
KUSTSKYDD TRELLEBORG

TRELLEBORGS KOMMUN

En idéstudie för hur Trelleborgs tätort kan skyddas mot hög havsnivåer, nu och i framtiden

UPPDRAGSNUMMER 13001236



2017-11-03

SWECO ENVIRONMENT AB
MALMÖ KUST OCH VATTENDRAG

HUVUDFÖRFATTARE
JOANNA THELAND

KVALITETSSÄKRARE
SEBASTIAN IRMINGER STREET

Förord

På uppdrag av Trelleborgs kommun har Sweco genomfört en idéstudie av hur Trelleborgs kommun skulle kunna skydda sig mot dagens och framtidens högvatten. Projektledare för studien har varit Olof Persson. Huvudförfattare har varit Joanna Theland. Kvalitetssäkrare har varit Sebastian Irminger Street. Beställare på Trelleborgs kommun har varit Hans Lilja.



Olof Persson, uppdragsledare



Sebastian Irminger Street, kvalitetssäkring

Sammanfattning

Delar av Trelleborgs tätort ligger lågt vilket gör att den hotas av översvämning vid höga havsnivåer. I och med klimatförändring och förväntad havsnivåstigning kommer högvatten att bli vanligare och kraftigare i framtiden än i dagens klimat, vilket gör att översvämningsrisken kommer att vara större i framtiden än i dagsläget om inte åtgärder vidtas. Denna rapport är en idéstudie till hur Trelleborgs tätort kan anpassas för att skyddas mot högvatten. Rapporten utgör både en kunskapsbank kring vilken typ av högvatten som kan förväntas och en idékatalog kring vilken typ av skydd som kan anläggas.

I rapporten studeras två tidsperspektiv, ett medellångt perspektiv på cirka 50 år (2065) och ett långt perspektiv fram till år 2100. Uppdelningen görs av flera anledningar. Ju längre tidsperspektiv som studeras desto större är osäkerheterna i både klimatprediktioner och samhällets behov. Det finns en uppenbar risk att skydd som byggs baserade på osäkra bedömningar kommer att visa sig vara icke ändamålsenliga när framtiden väl kommer. Samtidigt kommer dagens stadsplanering att ha stor betydelse för var framtida samhällen är lokaliserade. Genom att å ena sidan närmare beskriva vilka skydd som behövs inom en överskådlig period (50 år) och å andra sidan översiktligt beskriva vilka skydd som behövs i ett längre perspektiv kan dagens skydd utformas med en rimlig säkerhet samtidigt som kan markanvändning kan planeras långsiktigt så att exploatering i framtida riskområden undviks och mark till framtida skyddsåtgärder kan avsättas.

Det kommunala ansvaret för klimatanpassning är lågt, och begränsas till att beakta frågan i sin markplanering. När frågan kan anses vara beaktad framgår inte tydligt av lagtexten, utan avgörs ofta av länsstyrelsens bedömning.

I Trelleborg kan fyra olika högvatten användas för att beskriva nio olika scenarier fördelade över tre olika tidshorisonter; dagsläget, år 2065 och år 2100. Dessa visas i tabell 1.1. Sannolikheten att vågor eller skyfall skulle sammanfalla med högvatten är statistiskt mycket låg.

Tabell 1.1 Analyserade havsvattennivåer samt de händelser nivåerna antas motsvara.

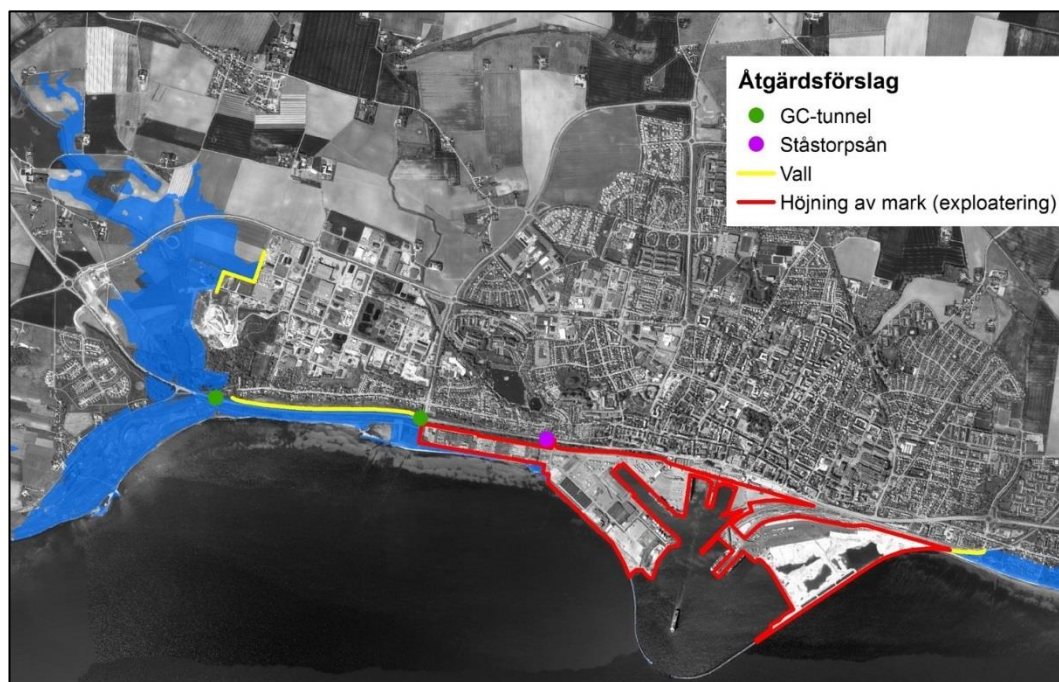
	År 2015	År 2065	År 2100
"Normalhögvatten"	+1,35 m	+1,85 m	+2,35 m
100-årshögvatten	+1,85 m	+2,35 m	+2,85 m
Backafloden (extremhändelse)	+2,35 m	+2,85 m	+3,35 m

En tröskelanalys med avseende på havsvatten har utförts för hela tätorten. I tröskelanalysen visas vilka havsnivåer som krävs för att ett område ska översvämmas från havet. Baserat på resultaten från tröskelanalysen har åtgärdsförslag för vattennivåer +1,85, +2,35 och +2,85 m (RH2000) tagits fram. En översiktlig beskrivning görs även av hur skydden kan anpassas till ett högvattenstånd av +3,35 m (RH2000).

Åtgärdsförslagen visar att det räcker med förhållandevis små åtgärder för att skydda tätorten från översvämning från havet vid nivå +1,85 m (RH2000), motsvarande dagens 100-årshögvatten. Åtgärdsförslagen visar även att exploateringen och höjningen av hamnområdet utgör en mycket viktig del av översvämningsskyddet för centrala Trelleborg. Se vidare kapitel 8.

Åtgärder kan delas in i någon av följande fem strategier, *ingen åtgärd*, *reträtt*, *anpassning*, *försvar* eller *anfall*. En holistisk och långsiktig lösning kräver ofta att flera strategier används beroende på tidsskala och typ av händelse.

I figur 1.1 visas de åtgärdsförslag som presenteras för högvattennivåer upp till +2,85 m (RH2000). Vattennivån motsvarar ett extremhögvatten år 2065 eller ett 100-årshögvatten år 2100.



Figur 1.1 Åtgärdsförslag som presenteras närmare i rapporten för skydd mot havsvattenstånd upp till +2,85 m (RH2000).

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Begreppet återkomsttid	1
1.2	Tidsperspektiv i studien	2
1.3	Underlag	3
1.3.1	Vattenstånd	3
1.3.2	Vind och vågor	3
1.3.3	Markhöjder	3
1.4	Regelverk	4
1.4.1	Lagar och förordningar	5
1.5	Kommunalt ansvar i planeringen	6
1.5.1	Befintlig bebyggelse	6
1.5.2	Ny bebyggelse	6
1.5.3	Översiktsplan	6
1.5.4	Detaljplan	7
2	Vattenstånd	8
2.1	Medelvattenstånd	8
2.2	Karakteristiska högvatten	9
2.2.1	Generella förutsättningar	9
2.2.2	Normala högvatten	11
2.2.3	100-årshögvatten	12
2.2.4	Extremhögvatten	13
3	Vindar, högvatten och vågor	15
4	Högvatten och skyfall	20
5	Riskområden	22
5.1	Havsnivå +1,85 m	23
5.2	Havsnivå +2,35 m	24
5.3	Havsnivå +2,85 m	25
5.4	Havsnivå +3,35 m	26
6	Konsekvenser	27
6.1	Havsnivå +1,85 m	28
6.2	Havsnivå +2,35 m	29
6.3	Havsnivå +2,85 m	30
6.4	Havsnivå +3,35 m	31

7	Övergripande åtgärdsstrategier	32
7.1	Ingen åtgärd	32
7.2	Reträtt	32
7.3	Försvar	32
7.4	Anpassning	34
7.5	Attack	34
7.6	Kombination av flera strategier	35
8	Åtgärdsförslag	36
8.1	Havsnivå +1,85 m	36
8.1.1	Lucka vid Ståstorpsån vattendrag	37
8.1.2	Cykelportar vid E22	38
8.2	Havsnivå +2,35 m	44
8.2.1	Vall vid SYSAV	45
8.2.2	Höjning av hamnområde	45
8.3	Havsnivå +2,85 m	47
8.3.1	Vall längs E22 i väst	48
8.3.2	Vall längs järnvägen i öst	51
8.4	Havsnivå +3,35 m	52
8.4.1	Vallar	52
8.4.2	Hamnområdet	53
9	Våguppspolning	53
9.1	Havsnivå +2,35 m	54
9.2	Havsnivå +2,85 m	55
9.3	Havsnivå +3,35 m	55
10	Slutsatser	56
11	Fortsatt arbete	56
11.1	Fortsatt strukturellt arbete	56
11.2	Fortsatt tekniskt arbete	57
12	Referenser	58

Bilagor

Bilaga 1 – Riskområden

Bilaga 2 – Konsekvenser

Bilaga 3 – Åtgärdsförslag

**Bilaga 4 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +2,85 m,
Väster Jär**

**Bilaga 5 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +3,35 m,
Väster Jär**

**Bilaga 6 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +2,85 m,
Hamnen**

1 Inledning

Delar av Trelleborgs tätort ligger lågt vilket gör att den hotas av översvämning vid höga havsnivåer. I centrala delar kring hamnen ligger marken mellan +1,5-1,9 m (RH2000). Delar av Hamnvägen ligger så lågt som cirka +1,2 m (RH2000). Trots den låga marknivån har översvämningar från havet varit förhållandevis ovanliga. Detta beror på att högvatten och vågor sällan sammanfaller, särskilt innanför de skyddande pirarmarna.

I och med klimatförändring och förväntad havsnivåstigning kommer högvatten att bli vanligare och kraftigare i framtiden än i dagens klimat. Denna rapport är en idéstudie till hur Trelleborgs tätort kan anpassas för att skyddas mot högvatten. Rapporten utgör både en kunskapsbank kring vilken typ av högvatten som kan förväntas och en idékatalog kring vilken typ av skydd som kan anläggas.

Studien är en idéstudie, och mer detaljerade undersökningar kommer att krävas innan det slutgiltigt kan avgöras vilken/vilka lösningar som är den/de mest lämpade för kommunen. Föreliggande idéstudie ger emellertid en riktning för Trelleborgs kommuns fortsatta arbete med att anpassa och skydda kommunen mot dagens och framtidens högvatten.

