen om pålitliga data saknas.

- Konsekvenser för miljön kan bland annat mätas i förstörelse av naturvärden orsakade av stora vattenmängder och indirekta konsekvenser till följd av spridning av föroreningar. Naturvärden hittas främst utanför tätbebyggda områden och den befintliga informationen av potentiellt förorenade områden ger inte en tydlig bild av från vilka områden som föroreningar riskerar att spridas.

Ras och skred är två andra potentiella följder av översvämningar som inte har inkluderats men som kan orsaka stora negativa konsekvenser för samhället. Det är mycket svårt att förutspå exakt var de kan uppstå. I och med att det inte enbart är kopplat till temporära vattennivåer och flöden utan även beror på markens sammansättning krävs det kännedom om hur de geologiska förhållandena påverkar nämnda risker.

5.3 Osäkerheter och förbättringsmöjligheter

5.3.1 Hydrauliska data och delområden

För att resultatet av konsekvensanalysen ska bli användbar är det nödvändigt att välja en lämplig modellering av hydrauliska data. Den framtagna metodiken bygger enbart på data över vattendjupet och flödes hastigheten med anledningen att de ofta beräknas vid modelleringar. För att lägga till ytterligare en aspekt till konsekvensanalysen hade även data över översvämningens varaktighet kunnat tas i beaktning. Kraftig eller långvarig nederbörd kan även resultera i förhöjda vattennivåer i sjöar och vattendrag. Om det leder till att tätorter översvämmas kan den framtagna metoden användas för att uppskatta även de konsekvenserna. Det är främst vid analysen av översvämningseksekvenser orsakade av dammbrott eller marina översvämningar med inslag av stora vågor som metoden inte kan bedömas vara tillräcklig eftersom den inte tar hänsyn till hur bebyggelsen påverkas av de krafterna som uppkommer samband med stora vattenmassor i rörelse.

Indelningen av geografiska delområden bör anpassas efter syftet med karteringen. En indelning baserad på delavrinningsområden kan vara användbar i den vidare utredningen av potentiella åtgärder eftersom hänsyn då måste tas till vattnets flödesvägar. För större städer kan det däremot vara komplicerat och tidskrävande att ta fram delavrinningsområden med lämplig storlek för hela staden och det kan därför vara bättre att använda en annan indelning. För att konsekvenskarteringen ska vara användbar är det viktigt att delområdenas storlek inte är för stora. Det gör att det blir svårt att avgöra var konsekvenserna är mest allvarliga. För små delområden är däremot inte heller att föredra eftersom det ökar osäkerheterna med vilka byggnader som inkluderas i respektive delområde. Ju mindre områden som används desto viktigare blir det att ta hänsyn till den befintliga bebyggelsen för att förhindra att byggnader hamnar på gränsen mellan delområden och att de beräknade konsekvenserna därmed beräknas flera gånger eller utesluts.

5.3.2 Byggnader

Framtagandet av byggnaders omgivande vattendjup kunde inte baseras på tidigare metoder på grund av att studierna och de genomförda konsekvensanalyserna enbart redovisade tröskelvärden utan att beskriva hur varierande vattendjup tolkades. Bredden på buffertzonen som skapades kring byggnaderna är anpassad för att minska risken för att utesluta konsekvenser för byggnader som hade varit i kontakt med vatten i verkligheten men som inte är det enligt modellen på grund av begränsningar kopplade till upplösningen av rasterdata och lägesnoggrannheten av byggnadsdata. Det hade varit möjligt att ta hänsyn till varje enskild byggnads medelfel men i och med att det inte går att veta i vilken riktning byggnaden eventuellt är förskjutet i kombination med kunskapsbrist om hur rastret är framtagen anses användningen av medelvärde ge en tillräckligt bra uppskattning.

Rastret över vattendjupet har en relativt hög upplösning men det finns trots det en risk att lokala lågpunkter inklusive källaringångar inte finns med i modellen. Det skulle i så fall kunna leda till att konsekvenser underskattas. Å andra sidan kan det finnas byggnader med höga husgrunder som inte drabbas negativt av de vattendjupen som har antagits utgöra gränsvärden för att konsekvenser ska uppstå. Analysen hade troligtvis blivit mer pålitlig om det hade funnits information om vilka byggnader som har källare. Den informationen hade i så fall kunnat kopplas samman med information om vilka områden som har kombinerade avloppssystem. Det hade därmed blivit möjligt att förutspå var risken för källaröversvämningar är som störst vilket även hade kunnat användas för uppskattningen av potentiella skadekostnader.

För att möjliggöra inkludering av flera olika typer av byggnader i den ekonomiska analysen skulle skadekostnader för byggnader utan försäkringsstatistik kunna uppskattas genom att jämföra deras värden med exempelvis bostadshus. Skadekostnaderna skulle därefter kunna beräknas genom att göra antagandet att kostnaderna alltid uppgår till samma procentuella andel av byggnadernas totala värde.

5.3.3 Samhällsviktig verksamhet

Konsekvenserna för verksamheter skiljer sig mycket åt ifall de utsätts för elbortfall eller översvämning. Verksamheter som är beroende av en konstant tillgång till elektricitet är inte nödvändigtvis känsliga för översvämningar. Genom att beakta de potentiella konsekvenserna för samhället om en viss verksamhet slås ut helt, antingen på grund av effektbrist i elnätet eller av kraftiga översvämningar, är däremot Styrels prioriteringsordning relevant i båda fallen.

I rapporten *Is There Enough Power? Swedish Risk Governance and Emergency Response Planning in Case of a Power Shortage* påtalar Große & Olausson (2023) flera brister med framtagandet av prioriteringsordningen. Prioritetsordningen var tänkt att uppdateras mellan år 2019 och 2021 men blev med anledning av coronapandemin uppskjuten. På grund av det används fortfarande ordningen från 2015. Den långa tiden mellan att bedömningen görs leder till att personer med kunskap om processen hinner få nya arbetsuppgifter. På grund av dålig kunskapsöverföring ökar därför arbetsbelastningen vid den nästkommande bedömningen eftersom allt måste göras om från början. Ett annat problem som tas upp är att det ofta inte görs någon bedömning av individuella verksamheters betydelse för samhället, i stället klassas alla verksamheter inom samma kategori lika (Große & Olausson 2023).

I och med att verksamheter är olika känsliga för olika typer av störningar samt de brister som tas upp av Große & Olausson (2023) innebär användandet av den framtagna generella klassningen inte nödvändigtvis att resultatet blir mindre pålitligt jämfört med om den officiella prioriteringsordningen används. Den generella klassningen gör det dessutom möjligt att inkludera verksamheter som är viktiga för elproduktionen utan något behov av extra dataunderlag.

Den framtagna metoden för att kvantifiera konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet behandlar enbart de samhällsfunktioner som omfattas av *GSD-Fastighetskartan*, vektor. Ledningar för bland annat elektronisk kommunikation och elektricitet är därmed inte inkluderade. Även om det hade funnits tillgängligt dataunderlag över ledningars exakta position hade det varit svårt att förutspå hur de hade påverkats av översvämningar eftersom de i första hand inte påverkas av vattnet i sig utan de markrörelser som vattnet kan ge upphov till. För att kunna undersöka påverkan på de komponenterna hade det därför varit nödvändigt att utföra detaljerade geologiska utredningar för att identifiera vilka platser som riskerar att drabbas vid skred och ras vid olika översvämningsscenarier.

5.3.4 Kulturvärden

Den framtagna metoden för analys av kulturkonsekvenser är väldigt enkel. Det är en följd av att den tillgängliga informationen kring översvämningkonsekvenser för kulturella objekt är begränsad. Avsaknaden av information skulle kunna ses som ett tecken på att samhället värdesätter andra typer av objekt högre. Om kulturobjekt generellt värderas lägre än andra komponenter i en stad är det rimligt att de konsekvenserna prioriteras lägre än de resterande konsekvenskategorierna vid sammanslagningen. En annan anledning kan dock vara att det är komplicerat att bedöma generella värden och därmed konsekvenser för kulturobjekt vilket innebär att den översiktliga analysen som har gjorts kan anses vara tillräcklig.