1.1 Begreppet återkomsttid

Vid dimensionering används ofta återkomsttid för att beskriva den dimensionerande händelse som en teknisk anläggning byggs för att skydda mot, exempelvis ett 100-årshögvatten. 100-årshändelsen misstolkas ofta som en händelse som händer en gång på 100 år, vilket är felaktigt. Återkomsttid är inte ett mått på tid utan på sannolikhet. Återkomsttiden beskriver hur stor den statistiska sannolikheten är att en händelse inträffar under ett godtyckligt valt år, inte att händelsen kommer att inträffa en gång under ett visst antal år. Sannolikheten att en 100-årshändelse inträffar under ett godtyckligt år är 1/100 eller 1 %.

Tekniska system/konstruktioner har ofta en livslängd längre än 1 år. Det är då viktigare att veta sannolikheten att en dimensionerande händelse inträffar någon gång under systemets totala livslängd än sannolikheten att en dimensionerande händelse inträffar under ett enskilt år. Den sammanlagda sannolikheten över tid kallas för den ackumulerade sannolikheten. I tabell 1.1 visas den ackumulerade sannolikheten för olika återkomsttider under olika tidsperioder. Tabellen visar att det är 63 % sannolikhet att en 100-årshändelse inträffar minst en gång på 100 år. Det är alltså mer sannolikt att 100-årshändelsen inträffar än att det inte gör det. Ett tekniskt system som dimensioneras för en 100-årshändelse kommer sannolikheten att överbelastas minst en gång under 100 år, möjligen mer än så. Dimensionering för en 100-årshändelse ger inte någon god säkerhet mot störning under en 100-årsperiod.

Tabell 1.1 Beskrivning av den ackumulerade sannolikhet som erhålls vid en given återkomsttid sett över en given tidsperiod.

Återkomsttid	Period					
	10 år	20 år	30 år	50 år	85 år	100 år
10 år	65 %	88 %	96 %	99 %	100 %	100 %
25 år	34 %	56 %	71 %	87 %	97 %	98 %
50 år	18 %	33 %	45 %	64 %	82 %	87 %
100 år	10 %	18 %	26 %	39 %	57 %	63 %
200 år	5 %	10 %	14 %	22 %	35 %	39 %
1000 år	1 %	2 %	3 %	5 %	8 %	10 %

Återkomsttid beräknas genom statistisk analys av historiska data, och beräkningarna av återkomsttid begränsas därför alltid av längden och kvaliteten på en historisk dataserie. Ju kortare mätserien är desto större blir osäkerheten vid beräkning av händelser med lång återkomsttid. Som tumregel bör beräkningar för återkomsttid som sträcker sig längre än cirka dubbla mätseriens längd göras. Återkomsttid ska inte heller betraktas som en absolutnivå, då nivån för en viss återkomsttid ändras efter varje ny extremhändelse. Detta gäller speciellt för korta mätserier, där en enskild händelse kan få stort genomslag.

1.2 Tidsperspektiv i studien

Sweco rekommenderar att det fortsatta arbetet görs med två olika tidsperspektiv, dels ett medellångt perspektiv på cirka 50 år (2065), dels ett långt perspektiv fram till år 2100. Uppdelningen i olika tidsperspektiv görs av flera olika anledningar. Osäkerheten i klimatprediktioner ökar med ökande tidshorisont och det finns en uppenbar risk att klimatförändringarnas konsekvenser antingen överskattas eller underskattas om alltför stor tilltro läggs till långsiktiga prediktioner. Om skydd byggs idag för att fylla ett framtida behov finns risken att skydden visar sig vara icke ändamålsenliga på grund av osäkerheten i indata som använts vid dimensionering.

Det råder även osäkerhet kring samhällets övriga utveckling när långa tidsperspektiv studeras och det är svårt att förutse vilka behov framtida samhällen kommer att ha. Samtidigt kan många anläggningar förväntas ha en teknisk livslängd på 100 år eller mer, och dagens stadsplanering kommer att ha stor betydelse för var framtida samhällen är lokaliserade. Genom att studera ett längre tidsperspektiv, fram till år 2100, kan markanvändning planeras på ett sådant sätt att exploatering i framtida riskområden undviks och mark till framtida skyddsåtgärder kan avsättas. Det understryks dock att osäkerheten i att sträcka sig fram till år 2100 är stor. Att sträcka tidshorisonten längre än till år 2100 gör att osäkerheterna i klimatprediktionerna blir så stora att det är svårt att använda resultaten.

1.3 Underlag

1.3.1 Vattenstånd

De vattenståndsmätningar som har funnits tillgängliga för studien visas i tabell 1.2. Analys av vattenstånd beskrivs i kapitel 2.

Tabell 1.2 Platser i närheten av Trelleborg där vattenståndsdata finns att tillgå.

Plats	Mätperiod
Trelleborgs hamn	2012-2017, men med luckor i mätserien
Ystad	1886-1987
Skanörs hamn	1992-framåt
Klagshamn	1929-framåt, men stora luckor i serien innan 1960-talet

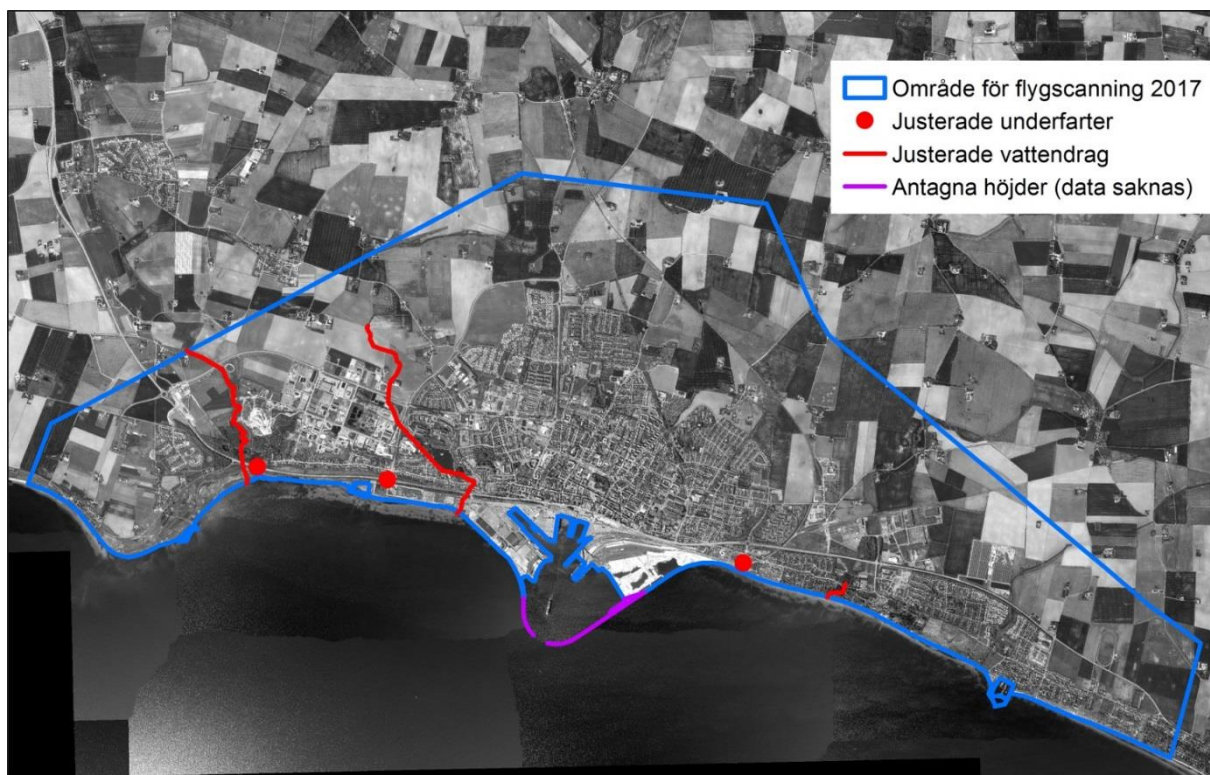
1.3.2 Vind och vågor

Vinddata från SMHI:s mätstation i Smygehuk har använts. Data täcker perioden 1951-1988. Analys av vinddata beskrivs i kapitel 3.

Vågförhållandena på svenska sydkusten har översiktligt modellerats vid Lunds tekniska högskola. Modelleringen bygger på vinddata för perioden 1951-1988. Analys av vågdata beskrivs i kapitel 3.

1.3.3 Markhöjder

Samtliga analyser bygger på höjddata från kommunens flygscanning från år 2017. Rådata från scanningen levererades till Sweco och bearbetades till en höjdmodell med upplösningen 1x1 m. Vid broöverfarter och liknande är höjddata missvisande för hur vatten kan flöda, eftersom det finns en flödesväg under bron som inte framgår av höjddata. Höjddata har i behövliga punkter justerats för att visa verkliga flödesvägar för vattnet, se figur 1.1. Röda punkter visar underfarter där höjdmodellen har justerats till underliggande markhöjder. Längs röda linjer har justeringar gjorts med antagandet att det finns kulvertar/trummor som obehindrat tillåter vatten att passera under vägar. Vid lila linjer saknades data från scanningen, men det är genom lokalkännedom känt att det finns pirar. Höjden på dessa pirar har antagits baserat på närliggande höjder.



Figur 1.1 Visualisering av område som ingår i den flygscanning som genomfördes 2017 (blå linje), justerade underfarter (röda punkter), justerade vattendrag (röda linjer) samt områden med saknade data där höjder har antagits (lila linjer).

1.4 Regelverk

EU antog 2007 ett direktiv för översvämningsrisker som reglerar hanteringen av översvämningar för att på så sätt värna om människors hälsa, miljö, kulturarv och ekonomisk verksamhet. I Sverige är det Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB) som utsetts till behörig myndighet för att genomdriva översvämningsdirektivet. MSB:s arbete bedrivs i nära samarbete med länsstyrelserna och de har i sitt arbete pekat ut 18 platser i Sverige där översvämningsrisken är betydande. För dessa städer har MSB tillsammans med berörda länsstyrelser tagit fram en riskhanteringsplan för respektive stad. Värt att notera är att de översvämningar som behandlas i deras urval enbart är översvämningar från vattendrag och sjöar. Städer där det föreligger risk för översvämning från havet ingår ej bland de utpekade städerna. Översvämning från havet ingår emellertid i EU:s översvämningsdirektiv och det är därför troligt att MSB framöver kommer att identifiera fler städer där krav kommer att ställas på riskhanteringsplaner avseende översvämning.

Utöver översvämningsdirektivet finns det även andra lagar och förordningar där risken för översvämningar omfattas och där krav kan komma att ställas på kommunen.

MSB är en viktig aktör i frågor som gäller samhällets skydd mot extrema händelser, exempelvis översvämningar. **MSBFS 2015:5** innehåller föreskrifter om kommuners risk-

och sårbarhetsanalyser. Kommunen ska under varje mandatperiod sammanställa och rapportera resultatet av sitt arbete med risk- och sårbarhetsanalys till länsstyrelsen. Kommunens ansvar omfattar alla händelser som kan få konsekvenser inom kommunens geografiska område, oavsett vilka aktörer och verksamheter som i första hand berörs.

1.4.1 Lagar och förordningar

Lagen om skydd mot olyckor (2003:778) reglerar att en kommun ska ha ett handlingsprogram för förebyggande verksamhet. I programmet ska målet för kommunens verksamhet samt de risker för olyckor som finns i kommunen och som kan leda till räddningsinsatser anges.

Lagen om kommuners och landstings åtgärder inför och vid extraordinära händelser i fredstid och höjd beredskap (2006:544) reglerar att kommuner ska analysera vilka extraordinära händelser som kan inträffa i kommunen i fredstid och hur dessa händelser kan påverka den egna verksamheten. Resultatet av arbetet ska värderas och sammanställas i en risk- och sårbarhetsanalys. Kommuner ska vidare, med beaktande av risk- och sårbarhetsanalysen, för varje ny mandatperiod fastställa en plan för hur de skall hantera extraordinära händelser.

Plan- och bygglagen (PBL) (2010:900) reglerar planering av mark- och vattenområden i kommunen. Enligt PBL ska kommunens planläggning syfta till att mark- och vattenområden används för det ändamål som områdena är mest lämpade för med hänsyn till beskaffenhet, läge och behov. Vidare ska bebyggelse och byggnadsverk även lokaliseras till mark som är lämpad till ändamålet med avseende på risken för översvämningar.

Enligt **skadeståndslagen (1972:207)** är kommunen skyldig att ersätta personskada, sakskada eller ren förmögenhetsskada som vållas genom fel eller försummelse vid myndighetsutövning. Kommunen ansvarar som tidigare nämnts för planering av mark, och kan krävas på skadestånd om fel eller försummelse vid planläggning eller bygglovsgivning leder till skada. Exempel på försummelse skulle kunna vara att kommunen genom detaljplan eller bygglov möjliggör bebyggelse på mark som är olämplig för ändamålet avseende översvämningensrisken.

Många åtgärder mot högvatten kan komma att kräva tillstånd enligt **miljöbalken (MB)** innan de får påbörjas. Detta gäller särskilt om åtgärden syftar till att förändra vattenförhållandena, vilket normalt sett är syftet med åtgärder mot högvatten. Delar av MB som mest sannolikt berörs av klimatanpassningsåtgärder är 3, 4 och 7 kap (områdesskydd), 5 kap (miljökvalitetsnormer), 9 kap (miljöfarlig verksamhet) och 11 kap (vattenverksamhet).

1.5 Kommunalt ansvar i planeringen

1.5.1 Befintlig bebyggelse

Inom befintlig bebyggelse är det kommunala tvingande ansvaret för klimatanpassning begränsat. Det är i grunden fastighetsägarens eget ansvar att skydda sig mot översvämningar och andra naturolyckor. Enligt skadeståndslagen är kommunen dock skyldig att ersätta personskada, sakskada eller ren förmögenhetsskada som vållas genom fel eller försummelse vid myndighetsutövning (1972:207 3 kap 2§). Eftersom Trelleborgs kommun ansvarar för planering av mark enligt PBL så kan kommunen krävas på skadestånd om fel eller försummelse vid planläggning eller bygglovsgivning leder till skada. Exempel på försummelse skulle kunna vara att kommunen genom detaljplan eller bygglov möjliggör bebyggelse på mark som är olämplig för ändamålet.

Enligt preskriptionslagen så preskriberas en fordran efter tio år (1981:130 2§). I praktiken innebär det att skadeståndsanspråk måste riktas mot kommunen inom tio år från det att felet begåtts för att kommunen ska vara ersättningsskyldig. Det kommunala ansvaret begränsas således, i den mån det finns, till planområden yngre än tio år. Observera att preskriptionstiden gäller skadeståndsanspråk kopplade till markens lämplighet. Eftersatt underhåll av tekniska försörjningssystem kan medföra skadeståndskrav även inom detaljplaneområden äldre än tio år.

1.5.2 Ny bebyggelse

Vid planering av ny bebyggelse är kommunens ansvar mer omfattande. Planering av mark- och vattenområden är en kommunal angelägenhet som regleras av PBL. Enligt PBL 2 kap 2§ ska kommunens planläggning syfta till att mark- och vattenområden används för det ändamål som områdena är mest lämpade för med hänsyn till beskaffenhet, läge och behov. Sedan 2011 har kraven i PBL skärpts så att även klimataspekter ska inkluderas i planläggningen. Kommunen har således ett lagstadgat ansvar att beakta klimataspekter i sin mark- och vattenplanering. I PBL 2 kap 3§ anges att *"planläggning ska ske med hänsyn till natur- och kulturvärden, miljö- och klimataspekter samt mellankommunala och regionala förhållanden [...]"*.

1.5.3 Översiktsplan

Kommunen har en bindande skyldighet att upprätta översiktsplan för hela kommunen (PBL 3 kap 1§). Kommunen ska i översiktsplanen redovisa hur hänsyn har tagits till de krav som ställs i PBL 2 kap (PBL 3 kap 4§), exempelvis hur klimataspekter har beaktats. Lagtexten anger inget kring vad som krävs för att kommunen ska anses ha beaktat klimataspekterna i sin översiktsplan. Översiktsplanen är inte ett juridiskt bindande dokument, och klimatanpassningsaspekter som anges i ÖP är således inte strikt sett tvingande för kommunen. Däremot ska de vara starkt vägledande för kommunens fortsatta planarbete.

1.5.4 Detaljplan

Kommunen har vid prövning av detaljplaner en skyldighet att pröva markens lämplighet med hänsyn till ändamålet (PBL 4 kap 2§). Kommunen ska i sin lämplighetsbedömning ta hänsyn till allmänna och enskilda intressen enligt PBL 2 kap, bland annat klimataspekter enligt PBL 2 kap 3§. Lagtexten anger emellertid inte vad som kan anses vara tillräcklig hänsyn till klimataspekter, utan denna bedömning ska göras av kommunen.

Efter att kommunen har fattat ett planbeslut så granskas beslutet av länsstyrelsen. PBL anger inte uttryckligen att länsstyrelsen ska granska om kommunen har tagit tillräcklig hänsyn till klimataspekter, men enligt PBL 11 kap 10 – 11§§ är länsstyrelsen skyldig att överpröva och upphäva kommunala planbeslut om myndigheten anser att planen är olämplig med hänsyn till bland annat människors hälsa eller säkerhet eller till risken för olyckor, översvämning eller erosion. Det finns exempel där kommunala planbeslut har upphävts av länsstyrelsen med hänvisning till att planen inte tillräckligt tydligt visar hur översvämning, erosion och negativ påverkan på människors hälsa ska förebyggas i ett framtida klimat. Huruvida risker enligt PBL 11 kap 10 – 11§§ ska bedömas utifrån dagens klimat eller framtidens är omdiskuterad, och tydlig rättspraxis i frågan saknas i dagsläget. Om länsstyrelsen upphäver en plan med hänvisning till PBL 11 kap 11§ så kan kommunen överklaga myndighetens beslut till regeringen (PBL 13 kap 5§).

Förutom kommunala skyldigheter anger PBL även möjligheter för kommunen att inkludera klimatanpassningsåtgärder i planarbetet. Kommunen kan i en detaljplan villkora att skyddsåtgärder ska vidtas mot exempelvis översvämning (PBL 4 kap 12§), samt att bygglov endast får lämnas efter att skyddsåtgärder har vidtagits (PBL 4 kap 14§).

2 Vattenstånd

2.1 Medelvattenstånd

Den globala havsmedelnivån stiger. Variationer i havets medelvattennivå är naturliga, men hastigheten med vilken havets nivå förändras har ökat på grund av mänskliga utsläpp av växthusgaser. I en regional rapport om klimatpåverkan i Skåne (SMHI, 2012) beskrivs en förväntad stigning av havets medelvattenyta med 30 cm under perioden 1990 till 2050 och ytterligare 70 cm för perioden 2050 till 2100.

Beaktat valda tidshorisonter är det relevant att uppskatta medelvattennivån kring år 2065 och kring år 2100. Om det antas att havsnivåns stigning mellan år 2050 och 2100 kommer att vara linjär (en förenkling, men osäkerheten i detta antagande är liten i förhållande till osäkerheten kring prediktioner av den globala medelvattenstigningen) kan den årliga stigningen mellan år 2050 och år 2100 uppskattas till 70 cm/50 år=1,4 cm/år. Under de 15 år som skiljer 2050 och 2065 kan en stigning om cirka 21 cm förväntas. Till detta läggs 30 cm för perioden 1990 till 2050, vilket ger summan 51 cm för perioden 1990 till 2065. Baserat på nuvarande kunskapsläge kan havets medelvattennivå år 2065 antas vara cirka 0,5 m högre än det var år 1990. Kring år 2100 kan medelvattenytan förväntas vara cirka 1,0 m högre än år 1990 (tabell 2.1).

Tabell 2.1 Förväntad stigning av havets medelvattennivå mellan år 1990 och 2065 samt mellan år 1990 och 2100.

	År 2065	År 2100
Medelvattenytans läge relativt MVY år 1990	Ca +50 cm	Ca +100 cm

Tabell 2.1 visar medelvattenytans förändring relativt läget år 1990. SMHI har beräkningssamband som möjliggör att relatera ett års medelvattenyta till *Rikets höjdsystem från år 2000* (RH2000). Beräkningssamband finns för Skanör och Ystad. Medelvattenytans läge i Skanör och Ystad är i princip identiska (tabell 2.2). Trelleborg ligger mellan Skanör och Ystad, så beräkningssamband för Skanör kommer att vara giltiga för medelvattenytan i Trelleborg. Det framgår att medelvattenytan år 1990 var knappt +13,5 cm RH2000, och att den har stigit cirka 2 cm mellan år 1990 och 2017.

Tabell 2.2 Årets medelvattenyta relativt RH2000 år 1990 och 2017. Under perioden steg medelvattenytan med cirka 2 cm.

Plats	MVY år 1990	MVY år 2017
Skanör	+13,4 cm rel. RH2000	+15,6 cm rel. RH2000
Ystad	+13,3 cm rel. RH2000	+15,5 cm rel. RH2000

Med kunskap om medelvattenytans nivå år 1990 och förväntad höjning relativt nivån år 1990 kan den förväntade absolutnivån för medelvattenytan år 2065 och år 2100 beräknas

(tabell 2.3). Medelvattenytan år 2065 förväntas ligga omkring +0,63 m (RH2000). År 2100 förväntas medelvattenytan ligga omkring +1,13 m (RH2000).

Tabell 2.3 Medelvattenytans beräknade stigning och absolutnivå år 1990, 2017, 2065 och 2100.

	År 1990	År 2017	År 2065	År 2100
Medelvattenytans läge rel år 1990	-	Ca +0,02 m	Ca +0,5 m	Ca +1,0 m
Medelvattenytans läge rel RH2000	+0,13 m	+0,16* m	+0,63 m	+1,13 m

* avrundning leder till 0,16 m istället för 0,15 m. Saknar i praktiken betydelse vilket av värdena som används.

Hur mycket och hur snabbt havets medelvattenyta verkligen kommer att stiga beror på dagens och framtidens klimatpolitik. Stigningen 1 meter mellan år 1990 och år 2100 bygger på utsläppsscenarioer i vilka få åtgärder görs för att minska utsläpp av växthus-gaser, alltså konservativa beräkningar. Nya forskningsrön kan komma ändra vår förståelse av hur snabbt havet förväntas stiga, så det är av stor vikt att kontinuerligt följa klimatforskningens rön.