5.3.5 Fordon och framkomlighet

De framtagna skadekostnaderna och tröskelvärdena för stabilitet är baserade på endast tre olika bilmodeller och bedöms därför enbart vara lämpliga att använda för översiktliga analyser. För att bedömningen av skadekostnader för fordon ska kunna inkluderas i den totala uppskattningen av skadekostnader och konsekvenser är det nödvändigt att ha en heltäckande sammanställning av städers parkeringsplatser. Som ett ytterligare steg hade det även varit användbart att veta hur stor andel av parkeringsplatserna som uppskattas vara upptagna vid olika tidpunkter.

I analysen av framkomlighet har både bilvägar och järnvägar inkluderats trots att de framtagna tröskelvärdena endast är anpassade för biltrafik. I och med att tågtrafiken inte påverkas på samma sätt kan analysen förbättras med information om hur framkomligheten för tåg påverkas vid olika vattendjup. I och med att säkerhetsmarginalerna är större för tågtrafik kan det exempelvis vara nödvändigt att i stället undersöka vattennivån runt omkring rälsen eftersom det i första hand är banvallen som påverkas. Även uppskattningen av skadekostnader för järnvägar behöver förbättras genom insamling av mer data.

5.3.6 Människors hälsa

Beräkningen av medelvärden för delområdets faroklassificering är att föredra för områden där översvämningens egenskaper är relativt homogena. För pluviala översvämningar innebär det rimligtvis att delområdena behöver vara mycket små. Eftersom geodata med statistik över befolkningens ålder enbart har hittats i form av SCB:s rutnät hade det däremot inte varit möjligt att kombinera analysen av faroklassificering med befolkningens ålder för mindre delområden. Den framtagna metoden är kanske därför mer applicerbar för konsekvensanalyser av potentiella översvämningar orsakade av förhöjda vattennivåer i hav och vattendrag eftersom de oftare leder till att större sammanhängande områden översvämmas. Ett alternativ till den presenterade metoden skulle kunna vara att summera antalet platser där faran för att människor skadas antas vara hög inom varje delområde. Den metoden är troligtvis bättre lämpad för större delområden inom vilka vattendjupen och flödes hastigheterna kan skilja sig mycket åt.

Inom den framtagna metodiken har beräkningarna av kritiska flödes hastigheter tagits fram baserat på en antagen storlek av en genomsnittlig vuxen människa. Det är dock viktigt att notera att tröskelvärdet för att förlora balansen är lägre för en, till storleken, liten person jämfört med en stor vilket kan ses i Figur 9 där de kritiska hastigheterna för barn och vuxna jämförs. I situationer där konsekvenserna för människors fysiska hälsa riskerar att bli stora kan det därmed vara relevant att överväga om det är bättre att anpassa beräkningarna efter de mest sårbara individerna. Det kan exempelvis göras genom att i stället använda de genomsnittliga värdena för kvinnors längd och massa eftersom de är lägre än för män.

5.3.7 Rangordning och sammanslagning av konsekvenser

I analysen av konsekvenser för samhällsviktig verksamhet och trafiken har olika prioriteringsordningar applicerats för samhällsfunktioner samt vägtyper. Rangordningen av objekt har baserats på en kombination av antaganden och tidigare framtagna data. Utifrån den information som har hittats anses rangordningen överlag vara anpassad för studiens syfte men den kan med säkerhet förbättras genom en bredare diskussion mellan olika samhällsaktörer och experter inom de olika verksamhetsområdena. Efter att en rangordning har fastställts är det även viktigt att göra en bedömning av hur de olika klasserna ska värderas i förhållande till varandra. Det är inte nödvändigtvis optimalt att exempelvis konsekvensen i form av en översvämmad samhällsviktig byggnad med prioriteringsklass 1 bedöms vara 1,2 gånger större än konsekvensen för en byggnad med prioriteringsklass 2 medan konsekvensen bedöms vara 1,25 gånger större för klass 2 jämfört med klass 3.

Vid sammanställningen av tidigare genomförda konsekvensanalyser var det enbart studien av Sweco & DHI (2017) som beräknade en sammanlagd konsekvens för ekonomiska och icke-ekonomiska konsekvenser. Det gjordes genom att göra antagandet att de olika konsekvenskategorier var av lika stor betydelse vilket även antogs vara standarden i det här arbetets metod. Det finns däremot flera frågetecken kring vad som är det bästa sättet att förhålla sig till icke-monetära konsekvenser i samband med framtagandet av kostnads- och nyttoanalyser för riskreducerande åtgärder. Om inga formella beslut tas kring hur de ska inkluderas finns det en risk att de helt utesluts vilket ofta inte är önskvärt.

5.3.8 Försäkringsstatistik och datainsamling

Den framtagna metoden är till för att uppskatta möjliga konsekvenser vid en potentiell framtida översvämmning och inte för att uppskatta konsekvenserna för en stad efter en händelse som redan ägt rum. Dokumentation av uppkomna konsekvenser med ett bredare statistiskt underlag som följd är däremot en viktig del av arbetet med att minska osäkerheterna och kunna genomföra mer detaljerade analyser i framtiden. MSB har tagit fram dokumentet *Vägledning för utredning av översvämmningar* som kan användas för att utreda konsekvenser efter ett event (MSB 2015). Efter ovädret Hans ska även fyra länsstyrelser, på uppdrag av MSB, utreda konsekvenserna av översvämmningarna (MSB 2023).

Flera av de studerade konsekvensanalyserna använder sig av försäkringsdata för att bedöma potentiella ekonomiska konsekvenser vilket även är en av tre metoder som tas upp av Arbisala m.fl. (2022). Det är därför rimligt att anta att försäkringsbolag har stått för en stor del av dokumentationen av skadekostnader till följd av översvämmningar. Som utomstående var det däremot svårt att komma i kontakt med de personerna på försäkringsbolagen som eventuellt har kunskapen och informationen som hade behövts för att få en tydlig bild av den aktuella förekomsten av skadeuppgifter.

Ny datainsamling är tidskrävande och enbart möjligt efter stora översvämmningar. Det innebär att andra metoder för att uppskatta skador måste användas eftersom analyserna och nödvändiga åtgärder helst bör göras innan nya översvämmningar sker. Med dagens data kommer det troligtvis inte vara möjligt att förutspå exakta konsekvenser för enskilda objekt vid analys av större områden. Genom att utföra flera studier av potentiella konsekvenser på olika typer av objekt är det däremot troligt att resultaten av konsekvensanalyser blir säkrare. Ökad kunskap om hur olika byggnader påverkas i kombination med en effektiv kunskapsöverföring till de som är ansvariga för att konstruera nya byggnader kan dessutom bidra till bättre anpassade städer.

5.3.9 Tröskelvärden

De föreslagna metoderna för samtliga konsekvenskategorier inkluderar gränsvärden över vilka vattendjup alternativt flödes hastigheter som olika typer av konsekvenser kan förväntas uppstå. I de fall där information kring valet av tröskelvärden har kunnat hämtas från tidigare konsekvensanalyser eller studier har den redovisats. Det har däremot varit svårt att hitta beprövade gränsvärden eller statistiska underlag vilket gör att det är svårt att bedöma deras tillförlitlighet. Det är dessutom svårt att avgöra hur olika objekt drabbas i och med att graden av konsekvenser beror på så många olika faktorer som inte kan tas i beaktning vid konsekvensanalyser över en hel tätort. Vid jämförelse av konsekvenserna mellan olika delområden bör dock effekten av osäkerheterna minska jämfört med om konsekvenserna tolkas i absoluta termer eftersom alla delområden undersöks utifrån samma kriterier.

6 Slutsatser

Inom arbetet har konsekvenser i form av negativa effekter för samhället orsakade av pluviala översvämningar i urbana miljöer identifierats. Konsekvenser kan delas in i direkta och indirekta samt materiella och immateriella. Den framtagna metodiken fokuserar främst på direkta materiella skador. Konsekvenskategorierna som har inkluderats i arbetet är konsekvenser för byggnader, samhällsviktig verksamhet, kulturvärden, fordon, framkomlighet, skadekostnader för vägar och människors fysiska hälsa. Metodiken bygger på att objekt tilldelas ett konsekvensvärde baserat på deras värde och det omgivande vattendjupet, samt i vissa fall även vattnets flödes hastighet, till följd av ett utvalt nederbördsevent. Därefter summeras konsekvensvärdena inom delområden i en tätort för att visualisera var konsekvenserna kan förväntas bli som störst.