2.2 Karakteristiska högvatten

2.2.1 Generella förutsättningar

Karakteristiska högvatten används för att beskriva vilken typ av högvatten som kan förväntas på en plats. Informationen kan användas för att identifiera riskområden, göra avvägningar kring lämplig skyddsnivå samt dimensionera åtgärder.

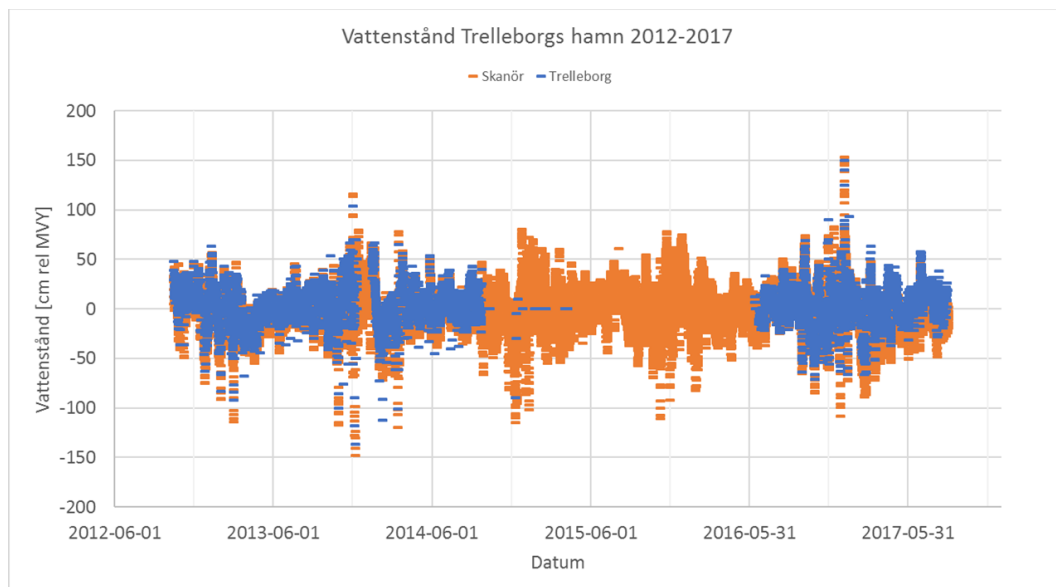
Karakteristiska högvatten beskrivs normalt genom att ange återkomsttid för olika högvatten. Återkomsttid misstolkas ofta som tiden mellan två händelser, detta är fel. Återkomsttiden är en beskrivning av sannolikhet, inte av tid. Se kapitel 1.1 för närmare beskrivning.

Sannolikheten för olika högvatten (återkomsttiden) beräknas genom statistisk analys av uppmätta vattenståndsdata. Den statistiska analysen blir aldrig bättre än kvaliteten på den underlagsdata som analyseras.

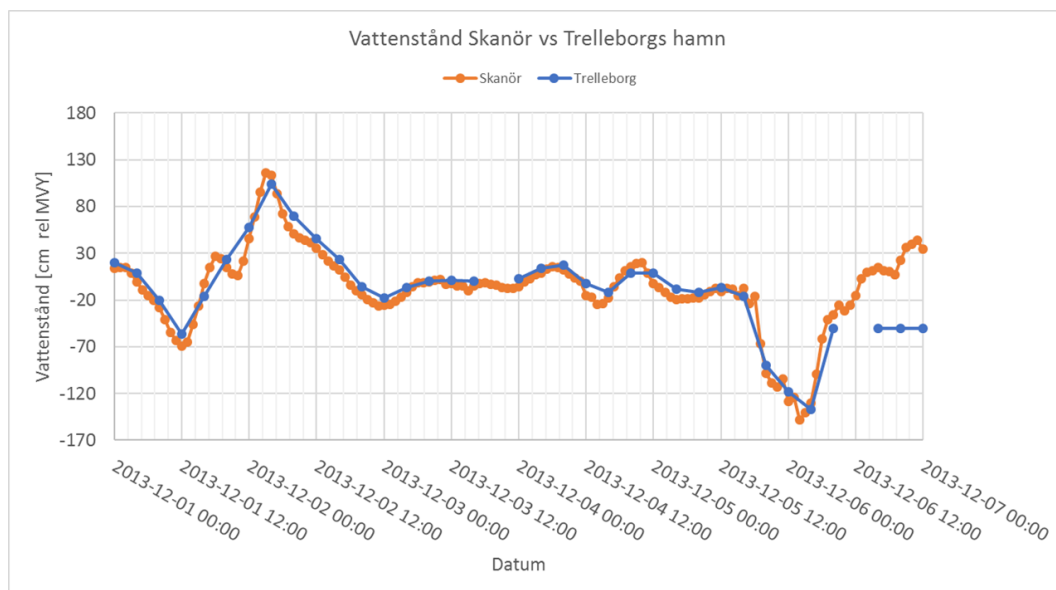
För denna studie har Sweco haft tillgång till mätdata från Trelleborgs hamn. Serien är kort, år 2012 till år 2017, och har stora luckor (figur 2.1). Serien är inte av sådan kvalitet att karakteristiska högvatten kan beräknas utifrån den. Det saknas därmed förutsättningar att göra statistiska analyser för förhållanden just vid Trelleborg. Däremot finns längre mätserier från närläggna Skanör, cirka 20 km väster om Trelleborgs hamn. Mätserien från Trelleborgs hamn kan jämföras med uppmätta värden från Skanör, och om överensstämmelsen är god kan det på goda grunder antas att de statistiska analyser som har gjorts för Skanör också är giltiga för Trelleborg.

I figur 2.1 ses uppmätt vattenstånd i Trelleborgs hamn (blå) och i Skanörs hamn (orange). Det finns två högvattensituationer som är intressanta att studera, 2013-12-02 och 207-01-04. Högvattnen visas i figur 2.2 och figur 2.3. Ur figurerna framgår att korrelationen

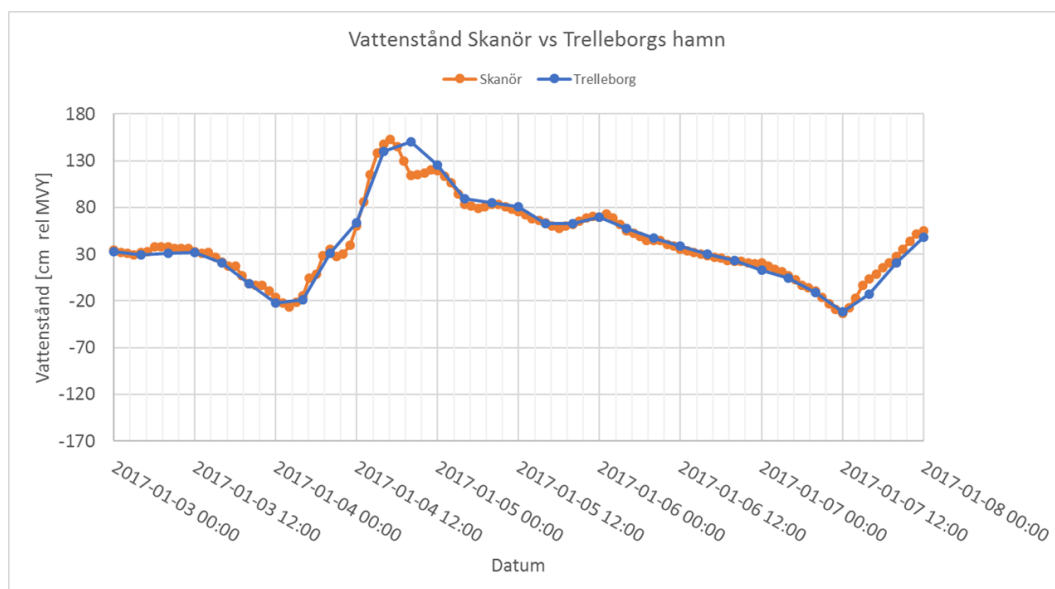
mellan de två stationerna är mycket god vid båda högvattensituationerna. Av detta dras slutsatsen att analysresultat för högvatten från Skanör är representativa för Trelleborg.



Figur 2.1 Vattenstånd i Skanör (orange) och Trelleborgs hamn (blå). Det finns två högvattensituationer som kan studeras närmare, december 2013 och januari 2017.



Figur 2.2 Vattenståndsnivåer i Skanör (orange) och Trelleborgs hamn (blå) vid högvattensituationen i december 2013. Vattenståndet vid de två mätstationerna följer varandra mycket väl.



Figur 2.3 Vattenståndsnivåer i Skanör (orange) och Trelleborgs hamn (blå) vid högvattensituationen i januari 2017. Vattenståndet vid de två mätstationerna följer varandra mycket väl.

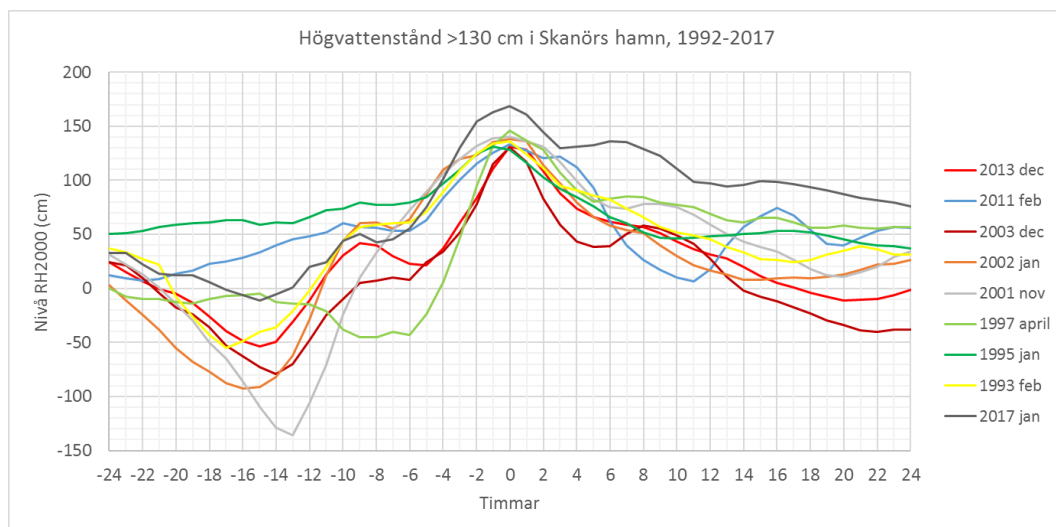
2.2.2 Normala högvatten

Med normala högvatten avses en högvattennivå som kan förväntas inträffa eller överträffas med något eller några års mellanrum. Högvattnet representerar ett högt men ingalunda extremt vattenstånd.

I figur 2.4 visas högvatten över +1,30 m (RH2000) för perioden 1992-jan 2017. Nio av 25 år i mätserien har uppvisat vattenstånd över +1,30 m (RH2000). Merparten ligger inom intervallet +1,30 till +1,40 m (RH2000). Om ett medeltoppvärde av dessa högvatten beräknas landar det på +1,39 m (RH2000). Om det högvatten som inträffade i januari 2017, och som var avsevärt högre än övriga, räknas bort blir medelvärdet +1,35 m (RH2000). Värdet +1,35 m (RH2000) utgör en god approximation av ett högvatten som kan förväntas inträffa med något eller några års mellanrum.

Tabell 2.4 Med normalhögvatten avses ett högvatten som kan förväntas inträffa eller överskridas med något eller några års mellanrum. Högvattnet är ovanligt men ingalunda extremt.

Typ av händelse	Vattenstånd
Normalhögvatten	+1,35 m (RH2000)



Figur 2.4 Hydrografer för högvattenstånd större än +130 cm för perioden 1992 – jan 2017. Hydrograferna är ritade så att maxvärdena sammanfaller och inkluderar vatten-nivåerna under 24 timmar på vardera sidan maxvärdet.

Figur 2.4 visar att högvattnen generellt sett är kortvariga. Ur tabell 2.5 kan utläsas den längsta tid som vattenståndet har legat över en given nivå. I samtliga fall är det högvattensituationen i januari 2017 som ger den längsta varaktigheten.

Tabell 2.5 Längsta sammanhängande varaktighet för olika högvattenstånd i Skanörs hamn. Data hämtad från timvärden för perioden 1992-jan 2017.

Vattenstånd (RH2000)	Längsta varaktighet över vattenstånd
+130 cm	5 timmar
+120 cm	12 timmar
+110 cm	13 timmar
+100 cm	14 timmar

2.2.3 100-årshögvatten

Från Skanör finns mycket djupgående statistiska högvattenanalyser (Fredriksson, Nader, Hanson, & Larson, 2016). I studien har författarna korrelerat data från Skanör mot data från Klagshamn och Ystad för att skapa en så lång dataserie av tillförlitliga data som möjligt. Statistisk analys har utförts på dataserien vilket har givit värden enligt tabell 2.6. I tabellen visas 100-årshögvatten relativt medelvattenytan (MVY) och relativt RH2000. Högvattnen förväntas inte i sig bli högre i framtiden, men i och med framtidens högvatten utgår från en högre medelvattennivå än dagens kommer framtidens högvatten att nå högre upp på land.

Tabell 2.6 Tabellen beskriver 100-årshögvattnet, dels som en avvikelse från medelvattenytan (MVY) dels som en absolutnivå relativt RH2000 vid en given tidpunkt i framtiden. Anledningen till att 100-årshögvattnet når en högre och högre absolutnivå är att medelvattenytan stiger och att avvikelsen därmed sker från en högre nivå.

	Avvikelse relativt MVY	Avvikelse relativt RH2000		
		År 2015	År 2065	År 2100
MVY	-	+0,15 m	+0,63 m	+1,13 m
100-årshögvatten	+1,65 (1,52 - 1,79) m	+1,80 m	+2,29 m	+2,79 m

Vid tillämpning av det beräknade 100-årshögvattnet påminns om vikten av att beakta den ackumulerade sannolikheten (se kapitel 1.1 för närmare beskrivning av ackumulerad sannolikhet). I tabell 2.7 visas den ackumulerade sannolikheten att ett 100-årshögvatten inträffar någon gång under en 1-, 5-, 15-, 25-, 50- och 100-årsperiod. Ju längre tidsperiod som studeras desto större blir sannolikheten att händelsen inträffar.

Tabell 2.7 Tabellen beskriver den ackumulerade sannolikheten att ett 100-årshögvatten inträffar minst en gång under den studerade tidsperioden.

Tidsperiod [år]	1	5	15	25	50	100
Ackumulerad sannolikhet	1%	5%	14%	22%	39%	63%

2.2.4 Extremhögvatten

I januari 2017 uppmättes det högsta vattenståndet i Klagshamn sedan tillförlitliga mätningar påbörjades på 1960-talet. Även i Skanör registrerades det högsta vattenståndet sedan mätningar påbörjades där 1992. Det finns starkt fog för att säga att den vattennivå som rådde 2017-01-04 var den högsta som har rått längs den svenska kusten i sydvästra Östersjön den senaste 60 år, sannolikt ännu längre. Vid denna händelse nådde vattnet i Skanör en nivå av cirka 1,55 m över medelvattenståndet, eller nästan +1,7 m (RH2000).

Trots att händelsen från januari 2017 är det högsta uppmätta vattenstånd som finnas att tillgå så finns historiska källor kring värre högvatten. År 1872 drabbades sydvästra Östersjön av ett mycket extremt högvatten som gavs namnet Backafloden. Från Falsterbonäset finns ögonvittnesskildringar av händelsen, och i Skanör restes en minnessten av hur högt vattnet hade stigit. Läget för denna sten har använts för att uppskatta hur högt vattennivån steg på Falsterbonäset, och därmed sannolikt även i Trelleborg, under Backafloden. Det har beräknats att om Backafloden skulle inträffa i dagens klimat skulle en vattennivå av omkring +2,35 m (RH2000) kunna förväntas (tabell 2.8). Detta är alltså mer än 0,6 m högre än det högsta vattenstånd som har uppmätts sedan tillförlitliga mätningar påbörjades på 1960-talet och mer än 0,5 m högre än det beräknade 100-årshögvattnet. Backafloden är en mycket extrem och ovanlig händelse.

Enligt ögonvittnesskildringar var Backafloden en snabbt övergående händelse, med en varaktighet av endast någon eller några timmar. Det antas här att högvattnet varade i sex timmar, vilket är konservativt baserat på ögonvittnesskildringarna. Sex timmar av de 145 år som har gått sedan 1872 utgör cirka 0,0005% av tiden. Det vill säga att 99,9995% av tiden har vattennivåerna varit lägre än under Backafloden. Om de 145 år som har gått sedan Backafloden inträffade symboliseras av ett dygn med 24 timmar är den motsvarande tiden som vattennivån har varit den av Backafloden mindre än en halv sekund.

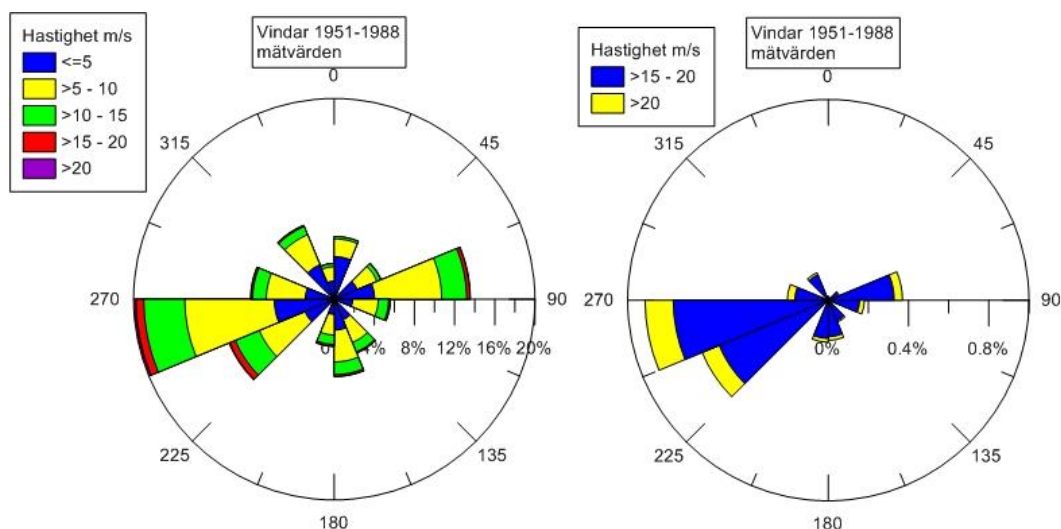
Beskrivningen av tid är en grov statistisk förenkling, men den visar ändå hur kortvariga och ovanliga dessa extrema högvatten är. Fasta skydd som byggs för att skydda mot dem kommer däremot att finnas där 100% av tiden. Om skydd ska byggas för att klara av dessa extrema högvatten är det viktigt att den nytta som uppstår under den halva sekund som skyddet är fullt ut aktivt överväger de eventuella olägenheter som kan uppstå under övriga 23 timmar 59 minuter och 59,5 sekunder. Tillfällig evakuering av riskutsatta områden kan vara ett alternativt sätt att skydda människor från skada vid extrema högvatten.

Tabell 2.8 *Förväntade vattenstånd för Backafloden i dagens klimat, år 2065 och år 2100. Backafloden är en mycket extrem händelse.*

	Avvikelse relativt RH2000		
	År 2015	År 2065	År 2100
Backafloden	+2.35 m	+2,85 m	+3,35 m

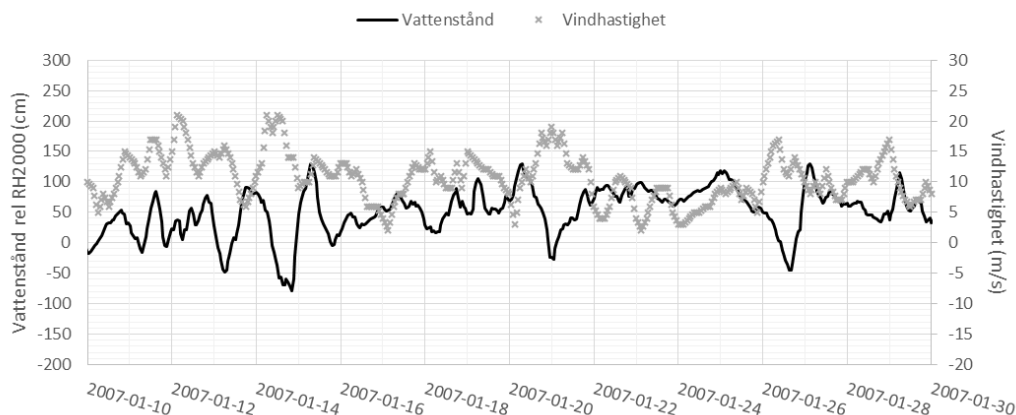
3 Vindar, högvatten och vågor

I figur 3.1 visas vinddata från Smygehuk mellan 1951-1988. Det framgår att den förhärskande vindriktningen är västlig, både vid normala vindar och vid kraftigare vindar.



Figur 3.1 Vinddata från Smygehuk. T.v. visas all data, t.h. visas vindar >15 m/s.

Det är i Trelleborg ovanligt med kraftig vind och högvatten samtidigt. Detta beror på att kraftiga vindar huvudsakligen blåser från väst, och att vattnet i sydvästra Östersjön då pressas österut och norrut. På grund av en trång passage i södra Öresund sker tillrinningen från Öresund långsamt, vilket leder till att vattenytan i sydvästra Östersjön sänks vid kraftig västlig vind. När vinden avtar rinner den vattenmassa som pressats österut tillbaka västerut och skapar högvatten. Eftersom högvattnet hänger samman med att vinden avtar är det ovanligt med större vågor samtidigt som högvattnet. I figur 3.2, som visar vattennivå och vindstyrka vid ett antal högvatten vid Skanör, ses flera exempel på hur vattennivån är låg när vindstyrkan är hög.