Genomgången av tidigare genomförda konsekvensanalyser visade att det finns flera skillnader gällande vilka typer av konsekvenser som har undersökts samt hur de har kvantifierats. Alla undersökta analyser inkluderade däremot konsekvenser för byggnader och vägar eller framkomlighet men få uppskattade de sammanlagda konsekvenserna. Många av rapporterna presenterade inte resonemangen bakom sina antaganden och tillvägagångssätt vilket innebär att det var svårt att bygga vidare på metoderna.

En vanlig strategi för att uppskatta skadekostnader i andra länder är att använda skadefunktioner. I och med att funktionerna för byggnader ofta är väldigt platsspecifika samt att det inte finns några skadefunktioner utvecklade för svenska förhållanden har den metoden inte kunnat appliceras inom den framtagna metodiken. Vid uppskattning av skadekostnader för fordon bedömdes det däremot vara möjligt att använda en utländsk skadefunktion. Skadekostnader för byggnader och vägar uppskattades i stället genom att använda skadebelopp från försäkringsstatistik över inträffade översvämningar. Konsekvenserna för samhällsviktig verksamhet har bedömts genom att rangordna verksamheter baserat på deras betydelse för samhällets funktionalitet. För analysen av kulturvärden inkluderades byggnader med kulturvärden utan någon inbördes rangordning. Konsekvenserna för framkomlighet bedömdes utifrån vägars betydelse för den totala framkomligheten i kombination med framtagna tröskelvärden över när olika fordon får svårigheter att ta sig fram som en följd av stående och flödande vatten. Analysen av människors hälsa baserades på när en genomsnittlig vuxen person förlorar stabiliteten. En jämförelse mellan olika metoder för att bedöma samma konsekvenskategorier i Landskrona visade att valet av metod har stor betydelse för vilka områden som bedöms drabbas hårdast.

Alla konsekvenskategorier förutom skadekostnader för fordon kan analyseras med nationellt omfattande geodata vilket innebär att den framtagna metodiken kan användas för att utföra konsekvensanalyser i alla tätorter där en skyfallskartering har gjorts. Det innebär i sin tur att kommuner kan spara både tid och pengar eftersom de inte behöver samla in platsspecifika data och därmed kan lägga mer resurser på åtgärder för att förhindra konsekvenser. Genom en ökad tillgång till geodata samt ökad kunskap kring hur olika konsekvenser bör kvantifieras och relateras till varandra kan analysen förbättras ytterligare.

7 Framtida studier

För att minska karteringens osäkerhet behöver fler studier undersöka hur vägar, kulturarv och byggnader påverkas vid översvämningar med olika vattendjup. Den framtagna metodiken skulle även kunna utvärderas genom att jämföra resultatet från karteringen för en stad som har drabbats av översvämningar med de rapporterade konsekvenserna.

Det skulle vara användbart att ha en nationellt förankrad prioritetsordning, liknande den som tagits fram för elbortfall, för prioritering av verksamheter vid störningar orsakade av översvämningar. Den skulle med största sannolikhet ha flera likheter med Styrels prioritetsordning som därmed skulle kunna användas som utgångspunkt. På samma sätt skulle det vara bra med tydliga riktlinjer över vilka vägar som i första hand bör skyddas från störningar och skador. Fokus bör även läggas på att ta fram underlag över hur olika konsekvenser ska värderas i förhållande till varandra.

Konsekvensanalysen skulle även kunna förbättras om tillgången till kartdata ökar. I Landskrona skulle bedömningen av konsekvenser för fordon kunna bli mer heltäckande om det fanns mer utförliga data över parkeringsplatser. Även data över vilka byggnader som har källare samt mer detaljerad försäkringsstatistik hade kunnat bidra till en bättre analys.

Det framtagna scriptet för genomförandet av konsekvensanalysen skulle kunna vidareutvecklas för att även inkludera fler konsekvenskategorier samt utformning av färdiga konsekvenskartor med lämpliga förklaringar. Metoden skulle även kunna omarbetas i ett annat program för att öka användarvänligheten och göra det lättare för den som utför konsekvensanalysen att ändra specifika parametrar. Ett sådant program som har diskuterats under arbetets gång är FME (Feature Manipulation Engine) vilket används för bearbetning och konvertering av geografiska data.

För att konsekvensanalyser ska kunna användas som underlag för planering av åtgärder är det även viktigt att föra en vidare diskussion kring hur stora risker ett samhälle är beredd att acceptera. För att kunna föra en givande diskussion kring det är det i första hand nödvändigt att definiera hur risker ska kvantifieras. Det behövs därför även tydliga metoder för hur resultatet från konsekvensanalyserna och sannolikhetsberäkningarna ska tolkas.

8 Referenser

- Amirebrahimi, S., Rajabifard, A., Mendis, P. & Ngo, T. (2016). A framework for a microscale flood damage assessment and visualization for a building using BIM–GIS integration. *International Journal of Digital Earth*, 9(4), 363–386. doi:10.1080/17538947.2015.1034201.
- Andersson, J.-O., Blumenthal, B. & Nyberg, L. (2013). *Kartering av översvämningsrisker vid Vänern*. Karlstad: Centrum för klimat och säkerhet, Karlstads Universitet. No. 2013:1.
- Andersson-Sköld, Y. & Davidsson, G. (2016). *GUIDE för analys av översvämningsrisker*. Göteborg.
- Aribisala, O. D., Yum, S.-G., Adhikari, M. D. & Song, M.-S. (2022). Flood Damage Assessment: A Review of Microscale Methodologies for Residential Buildings. *Sustainability*, 14(21), 13817. doi:10.3390/su142113817.
- Bäckman, H. (2018). Skyfallens ABC. *Särtryck från Stadsbyggnad*, (2),.
- Chen, Q., Xia, J., Falconer, R. A. & Guo, P. (2019). Further improvement in a criterion for human stability in floodwaters. *Journal of Flood Risk Management*, 12(3), e12486. doi:10.1111/jfr3.12486.
- Dobric, J. (2018). *40, 5 miljoner kronor – så mycket är vi villiga att betala för ökad trafiksäkerhet*. Örebro universitet. [https://www.oru.se/nyheter/nyhetsarkiv/nyhetsarkiv-2018/40-5-miljoner-kronor--sa-mycket-ar-vi-villiga-att-betala-for-okad-trafiksakerhet/\[2023-04-5\]](https://www.oru.se/nyheter/nyhetsarkiv/nyhetsarkiv-2018/40-5-miljoner-kronor--sa-mycket-ar-vi-villiga-att-betala-for-okad-trafiksakerhet/[2023-04-5]).
- Dong, B., Xia, J., Zhou, M., Li, Q., Ahmadian, R. & Falconer, R. A. (2022). Integrated modeling of 2D urban surface and 1D sewer hydrodynamic processes and flood risk assessment of people and vehicles. *Science of The Total Environment*, 827 154098. doi:10.1016/j.scitotenv.2022.154098.
- Dottori, F., Figueiredo, R., Martina, M. L. V., Molinari, D. & Scorzini, A. R. (2016). IN-SYDE: a synthetic, probabilistic flood damage model based on explicit cost analysis. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 16(12), 2577–2591. doi:10.5194/nhess-16-2577-2016.
- Eklund, A., Axén Mårtensson, J., Bergström, S., Björck, E., Dahné, J., Nordborg, D. & Olsson, J. (2015). *Sveriges framtida klimat Underlag till Dricksvattenutredningen*. SMHI. No. Klimatologi Nr 14, 2015.
- Folkhälsomyndigheten (2021). *Hälsokonsekvenser av klimatförändring i Sverige – En risk- och sårbarhetsanalys*. No. 21268.
- Grahn, T. (2011). *Metodik konsekvensbedömning – Kulturarv, Göta älvutredningen - delrapport 24*. Linköping: Statens geotekniska institut.
- Grahn, T. (2020a). *Assessment of Residential Flood Damage Functions to Guide Policy Choices*. Karlstad: Centre for Societal Risk Research Karlstad University. No. 2020:1.
- Grahn, T. (2020b). *Genomförbarhet, objektivitet och transparens i kvantitativa beslutsmodeller för riskreduktion- Hazus MH Floods*. Karlstads universitet. No. MSB1624.
- Grahn, T., Nyberg, L. & Blumenthal, B. (2014). *Analys av översvämningssskador En kunskapsöversikt*. Karlstad: Centrum för klimat och säkerhet Karlstads Universitet. No. 2014:1.
- Große, C. & Olausson, P. M. (2023). *Is There Enough Power? Swedish Risk Governance and Emergency Response Planning in Case of a Power Shortage*. Göteborgs Stad (u.å.). *Vatten i staden*. <https://www.vattenigoteborg.se/Downpour/ScenarioResult> [2023-07-7].
- Haag, A., Alexson Ahlberg, J. & Björn, H. (2021). *Skyfallskarartering och strategisk skyfallsplan för Borås Stad*. SMHI. No. 2021–39.