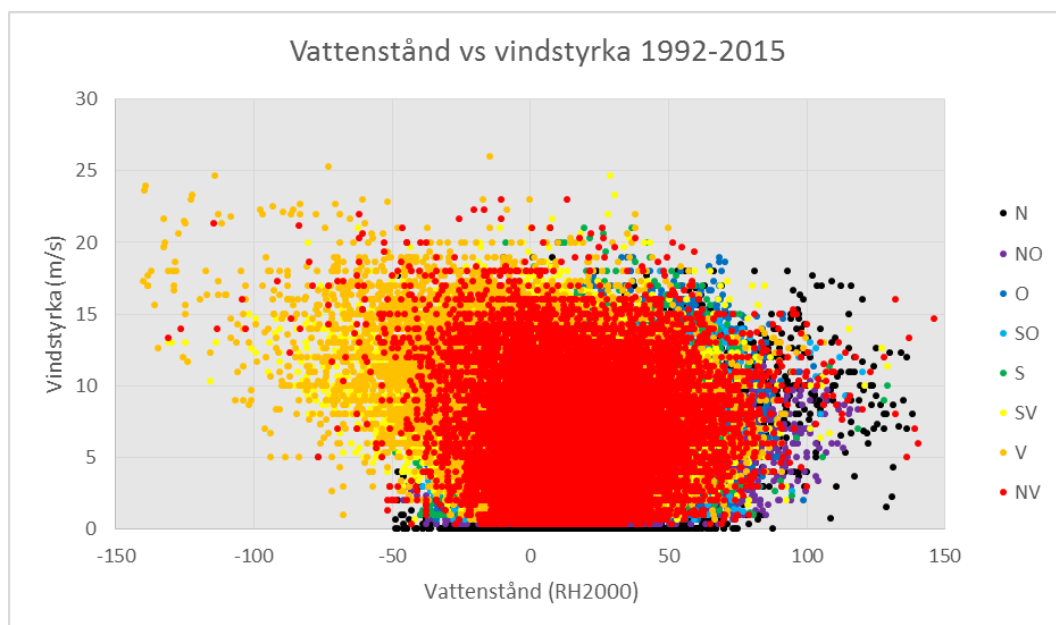
Figur 3.2 Vindhastighet och vattenstånd plottat tillsammans. Högvatten inträffar ofta efter att vindhastigheten avtar.

I tabell 3.1 visas en matris över hur ofta högvatten och hård vind har inträffat samtidigt under perioden 1992 – 2015 i Skanör-Falsterbo. Det framgår tydligt att hårda vindar normalt sett inte sammanfaller med höga vattenstånd.

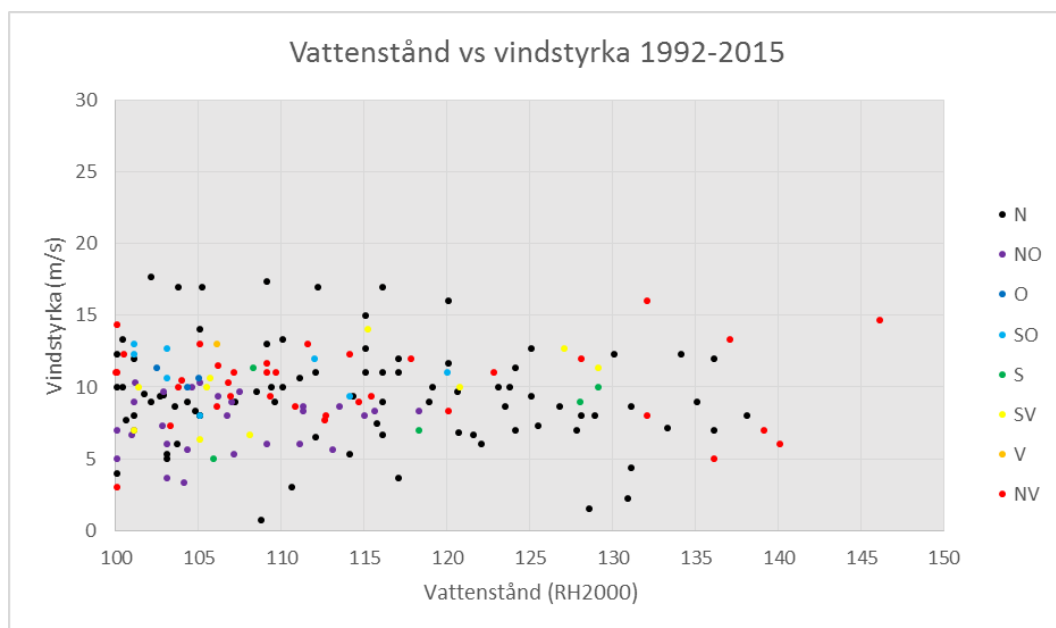
Tabell 3.1 Matris som visar hur stor andel av högvattnet över en given nivå där det också har blåst över en given hastighet. Gäller för Falsterbonäset och bygger på värden för perioden 1992-2015. Matrisen visar att det är mycket ovanligt med högvatten och kraftig vind samtidigt.

Vattenstånd (RH200)	Vindhastighet		
	Över 10 m/s	Över 15 m/s	Över 20 m/s
Över +110 cm	31 st / 36%	4 st / 5%	0 st / 0%
Över +120 cm	14 st / 32%	2 st / 5%	0 st / 0%
Över +130 cm	6 st / 35%	1 st / 6%	0 st / 0%

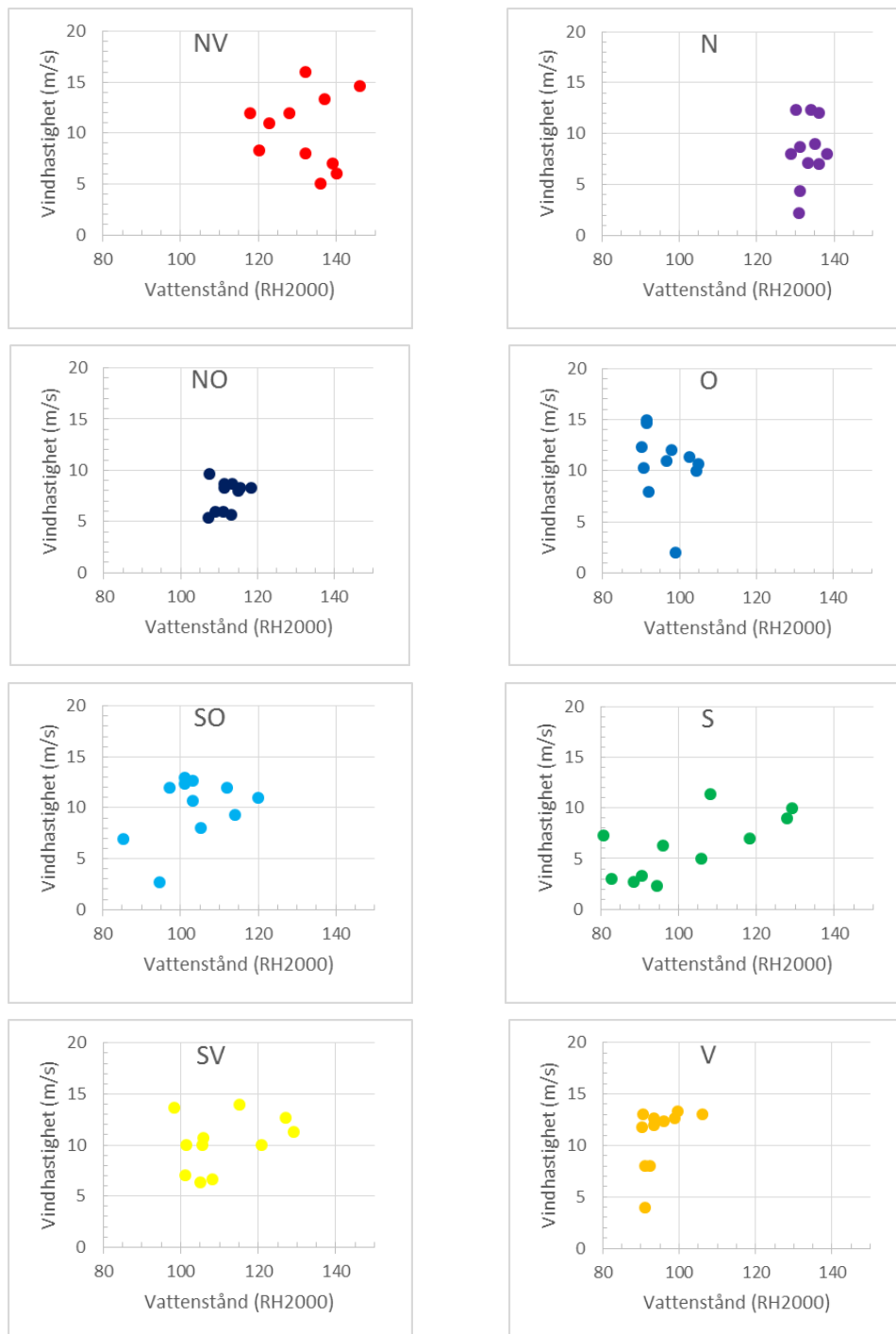
I figur 3.3 plottas vindhastighet mot vattenstånd för att se hur de två samvarierar. I figuren görs även en uppdelning på vindriktning för att se samband mellan vindriktning/vindstyrka /vattenstånd. I figur 3.4 har skalan i figuren ändrats så att bara vattenstånd över 1 m visas för att tydligare studera högvatten. Figuren visar att högvatten över 1 m har inträffat vid samtliga vindriktningar, men att högvatten över +1,3 m (RH2000) bara har inträffat vid N och NV vind under den studerade perioden. I figur 3.5 visas de 10 högsta vattenstånden för varje vindriktning. Den samlade bilden av analysen är att högvatten normalt sett inte sammanfaller med kraftig vind, och i den mån vind förekommer finns en tydlig övervikt mot N eller NV vind för de högsta högvattnen. För Trelleborgs del innebär detta att höga vågor sannolikt inte kommer att sammanfalla med höga vattenstånd, och i den mån vågor förekommer så kommer de sannolikt att röra sig mot ost eller mot syd, bort från Trelleborg. Resultaten ska dock tolkas med försiktighet då den studerade perioden är kort (1992-2015), och det har varit en förhållandevis lugn period avseende vind.



Figur 3.3 Figuren visar sambandet mellan vattenstånd på x-axeln och vindstyrka vid samma tillfälle på y-axeln. Vid högre vattenstånd dominerar N och NV vindar.

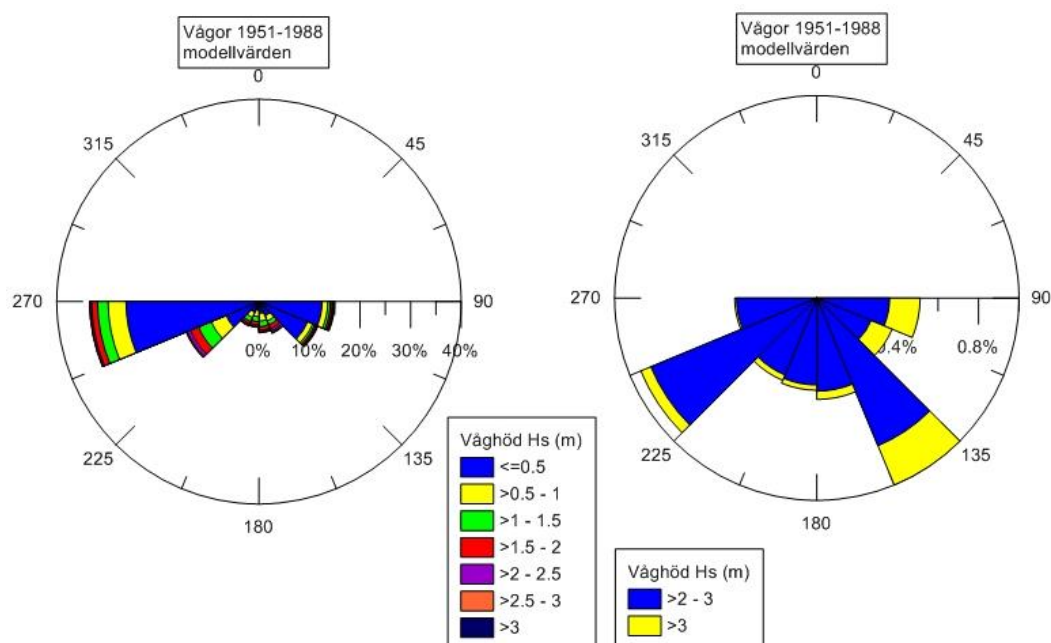


Figur 3.4 Figuren visar sambandet mellan vattenstånd på x-axeln och vindstyrka vid samma tillfälle på y-axeln. X-axeln är skuren vid vattenstånd 100 cm för att lättare studera högvattensituationer. Vid vattenstånd >130 cm har endast N eller NV vindar förekommit under mätperioden.



Figur 3.5 De 10 högsta vattenstånden för respektive riktning plottade mot vindhastigheten vid samma tillfälle. N och NV vindar dominerar vid höga vattenstånd.

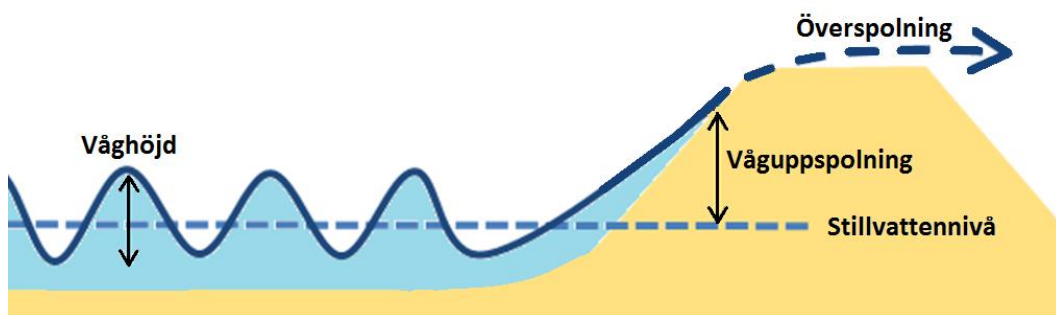
Även om sannolikheten för högvatten och vågor är liten kan den inte helt uteslutas. Doktorander vid Lunds tekniska högskola har använt vinddata från Smygehuk, tillsammans med data från andra mätstationer, för att översiktligt modellera vågklimatet i södra Östersjön (Almström, personlig kontakt). Resultaten av dessa visas i figur 3.6. Figuren visar att vågor vanligtvis faller in från väst, att vågor >2 m kan falla in från samtliga riktningar i intervallet V-S-O (men är vanligast från SV eller SO) och att vågor >3 m är vanligast från SO. "Vanligast" är i sammanhanget en relativ term, eftersom figuren visar att den endast handlar om tiondelar av procent av tiden som så stora vågor faller in.



Figur 3.6 Resultat från översiktlig vågmodellering som visar att vågor huvudsakligen faller in från väst, men att de högsta vågorna (>3 m) oftast faller in från sydost. Observera att dessa vågor endast råder under en mycket liten andel av tiden.

Figur 3.6 visar att höga vågor kan bildas. Vågor med en våghöjd av >3 m kommer sannolikt inte att nå land eftersom de begränsas av minskande vattendjupet i takt med att de rör sig in mot land. Generellt används tumregeln att vågor begränsas till 78% av vattendjupet. Figur 3.6 är värdefull eftersom den visar att tillräckligt stora vågor kan byggas upp för att det ska kunna antas att vågorna inne vid kusten är djupbegränsade. Med kännedom om marknivån där skydd planeras och vilken stillvattennivå som undersöks kan vattendjupet vid skyddets fot uppskattas, och därmed även den potentiella våghöjden. Det understryks att detta är förenklingar och att närmare undersökningar kommer att behöva göras.

När vågen träffar skyddet kan den spolas upp enligt figur 3.7. Om vågorna spolas tillräckligt högt kan en del av vattenvolymen skölja över skyddet. Detta kallas för vågöverspolning och kan leda till både översvämning och skada på skyddet. I extrema fall kan vågöverspolning leda till brott i skyddet.



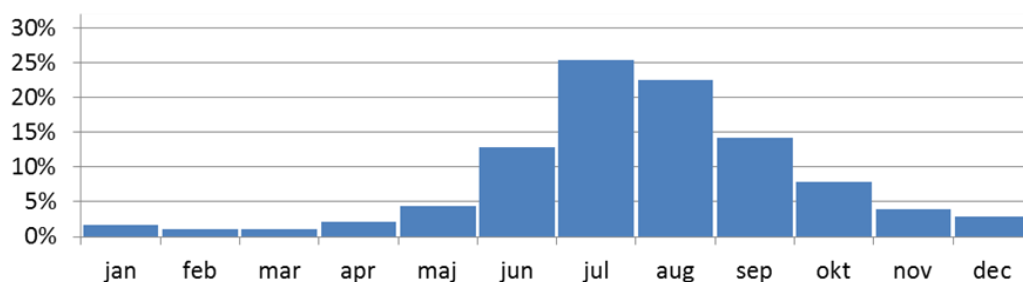
Figur 3.7 Figuren beskriver våghöjd, uppspolning, överspolning samt stillvattenyta

Marknivån är generellt sett lägre närmare kusten än längre inåt land. Vid en given högvattennivå kommer vattendjupet framför skydd som står på låglänt mark nära kusten att vara större än vattendjupet vid samma skydd som står längre inåt land. Ett större vattendjup medger större vågor vilket betyder ökad risk för överspolning när skyddet står närmare kusten. Ett och samma skydd kommer vid en och samma storm att utsättas för större risk om det står nära kusten än om det står längre ifrån.

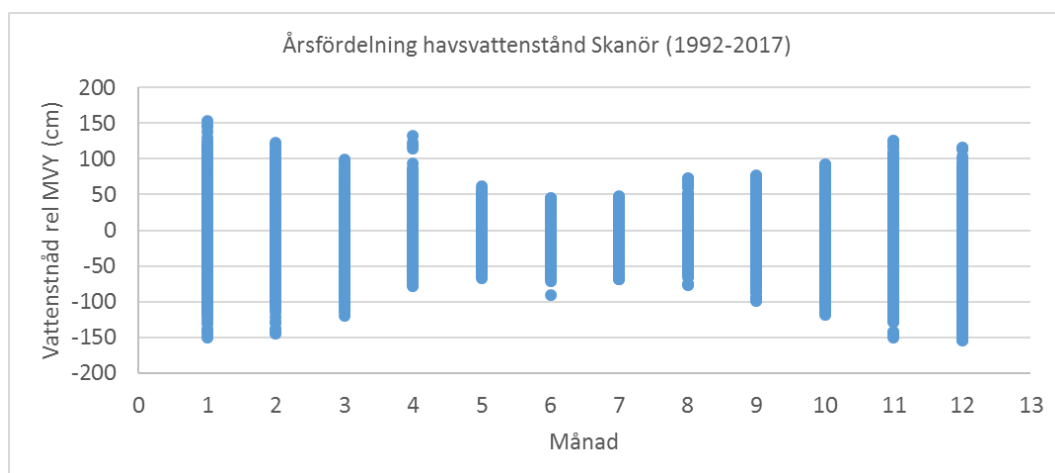
4 Högvatten och skyfall

SMHI har gjort en sammanställning över när på året som årets kraftigaste dygnsnederbörd har inträffat i Sverige (figur 4.1). Sammanställningen visar att den kraftigaste dygnsnederbörden i huvudsak inträffar i juni till september (SMHI, 2016). Det beror på att kraftiga skyfall ofta uppstår när det finns varm och fuktig luft.

Figur 4.2 visar de intervall inom vilka vattenståndet har varierat i Skanör för perioden 1992-2017. Det framgår tydligt att högvattnen är högst under vinterhalvåret, alltså det omvända förhållandet jämfört med skyfall. Sannolikheten att ett kraftigt högvatten och kraftig nederbörd skulle sammanfalla är mycket liten i dagens klimat. På lång sikt kommer dock stigande havsmedelnivå att leda till att även mindre högvatten orsakar svårigheter för dagvattennätet att avvattna till havet utan pumpning. Hur och när dagvattennätet behöver åtgärdas för att hantera en stigande havsmedelnivå ligger utanför denna rapport att undersöka. Sweco arbetar parallellt med föreliggande utredning om översvämning från havet med en skyfallsanalys i vilken riskområden kopplade till skyfall undersöks. Arbetet är planerat att vara klart under början av 2018. I arbetet kommer effekten av de marknivåförändringar som beskrivs i kapitel 8 att analyseras ur ett ytavrinningsperspektiv.



Figur 4.1 Beskrivning av vilken månad som årets största dygnsnederbörd har inträffat för perioden 1961 -2011 (SMHI, 2016).



Figur 4.2 Maximala månadsvärden för mätstationen Skanör för perioden 1992 till och med 2015.

5 Riskområden

Områden som är riskutsatta med avseende på havsöversvämning har kartlagts genom så kallad *tidsberoende tröskelanalys*.

Att analysen är tidsberoende (statisk) innebär att hänsyn inte tas till om högvatten varar tillräckligt länge för att hinna svämma över de områden som pekas ut. En statisk analys är konservativ, men denna typ av konservativa antaganden lämpar sig väl i tidiga studier.

Vid tröskelanalys studeras inte bara om ett markområde ligger över eller under en given vattennivå i havet, analysen tar även hänsyn till om det finns en höjdrygg mellan området och havet. Genom tröskelanalys identifieras den lägsta havsnivå som krävs för att ett område ska översvämmas från havet. Tröskelanalysen presenteras för de fyra karakteristiska vattenstånd som beskrevs i kapitel 2.2; +1,85 m, +2,35 m, +2,85 m och +3,35 m (relativt RH2000). Som beskrevs i kapitel 2.2 kan dessa fyra havsvattenstånd användas för att beskriva nio olika scenarier över tre olika tidshorisonter, se tabell 5.1.

Tabell 5.1 Analyserade havsvattennivåer samt de händelser nivåerna antas motsvara.

	År 2015	År 2065	År 2100
"Normalhögvatten"	+1,35 m	+1,85 m	+2,35 m
100-årshögvatten	+1,85 m	+2,35 m	+2,85 m
Backafloden	+2,35 m	+2,85 m	+3,35 m

Tröskelanalysen beaktar inte vågor. Vågor kan genom vågöverspolning leda till översvämning även längs sträckor där det finns höjdryggar mellan hav och land. Vågor hanteras separat i kapitel 9.