- Haghighatafshar, S., Becker, P., Moddemeyer, S., Persson, A., Sörensen, J., Aspegren, H. & Jönsson, K. (2020). Paradigm shift in engineering of pluvial floods: From historical recurrence intervals to risk-based design for an uncertain future. *Sustainable Cities and Society*, 61 102317. doi:10.1016/j.scs.2020.102317.
- HR Wallingford, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, & Risk & Policy Analysts Ltd. (2006). *The Flood Risks to People Methodology*. London.
- Husgrunder.com (2016). *Hög eller låg grundsockel*. Husgrunder.com. <https://www.husgrunder.com/ny-husgrund/hog-eller-lag-grundsockel/> [2023-06-19].
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*.
- Jongman, B., Kreibich, H., Apel, H., Barredo, J. I., Bates, P. D., Feyen, L., Gericke, A., Neal, J., Aerts, J. C. J. H. & Ward, P. J. (2012). Comparative flood damage model assessment: towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(12), 3733–3752. doi:10.5194/nhess-12-3733-2012.
- järnväg.net (u.å.). *Banguide - Spår*. <https://www.jarnvag.net/banguide/spar> [2023-06-10].
- Kaiser, G., Thurin, S., Åkesson, A. & Zigaf, A. (2022). *Översvämningsrisker till följd av ett förändrat klimat Varbergs kommun*.
- Karlsson, M. & Gunnarsson, A. (2022). *Risikanalytisk vald vägsträcka Handbok*. Trafikverket. No. 2022:112.
- Kommunledningskontoret Uppsala kommun (2020). *Riktlinje för nödvattenförsörjning*.
- Kramer, M., Terheiden, K. & Wieprecht, S. (2016). Safety criteria for the trafficability of inundated roads in urban floodings. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 17 77–84. doi:10.1016/j.ijdrr.2016.04.003.
- Kvočka, D., Falconer, R. A. & Bray, M. (2016). Flood hazard assessment for extreme flood events. *Natural Hazards*, 84(3), 1569–1599. doi:10.1007/s11069-016-2501-z.
- Lantmäteriet (2019). Produktbeskrivning GSD-Fastighetskartan vektor Dokumentversion: 7.5.5.
- Lantmäteriet (2021). *Ny plan för lansering av produkterna som ersätter GSD-Fastighetskartan*. Lantmateriet.se. <https://www.lantmateriet.se/sv/geodata/vara-produkter/Produktnyheter/Geografisk-information/ny-plan-for-lansering-av-produkterna-som-ersatter-gsd-fastighetskartan/> [2023-06-16].
- Lantmäteriet (2023). Produktbeskrivning Byggnad Nedladdning, vektor Dokumentversion: 1.6.
- Liljegren, E. (2018). *Regeringsuppdrag om Trafikverkets klimatanpassningsarbete*. Trafikverket. No. 2018:195.
- Livsmedelsverket (2017). *Guide för planering av nödvattenförsörjning*. Uppsala.
- Lundberg, O. (2023). *Försäkringsbolagen efter Hans: "Aldrig sett något liknande"*. SVT Nyheter. <https://www.svt.se/nyheter/inrikes/forsakringsbolagen-efter-hans-aldrig-sett-nagot-liknande> [2023-08-29].
- Länsförsäkringar (2021). *Kostnaderna för översvämnings skär alla rekord*. Länsförsäkringar. <https://www.lansforsakringar.se/privat/om-oss/press-media/pressmeddelanden/374809/> [2023-07-14].
- Länsstyrelsen Gävleborg (2022). *Utredning av skyfall och översvämnings i Gävleborgs län, augusti 2021*. No. 2022:05.
- Länsstyrelsen Västra Götaland, Länsstyrelsen Halland, Västarvet, & Kulturmiljö Halland (2016). *Kulturarv för framtida generationer, bilaga*.
- Martínez-Gomariz, E., Forero-Ortiz, E., Guerrero-Hidalga, M., Castán, S. & Gómez, M. (2020). Flood Depth–Damage Curves for Spanish Urban Areas. *Sustainability*, 12(7), 2666. doi:10.3390/su12072666.
- Martínez-Gomariz, E., Gómez, M., Russo, B. & Djordjević, S. (2017). A new experiments-based methodology to define the stability threshold for any vehicle exposed to

- flooding. *Urban Water Journal*, 14(9), 930–939.
doi:10.1080/1573062X.2017.1301501.
- Martínez-Gomariz, E., Gómez, M., Russo, B., Sánchez, P. & Montes, J.-A. (2019). Methodology for the damage assessment of vehicles exposed to flooding in urban areas. *Journal of Flood Risk Management*, 12(3), e12475. doi:10.1111/jfr3.12475.
- Messner, F., Penning-Rowsell, E., Green, C., Meyer, V., Tunstall, S. & Veen, A. van der (2007). *Evaluating flood damages: guidance and recommendations on principles and methods*. FLOODsite. No. T09-06–01.
- MSB (2010). Styrel inriktning för prioritering av elanvändare.
- MSB (2015). *Vägledning för utredning av översvämningar*. No. MSB869.
- MSB (2017). *Vägledning för skyfallskartering : tips för genomförande och exempel på användning*. No. MSB1121.
- MSB (2020). Uppdaterad definition samhällsviktig verksamhet.
- MSB (2022a). *Översvämningdirektivet*. <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/naturolyckor-och-klimat/oversvamning/oversvamningsdirektivet/> [2023-07-14].
- MSB (2022b). *Uppdrag att utveckla en standardiserad metod för skyfallskartering i tätorter*. MSB. <https://www.msb.se/sv/aktuellt/nyheter/2022/september/uppdrag-att-utveckla-en-standardiserad-metod-for-skyfallskartering-i-tatorter/> [2023-07-6].
- MSB (2023). *Översvämningarna som drabbat delar av Sverige ska utredas*. <https://www.msb.se/sv/aktuellt/nyheter/2023/augusti/oversvamningarna-som-drabbat-delar-av-sverige-ska-utredas/> [2023-08-29].
- MSB (u.å.). *Översvämningssportalen*. <https://gisapp.msb.se/Apps/oversvamningsportal/avancerade-kartor/hot-och-riskkartor.html> [2023-07-23].
- Musolino, G., Ahmadian, R. & Xia, J. (2022). Enhancing pedestrian evacuation routes during flood events. *Natural Hazards*, 112(3), 1941–1965. doi:10.1007/s11069-022-05251-9.
- Naturvårdsverket (u.å.). *Konsekvenser för teknisk infrastruktur*. <https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatforandringar/klimatet-i-framtiden/effekter-i-sverige/konsekvenser-for-teknisk-infrastruktur/> [2023-02-22].
- Nyberg, R. (2010). *GIS-tillämpningar inom översvämningshantering – en forskningsöversikt*. Karlstad: Centrum för klimat och säkerhet Karlstads Universitet. No. 2010:2.
- Olesen, L., Löwe, R. & Arnbjerg-Nielsen, K. (2017). *Flood Damage Assessment Literature review and recommended procedure*. Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- Papilloud, T., Röthlisberger, V., Loreti, S. & Keiler, M. (2020). Flood exposure analysis of road infrastructure – Comparison of different methods at national level. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47 101548. doi:10.1016/j.ijdr.2020.101548.
- QGIS Documentation (2023). 27.1.17. *Vector general*. QGIS Documentation. https://docs.qgis.org/3.28/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorgeneral.html?highlight=spatial%20join# [2023-08-11].
- Riksantikvarieämbetet (2019). *Om KML*. <https://www.raa.se/lagar-och-stod/kulturmiljolagen-kml/om-kml/om-kml/> [2023-04-5].
- Riksantikvarieämbetet (2020). *Metoder för riskbedömning av kulturmiljöer utifrån klimatförändringar*. Stockholm.
- Riksantikvarieämbetet (2022). *Om Bebyggelseinformationsprojektet*. <https://www.raa.se/hitta-information/bebyggelseregistret-bebr/bebyggelseinformationsprojektet/om-bebyggelseinformationsprojektet-2020-2024/> [2023-04-5].
- Riksantikvarieämbetet (u.å.). *Bebyggelseregistret (BeBR) - Riksantikvarieämbetet*. <https://bebyggelseregistret.raa.se/bbr2/sok/search.raa> [2023-04-5].

- Rosén, L., Nimmermark, J., Karlsson, A., Fritioff, Å. & Lindhe, A. (2012). *Kostnadsnyttöanalys av åtgärder mot översvämningar och markföroreningar i Lindöområdet*. Göteborg.
- Salomonsson, M., Larsson, M., Karlsson, S., Alexandersson, H. & Andreasson, M. (2017). *Beredningsplanering för skyfall*. Svenskt Vatten AB. No. 2017–03.
- SCB (2018). *Varannan svensk har övervikt eller fetma*. Statistiska Centralbyrån. <https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2018/varannan-svensk-har-overvikt-eller-fetma/> [2023-03-25].
- SCB (u.å.). *Prisomräknaren*. Sverige i siffror. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/prisomraknaren/> [2023-06-12].
- Schimanke, S., Joelsson, M., Andersson, S., Carlund, T. & Wern, L. (2022). *Observerad klimatförändring i Sverige 1860–2021*. SMHI. No. Klimatologi Nr 69, 2022.
- Shah, S. M. H., Mustaffa, Z., Martinez-Gomariz, E., Kim, D. K. & Yusof, K. W. (2021). Criterion of vehicle instability in floodwaters: past, present and future. *International Journal of River Basin Management*, 19(1), 1–23. doi:10.1080/15715124.2019.1566240.
- SKR (2021). *Förberedelser, kris vid vattenbrist*. <https://skr.se/skr/samhallsplaneringinfrastruktur/miljohalsa/vatten/vattenbrist/forberedelserkrisvidvattenbrist.27953.html> [2023-04-8].
- SMHI (2019a). *Elektronisk kommunikation | Klimatanpassning.se*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/elektronisk-kommunikation/elektronisk-kommunikation-1.107436> [2023-03-8].
- SMHI (2019b). *Transport | Klimatanpassning.se*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/transport/transport-1.107433> [2023-03-7].
- SMHI (2020). *Vatten och avlopp | Klimatanpassning.se*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/vatten-och-avlopp/vatten-avlopp-1.22569> [2023-03-8].
- SMHI (2021). *Distribution och användning | Klimatanpassning.se*. <https://www.klimatanpassning.se/hur-samhallet-paverkas/energi/distribution-och-anvandning-1.27569> [2023-03-8].
- SMHI (2022). *SE.HY Delavrinningsområden, vattendelare*. <https://www.smhi.se/data/utforskaren-oppna-data/se-hy-delavrinningsomraden-vattendelare> [2023-07-7].
- SMHI (2023a). *Hydrologiska ord och begrepp*. SMHI. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/hydrologi/utbildningsmaterial/hydrologiska-begrepp-1.29125> [2023-07-5].
- SMHI (2023b). *Skyfall och rotblöta*. SMHI. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/regn/skyfall-och-rotblota-1.17339> [2023-07-5].
- SMHI (2023c). *Så klimatanpassades en park i Malmö, fördjupning*. <https://www.smhi.se/klimat/klimatanpassa-samhallet/exempel-pa-klimatanpassning/sa-klimatanpassades-en-park-i-malmo-1.141611> [2023-07-14].
- SMHI (2023d). *Undvik översvämningar med hjälp av kartering*. <https://www.smhi.se/professionella-tjanster/sakra-samhallen/undvik-oversvamningar-med-hjalp-av-kartering-1.185418> [2023-07-7].
- Stadsledningskontoret Göteborg stad (2022). *Göteborgs Stads riktlinje för nödvattenförsörjning*. No. Handling 2022 nr 74.
- Stadsledningskontoret Göteborgs stad (2020). *Prioritetsklasser för styrel inom Göteborgs Stads geografiska område för planeringsomgång 2019–2021*. No. Handling 2020 nr 237.

- Svensk Försäkring (2023). *SAS Visual Analytics Viewer*.
https://statistik.svenskforsakring.se/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?reportName=Inneh%C3%A5ll%20Fr%C3%A5n%20A%20till%20%C3%96&reportPath=/SF/Extern&appSwitcherDisabled=true&reportViewOnly=true
 [2023-06-12].
- Svenskt Vatten (2016). *P110 del 1 Avledning av dag-, drän- och spillvatten*.
- Svenskt Vatten (2023). *Resultatrapport för Hållbarhetsindex 2022*. Bromma. No. R2023-01.
- Sweco (2011). *Vägledning i kostnads-nyttoanalys av översvämningsåtgärder. Uppdrag för Karlstads kommun, 2011-12-22*.
- Sweco (2022). *Sweco får uppdrag av MSB att utveckla nationell standard för skyfallskarteringar*. Sweco. <https://www.sweco.se/aktuellt/nyheter/sweco-utvecklar-nationell-standard-for-skyfallskarteringar/> [2023-07-6].
- Sweco, & DHI (2017). *Strukturplan för hantering av översvämningsrisker Metodbeskrivning*.
- The, S. & Skov, M. (2021). *Kostnadsanalys av översvämningskydd 7 områden längs Skånes kust*. Ramboll.
- Trafikverket (2020a). *Dataproduktspecifikation – Funktionell vägklass*.
- Trafikverket (2020b). *Handbok Projektering och byggande av enskilda vägar*. Borlänge. No. 2020:089.
- Trafikverket (2021). *Krav - VGU, Vägars och gators utformning*. Borlänge. No. 2021:001.
- Trafikverket (2022a). *Avvattnings, Dimensionering och utformning*. Borlänge.
- Trafikverket (2022b). *Vinterväghållning*. Trafikverket. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall/sa-skotervi-vagar/vintervaghallning/> [2023-04-24].
- U.S. Army Corps of Engineers (2009). *Economic guidance memorandum, 09-04, generic depth-damage relationships for vehicles*.
- VA-guiden (2013). *Ordlista med dagvattenrelaterade uttryck*.
<https://vaguiden.se/2013/01/ordlista-med-dagvattenrelaterade-uttryck/> [2023-07-14].
- Xia, J., Falconer, R. A., Wang, Y. & Xiao, X. (2014). New criterion for the stability of a human body in floodwaters. *Journal of Hydraulic Research*, 52(1), 93–104.
 doi:10.1080/00221686.2013.875073.
- Xia, J., Falconer, R. A., Xiao, X. & Wang, Y. (2014). Criterion of vehicle stability in floodwaters based on theoretical and experimental studies. *Natural Hazards*, 70(2), 1619–1630. doi:10.1007/s11069-013-0889-2.

8.1 Geodata

Bakgrundskarta Figur 10 till Figur 17 samt Figur C1 och Figur C2, Bilaga C:
Lantmäteriet. Karta 1:50 000 Nedladdning, raster. [2023-06-6].

Delområden Figur 10 till Figur 17a samt Figur C1 och Figur C2, Bilaga C:
SCB. Rikstäckande rutnät. [2023-08-7].

Delområden Figur 17b:
SMHI. Delavrinningsområden 2016 (baseras på version SVAR 2016:6). [2023-08-7].

Framtagandet av de redovisade konsekvensvärdena i Figur 10 till Figur 17 samt Figur C1 och Figur C2, Bilaga C bygger på information från följande geodata:

Tätorter

SCB (2020). Tätorter. [2023-08-8].

Byggnader

Lantmäteriet. GSD-Fastighetskartan vektor. [2023-08-7].

Vägar

Trafikverket (2023). Datapaketet Tillgänglighetsvägnät. [2023-08-7].

Järnvägar

Trafikverket (2023). Datapaketet Järnvägsnät med grundegenskaper. [2023-08-7].

Kulturbyggnader

Riksantikvarieämbetet. Bebyggelseregistret, all bebyggelse. [2023-08-7].

Parkeringsplatser

Landskrona stad. Parkeringar Landskrona. [2023-05-3].

Förskolor

Landskrona stad. Förskolor Landskrona. [2023-05-3].

Översvämningsdata Landskrona

NSVA. Vattendjup och Vattenflöde.

Översvämningsdata Malmö

SCALGO Live. Vattendjup.

Bilaga A - Sammanfattning av tidigare konsekvensanalyser

Tabell A1 innehåller en sammanfattning av de undersökta konsekvenskategorierna och tillvägagångssätten i genomförda svenska konsekvensanalyser. Vissa av analyserna har även inkluderat konsekvenser utanför urbana områden och för privatpersoner, i de fall presenteras enbart konsekvenser för samhället som anses tillämpbara i urbana områden

Tabell A1. Sammanfattning av tillvägagångssätten i genomförda svenska konsekvensanalyser kopplade till olika typer av översvämningar.

Analys: översvämningssorsak, plats	Undersökta konsekvenskategorier och uppdelning av underkategorier	Kvantifiering och redovisning av resultat
<p>MSB översvämningssportalen</p> <p>Havsnivåhöjning och förhöjda vattennivåer</p>	<p>Punkt och linjeobjekt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Badvatten; Kulturarv; Miljöfarlig verksamhet; Ekonomisk verksamhet; Miljö; Människors hälsa - Riksintresse, järnväg; Dricksvatten förekomst, vattendrag; Riksintresse, väg <p>Ytor</p> <ul style="list-style-type: none"> - Antal folkbokförd befolkning; Översvämmade byggnader; Natura 2000; Dricksvattenförekomst, sjöar och grundvatten; Kulturarv; Naturreservat och nationalpark; Vattenskyddsområden; Markyta bebyggelse; Markyta odlad mark; Markyta torg; Markyta industriområde; Markyta skog; Markyta öppen mark 	<p>Visar drabbade objekt, ytor och människor</p>
<p>Havsnivåhöjning, Lindöområdet i Norrköping</p> <p>(Rosén m.fl. 2012)</p>	<p>Byggnader</p> <ul style="list-style-type: none"> - Småhus; Flerbostadshus; Kontorsbyggnad; Handelsbyggnad; Industribyggnad; Komplementbyggnad - <i>Samhällsviktiga byggnad; Övrig samhällsservicebyggnad; Kulturhistorisk byggnad; Evenemangsbyggnad</i> 	<p>Skadekostnader med osäkerhetsintervall</p> <p><i>Skadeuppskattning av enskilda objekt ansågs vara nödvändigt</i></p>

	<p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Väg; Järnväg; Dagvattenledning; Fjärrvärmeledning; Elledning; Optokabel; Transformatorstation - <i>Avbrott Reningsverk och Vattenverk; Ersättning vattenleverans och elavbrott</i> <p>Trafikförsening</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Väg- och järnvägstrafik för personer och gods</i> <p>Avbrottskador</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tillverkningsindustri; Försäljning <p>Miljö</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Läckage från förorenade områden; Vattentäkt</i> <p>Befolkning</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Dödsfall, fysiska skador; Psykisk ohälsa</i> <p>Markanvändning</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Restriktioner markanvändning</i> 	
Förhöjd vattennivå i Väner, kommuner runt Väner (Andersson m.fl. 2013)	<p>Marktyp</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sluten bebyggelse; Hög bebyggelse; Låg bebyggelse; Fritidsbebyggelse; Industriområde; Åkermark; Övrig öppen mark; Barr- och blandskog; Lövskog <p>Vägtyp</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motorväg; Allmän väg klass 1, 2 och 3; Genomfartsled, Gata, Bilväg, Sämre bilväg; Uppfartsväg <p>Byggnadstyp</p> <ul style="list-style-type: none"> - Offentlig byggnad; Bostadshus/fritidshus; Industribyggnad; Övrig byggnad <p>Boendes ålder</p> <ul style="list-style-type: none"> - Under 18 år; Mellan 18 och 65 år; Över 65 år 	<p>Marktyp: Översvämmad yta inom respektive underkategori.</p> <p>Vägtyp: Översvämmad sträcka inom respektive underkategori.</p> <p>Byggnadstyp: Antal berörda byggnader.</p> <p>Ålder: Antal berörda boende.</p> <p>Ingen nedre gräns för vattendjupet presenteras i rapporten.</p>
Havsnivåhöjning, Göteborg stad (Andersson-	<p>Människor</p> <p>Byggnader</p> <p>Fordonstransporter</p>	<p>Konsekvensklassning 1 (ingen/liten påverkan) till 5 (omfattande konsekvenser med lång</p>

<p>Sköld & Davids- son 2016)</p>	<p>Energiförsörjning</p>	<p>återställningstid) för varje kate- gori.</p> <p>Människor: Klassning utifrån vattendjup och vatten- djup·flödes hastighet, flödeshas- tighet, översvämningens varak- tighet, antal människor, om människorna är särskilt utsatta (barn/äldre etc.) och förekom- sten av varningssystem och be- redskap.</p> <p>Byggnader: Klassning utifrån vattendjup och mängden bygg- nader. Lägsta klassning vid vat- tendjup <0,2 m.</p> <p>Fordonstransporter: Klassning utifrån vattendjup och vatten- djup·flödes hastighet, påverkan på leverantörer/företag och bo- ende, omlidningsmöjligheter, och förekomsten av varningssy- stem och beredskap.</p> <p>Energiförsörjning: klassning utifrån vattendjup och antal drabbade nätstationer, lägsta klassning vid vattendjup <0,2 m.</p>
<p>Skyfall, Göteborg stad (Sweco & DHI 2017)</p>	<p>Samhällsviktig verksamhet Skadekostnad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Transformator; Flerfa- miljshus; Industri, offentlig byggnad, kontor; Parke- ring; Enfamiljshus; Uthus; Järn- och spårväg; Väg <p>Framkomlighet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Järnväg; Prioriterade vägar; Spårväg; Vägar med kol- lektivtrafik; Övriga vägar 	<p>Inom varje kategori prioritera- des de ingående komponenterna och tilldelades ett värderingstal.</p> <p>Samhällsviktig verksamhet Prio- ritering enligt Styrel.</p> <p>Skadekostnad: Prioritering en- ligt försäkringsstatistik.</p> <p>Framkomlighet: Prioritering utifrån vägnas betydelse.</p> <p>Beräkning av konsekvenspoäng för varje komponent baserat på vattendjupet i kvadrat·värderingstalet.</p> <p>Lägsta tröskelvärde vattendjup:</p>

		0,1 m
Skyfall, Borås stad (Haag m.fl. 2021)	<p>Byggnader</p> <p>Samhällsviktig verksamhet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Byggnader för samhällsviktig verksamhet; tekniska anläggningar <p>Utbyggnadsområden</p> <p>Framkomlighet</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vägar och järnvägar av riksintresse 	<p>Tröskelvärde vattendjup, byggnader, samhällsviktig verksamhet, utbyggnadsområden >0,2 m</p> <p>Klassning, byggnader, byggnader för samhällsviktig verksamhet: Andel drabbad fasad</p> <p>Klassning, utbyggnadsområden: Andel översvämmad yta</p> <p>Tröskelvärde vattendjup och utbredning, framkomlighet: $\geq 0,2$ m (vanliga bilar) $\geq 0,4$ m (räddningstjänst) över sammanhängande yta på minst 100 m²</p>
Havsnivåhöjning, Skånes kust (The & Skov 2021)	<p>Byggnader</p> <ul style="list-style-type: none"> - Småhus; Flerfamiljshus; Samhällsfunktion (Offentlig byggnad, Skola, Vatten- och reningsverk, Sjukhus); Verksamhet; Industri; Komplementbyggnad; Övrig byggnad; Kulturarv <p>Infrastruktur</p> <ul style="list-style-type: none"> - Motorväg; Huvudgata; Lokalgata; Järnväg <p>Befolkning</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dagbefolkning; Nattbefolkning; Arbetsställen <p>Miljö</p> <ul style="list-style-type: none"> - Natura 2000; Naturresevat; Naturvårdsområden; Djur- och växtskyddsområden; Potentiellt förorenade områden; IED verksamheter 	<p>Byggnader: Direkta skadekostnader för småhus, flerfamiljshus, samhällsfunktion, verksamhet; industri; komplementbyggnad; övrig byggnad. Identifiering av kulturarv inom det översvämmade området.</p> <p>Infrastruktur: Kostnad beräknad utifrån direkt skadekostnad och indirekt kostnad orsakad av trafikförsening.</p> <p>Befolkning: Antal personer inom det översvämmade området. Kostnad för omplacering av hushåll och hälsorelaterade problem.</p> <p>Miljö: Identifiering av områden och verksamheter inom det översvämmade området.</p> <p>Ingen nedre gräns för vattendjupet presenteras i rapporten.</p>
Skyfall, Varberg kommun (Kaiser m.fl. 2022)	<p>Byggnader</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bostad; Ekonomibygnad; Industri; Komplement- 	<p>Lägsta tröskelvärde vattendjup, byggnader: >0,1 m</p>

	<p>byggnad; Samfund; Samhällsfunktion; Tillbyggnad; Verksamhet; Övrig byggnad</p> <p>Samhällsfunktion Framkomlighet Vägar; Järnvägar</p>	<p>Lägsta tröskelvärden vattendjup, samhällsviktig funktion: >0,1 m</p> <p>Tröskelvärden djup och utbredning, framkomlighet: >0,2 m över sammanhängande yta på minst 500 m²</p>
--	--	--

Bilaga B - Bakgrundsdata till konsekvensanalyser

Byggnader

Byggnadsändamål

I Tabell B1 presenteras en förklaring av Lantmäteriets indelning av byggnader i shapefilen "GSD-Fastighetskartan, vektor".

Tabell B1. Detaljerade ändamål med tillhörande kod inom varje byggnadsändamål för skiktet BY i shapefilen "GSD-Fastighetskartan, vektor". Tabellen är skapad utifrån information i produktbeskrivningen av Lantmäteriet (2019).

Byggnadsändamål	Kod för Detaljerat ändamål hittas i ANDAMAL 1	
Bostad	130 Småhus, friliggande 131 Småhus, kedjehus 132 Småhus, radhus	133 Flerfamiljshus 135 Småhus med flera lägenheter 199 Ospecificerad
Industri	240 Annan tillverkningsindustri 241 Gasturbinanläggning 242 Industrihotell 243 Kemisk industri 244 Kondenskraftverk 245 Kärnkraftverk 246 Livsmedelsindustri 247 Metall- eller maskinindustri	248 Textilindustri 249 Trävaruindustri 250 Vattenkraftverk 251 Vindkraftverk 252 Värmeverk 253 Övrig industribyggnad 299 Ospecificerad
Samhällsfunktion	301 Badhus 302 Brandstation 303 Busstation 304 Distributionsbyggnad 305 Djursjukhus 306 Försvarsbyggnad 307 Vårdcentral 308 Högskola 309 Ishall 310 Järnvägsstation 311 Kommunhus 312 Kriminalvårdsanstalt	313 Kulturbyggnad 314 Polisstation 315 Reningsverk 316 Ridhus 317 Samfund 318 Sjukhus 319 Skola 320 Sporthall 321 Universitet 322 Vattenverk 324 Multiarena 399 Ospecificerad
Verksamhet	499 Ospecificerad	
Ekonomibygnad	599 Ospecificerad	
Komplementbyggnad	699 Ospecificerad	
Övrig byggnad	799 Ospecificerad	

Försäkringsstatistik

Tabell B2 innehåller försäkringsstatistik för olika försäkringsgrenar för naturskador orsakade av vatten. I och med att antalet skadeärenden skiljer sig åt mellan de olika försäkringsgrenarna motsvarar beloppen för Alla tre försäkringsgrenar inte medelvärdet av de tre separata kategorierna.

Tabell B2. Medelskadebelopp i kronor för skadearten Naturskada vatten per försäkringsgren mellan åren 2011 och 2021 (Svensk Försäkring 2023).

År	Fritidshusförsäkring	Företags- och fastighetsförsäkring	Villahemförsäkring	Alla tre försäkringsgrenar
2011	43070	66857	48544	51460
2012	41280	62412	52435	53712
2013	37203	126473	43284	59553
2014	29336	133855	52161	71029
2015	63820	130602	71303	79148
2016	43349	117989	78380	81800
2017	66784	104842	52098	61476
2018	59487	192013	74756	95059
2019	66591	111609	62073	69389
2020	83258	102131	55522	67618
2021	85495	293351	164291	173884

För att kunna beräkna ett medelvärde utifrån den rapporterade statistiken har kostnaderna justerats för att motsvara prisnivån för april 2023. Tabell B3 visar hur mycket en krona det angivna året motsvarar i april 2023.

Tabell B3. Värdet av en krona för respektive år omräknat till prisnivån för april år 2023 (SCB u.å.).

År	1 kr omräknat till prisnivån 2023
2011	1,28
2012	1,27
2013	1,27
2014	1,28
2015	1,28
2016	1,26
2017	1,24
2018	1,22
2019	1,2
2020	1,19
2021	1,17

Med hjälp av värdena i Tabell B3 har medelskadebeloppen i Tabell B2 räknats om till prisnivån för april 2023 och därefter har ett medelvärde beräknats för respektive försäkringsgren. Resultatet presenteras i Tabell B4.

Tabell B4. Medelskadebelopp i kronor för skadearten Naturskada vatten per försäkringsgren mellan åren 2011 och 2021 där kostnaderna är prisjusterade enligt prisnivån för april 2023 samt beräknade medelvärden.

År	Fritidshusförsäkring	Företags- och fastighetsförsäkring	Villahemförsäkring	Alla tre försäkringsgrenar
2011	55130	85577	62136	65869
2012	52426	79263	66592	68214
2013	47248	160621	54971	75632
2014	37550	171334	66766	90917
2015	81690	167171	91268	101309
2016	54620	148666	98759	103068
2017	82812	130004	64602	76230
2018	72574	234256	91202	115972
2019	79909	133931	74488	83267
2020	99077	121536	66071	80465
2021	100029	343221	192220	203444
Medel	69369	161416	84461	96763

Svenskt medelfordon

För beräkningarna av de ekonomiska skadorna på fordon samt framtagandet av tröskelvärden för fordons stabilitet har värden för en ”genomsnittligt” svenskt fordon uppskattas. Det gjordes genom att sammanställa data från de tre vanligaste bilmodellerna i Sverige vilka är Volvo V70, Volkswagen Golf och Volkswagen Passat (Car.info 2023).

Tillsammans utgör de tre modellerna ungefär 10 % av alla registrerade bilar i landet (Car.info 2023) vilket innebär att uppskattningen blir mycket förenklad. På grund av andra stora osäkerheter i beräkningen av konsekvenser anses förenklingen däremot vara rimlig. Förekomsten av vissa typer av bilmodeller varierar med stor sannolikhet även beroende på plats vilket även det bidrar till att analysen inte nödvändigtvis ger ett mer pålitligt resultat om fler bilmodeller hade inkluderats. Metoden kan även genomföras med ett större antal bilmodeller om data och tid finns tillgänglig.

För beräkningen av den ekonomiska skadan på fordon har en genomsnittlig planarea och ett fordonsvärde beräknats som ett medelvärde av de tre modellerna. Planarean beräknades utifrån data över fordonens längd och bredd med antagandet att ett fordon har en rektangulär form. Fordonens ekonomiska värde har antagits baserat på försäljningspriser för nya och begagnade bilar vilket troligtvis leder till en överskattning av värdet i och med att det finns flera bilar som inte säljs. Värden för de enskilda bilmodellerna samt beräknade värden är presenterade i Tabell B5.

Tröskelvärden för glid- och flytstabilitet har beräknats utifrån formlerna av Martínez-Gomariz m.fl. (2017) för respektive bilmodell och därefter har medelvärden tagits fram. Beräkningarna har även genomförts för en fordonsmodell som används för ambulanser. Gränsvärdena för en genomsnittlig personbil och för ett ambulansfordon kan ses i Tabell B5. Vid beräkningarna av stabilitetskoefficienten sattes friktionskoefficienten till 0,3 enligt Shah m.fl. (2021). Värt att notera är att något högre värden användes vid framtagandet av formeln för glidstabilitet och att det därmed inte går att säga med säkerhet att det linjära sambandet gäller för lägre friktionskoefficienter.

Tabell B5. Visar mått och värden för de tre vanligaste svenska bilmodellerna och ett ambulansfordon samt beräknade gränsvärden för när fordonen börjar glida ($v \cdot d$) alternativt flyta (d_k). Tjänstevikt, markfrigång, bredd och höjd har i referenserna angivits som ett intervall för varje bilmodell och värdena som presenteras i tabellen är medianvärden. Referenserna (R#) är presenterade under tabellen.

	Volvo V70	Volkswagen golf	Volkswagen Passat	Medel vanlig bil	Ambulans
Tjänstevikt TV (kg)	1691 R1	1275 R2	1589 R3		5450 R4 (Totalvikt)
Markfrigång MF (m)	0,140 R1	0,132 R2	0,144 R3		0,225 R5
Bredd b_f (mm)	1811 R1	1715 R2	1727 R3		2170 R4
Längd l_f (mm)	4767 R1	4295 R2	4535 R3		6620 R4
Planarea PA (m ²) Längd·bredd	8,6	7,4	7,8	7.9	14.4
Stabilitetskoefficient SK (kg/m), $\mu=0,3$	8,3	6,8	8,8		26
$v \cdot d$ (m ² /s)	0,45	0,42	0,46	0,44	0,73
d_k (m)	0,34	0,31	0,35	0,33	0,6
Värde fordon V_f (kr)	112 090 R6	203 864 R7	276 630 R8	197 528	

R1: (Car.info u.å.a), R2: (Car.info u.å.b), R3: (Car.info u.å.c), R4: (Ambulansproduktion AB u.å.), R5: (Nilsson Special Vehicles AB u.å.), R6: (Wayke 2023a), R7: (Wayke 2023b) och R8: (Wayke 2023c)

Skadekostnad fordon

I Tabell B6 redovisas de relativa skadorna vid olika vattendjup för bilmodellerna Sedan och SUV enligt de framtagna skadekurvorna av U.S. Army Corps of Engineers (2009) samt ett framtaget medelvärde av skadan baserat på de två modellerna.

Tabell B6. Relativa skador för fordon av typerna Sedan och SUV vid olika vattendjup baserat på skadekurvorna framtagna av U.S. Army Corps of Engineers (2009) och beräknade medelvärden för de två fordonstyperna.

Vattendjup (m)	Andel av fordonets värde som skadas		
	Sedan	SUV	Medel
0	0	0	0
0,1524	0,076	0	0,038
0,3048	0,28	0,138	0,209
0,6096	0,462	0,306	0,384
0,9144	0,622	0,458	0,54
1,2192	0,76	0,594	0,677
1,524	0,876	0,714	0,795
1,8288	0,97	0,818	0,894
2,1336	1	0,906	0,953
2,4384	1	0,978	0,989
2,7432	1	1	1
3,048	1	1	1

Människors stabilitet

Kritiska flödes hastigheter för glid- och flytstabilitet är beräknade utifrån genomsnittliga värden av längd och massa för en vuxen svensk person och för ett treårigt barn vilka är presenterade i Tabell B7. Värdena för vuxna gäller för åren 2016 till 2017 då andelen män och kvinnor var densamma (SCB 2022).

Tabell B7. Genomsnittliga längd och massa för män och kvinnor för åren 2016 och 2017 (SCB 2018) samt för ett treårigt barn (Granquist 2019).

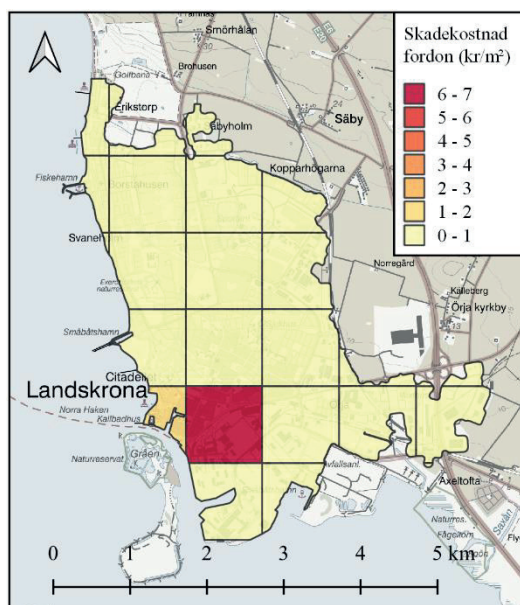
	Genomsnittlig längd	Genomsnittlig massa
Män 16-84 år	1,80 m	84 kg
Kvinnor 16-84 år	1,66 m	68 kg
Totalt vuxna	1,73 m	76 kg
Barn 3 år	0,95 m	15 kg

Referenser Bilaga B

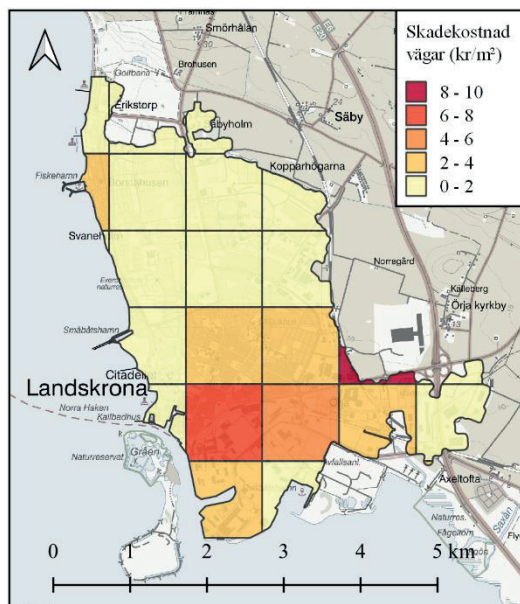
- Ambulansproduktion AB (u.å.). Teknisk specifikation.
<https://www.ambulansproduktion.se/teknisk-specifikation> [2023-04-1].
- Car.info (2023). Statistik: Bilar i Sverige. Car.info. <https://www.car.info/sv-se/stats> [2023-04-1].
- Car.info (u.å.a). Specifikationer för Volvo V70. <https://www.car.info/sv-se/volvo/v70/v70-181952/specs> [2023-04-1].
- Car.info (u.å.b). Specifikationer för Volkswagen Golf. <https://www.car.info/sv-se/volkswagen/golf/specs> [2023-04-1].
- Car.info (u.å.c). Specifikationer för Volkswagen Passat. <https://www.car.info/sv-se/volkswagen/passat/specs> [2023-04-1].
- Granquist, Å. (2019). Region Skåne - Ambulanssjukvård Specifika tillstånd.
- Nilsson Special Vehicles AB (u.å.). Nilsson XC90 Ambulans. <https://www.nilsson.se/xc90-ambulans/> [2023-04-1].
- SCB (2018). Varannan svensk har övervikt eller fetma. Statistiska Centralbyrån.
<https://www.scb.se/hitta-statistik/artiklar/2018/varannan-svensk-har-overvikt-eller-fetma/> [2023-03-25].
- SCB (2022). Sveriges befolkning. Statistiska Centralbyrån. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/manniskorna-i-sverige/sveriges-befolkning/> [2023-03-25].
- Wayke (2023a). Nya och begagnade Volvo V70. <https://www.wayke.se/sok/volvo/v70> [2023-05-16].
- Wayke (2023b). Nya och begagnade Volkswagen Golf.
<https://www.wayke.se/sok/volkswagen/golf> [2023-05-16].
- Wayke (2023c). Nya och begagnade Volkswagen Passat Sportscombi.
<https://www.wayke.se/sok/volkswagen/passat-sportscombi> [2023-05-16].

Bilaga C - Konsekvenskartor Landskrona

Figur C1 och Figur C2 visar uppskattade skadekostnader för fordon och vägar i Landskrona.



Figur C1. Skadekostnader för stillastående fordon i Landskrona. Beräkningen har enbart gjorts för en liten del av tätorten vilket förklarar varför kostanden är 0 kr/m² i flera rutor. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet



Figur C2. Skadekostnader för vägar och järnvägar i Landskrona. Bakgrundskarta: © Lantmäteriet