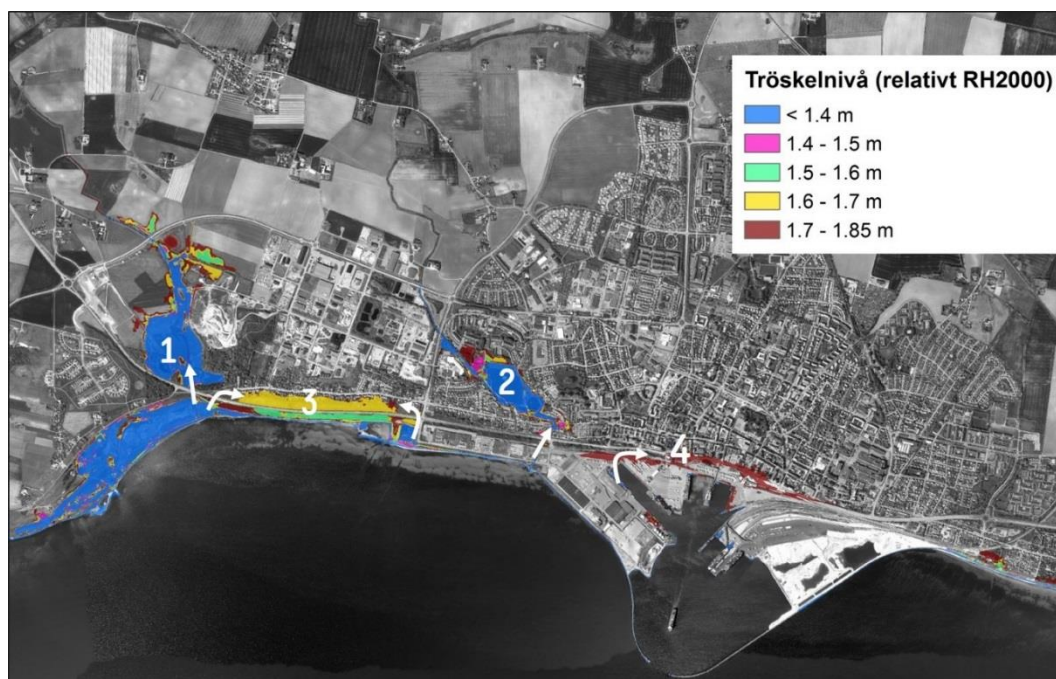
En stigande havsmedelnivå kommer på sikt leda till att grundvattenytan närmast kusten höjs. Höjda grundvattennivåer kan leda till skador vid bebyggelse som har källare. I denna studie har den framtida grundvattensituationen ej analyserats, men det rekommenderas att påverkan från stigande grundvattennivåer analyseras i kommande undersökningar.

Samtliga resultat nedan beskriver riskområden med avseende på havsvatten som rinner på ytan. I de punkter som dagvattennät mynnar i havet finns möjlighet för havsvatten att stiga via ledningsnätet in till låglänta områden. I dessa fall spelar det ingen roll om havsnivån har stigit över en tröskel eller ej, eftersom vatten ändå kan ta sig in till låglänta områden. Exempel på detta såg i januari 2017 då delar av Hamnvägen översvämmades även om inte havsnivån steg tillräckligt högt för att rinna över kajkanterna (Hans Lilja, muntlig uppgift). Som komplement till denna utredning finns ett behov av att utreda var det finns riskområden med avseende på stigning via ledningsnätet.

5.1 Havsnivå +1,85 m

I figur 5.1 (samt i Bilaga 1 – Riskområden) visas tröskelnivåer och inströmningsvägar vid havsnivåer upp till +1,85 m (RH2000). Nivån motsvarar ett 100-årshögvatten år 2017 eller ett "normalhögvatten" år 2065.

Vatten kan strömma in via Albäcksån (1) och Ståstorpsån (2) vid havsnivåer lägre än 1,4 m (blå färg). Mellan 1,6 – 1,7 m (gul färg) strömmar vatten via cykelunderfarter till ängen norr om E22 (3). Mellan 1,7 – 1,85 m (brun färg) strömmar vatten via Nyhamnen över Hamngatan och vidare mot centrum (4). Marknivån kring hamnen ligger nära +1,8-1,9 m (RH2000). Eftersom det bara är ett fåtal centimeter mellan havsnivå och marknivå, och båda siffrorna är behäftade med osäkerheter, bör en större andel av centrum än vad som visas i figur 5.1 anses vara riskutsatt vid vattennivåer kring +1,85. Dessutom ligger delar av Hamngatan på nivåer så låga som +1,2 m (RH2000), och riskerar att översvämmas via upptryckning i ledningsnätet. Alla områden i intervallet +1,85 – 2,0 m i figur 5.2 bör betraktas som riskområden vid 100-årshögvatten i dagens klimat.

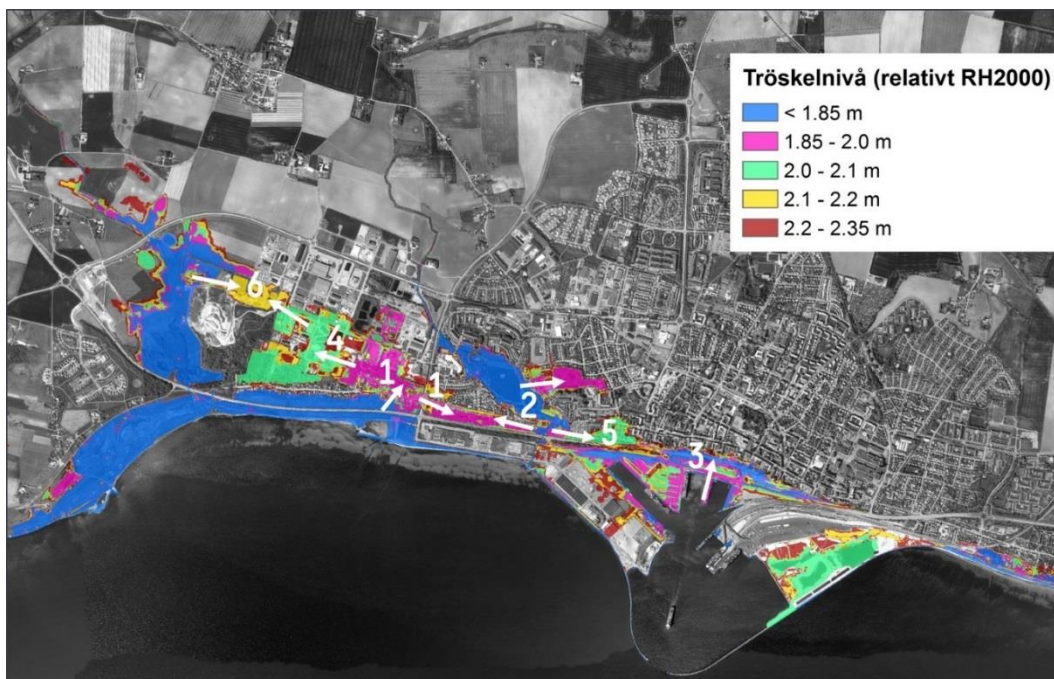


Figur 5.1 Tröskelnivåer vid havsvattenstånd +1,85 m (relativt RH2000). Inströmningsvägar visas med vita pilar. I Nyhamnen och längs Hamnvägen (4) ligger marknivån nära 1,9 m. Eftersom marginalen mellan studerad vattennivå +1,85 m och kringliggande mark är så liten måste en större andel av centrum betraktas som riskutsatt vid havsnivåer kring +1,85 m, se intervall 1,85 – 2,0 m i figur 5.2.

5.2 Havsnivå +2,35 m

I figur 5.2 (samt i Bilaga 1 – Riskområden) visas tröskelnivåer och strömningsvägar vid havsnivåer upp till +2,35 m. Nivån motsvarar Backafloden i dagens klimat, ett 100-årshögvatten år 2065 eller ett "normalhögvatten" år 2100. Flödesvägar vid vattennivåer lägre än +1,85 m beskrivs mer detaljerat i tidigare kapitel.

Vid vattennivåer mellan +1,85–2 m (rosa färg) strömmar vatten från ängen norr om E22 norrut till bebyggt område väster och öster om Västra Ringvägen (1). Vatten strömmar även in i bebyggda områden från Ståstorpsån (2). Vid samma nivåer strömmar vatten över kajkanter i hamnen och vidare över Hamngatan (3). Vid nivåer mellan +2–2,1 m (grön färg) strömmar vattnet i västra Trelleborg vidare västerut till bebyggda områden (4). Via Ståstorpsån strömmar vatten österut mot Västra Kyrkogården (5). Mellan +2,1–2,2 m översvämmas industriområdet och SYSAVs verksamhet i nordvästra Trelleborg, vatten kan nå området både från väster och från öster (6). Mellan +2,2–2,35 m ökar översvämningens utbredning inte nämnvärt, men vattendjupet inom redan tidigare översvämmade områden ökar.

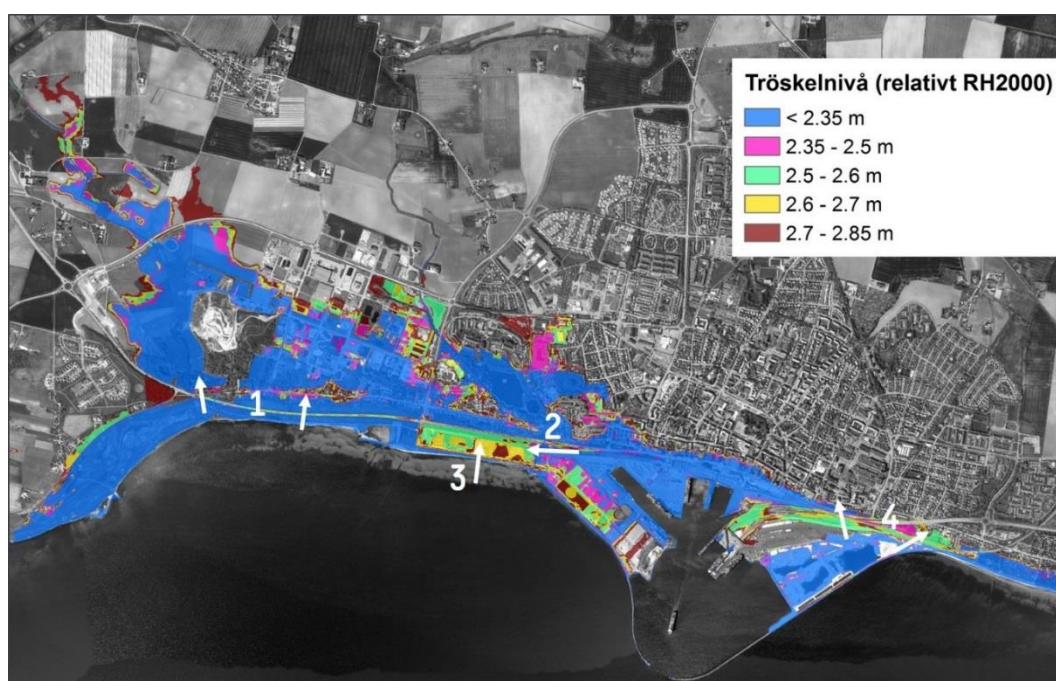


Figur 5.2 Tröskelnivåer vid havsvattenstånd +2,35 m (relativt RH2000). Strömningsvägar är visualiserade med vita pilar. Vid nivåer mellan 1,85 – 2 m strömmar vatten in i bebyggda områden från ängen norr om E22:an (1), från Ståstorpsån (2) samt in i centrum via hamnen (3). Mellan nivå 2 – 2,1 m översvämmas delar av västra tätorten (4) samt Västra Kyrkogården (5). Vid nivåer mellan 2,1 – 2,2 m översvämmas industriområdet i nordvästra Trelleborg från både öst och väst (6).

5.3 Havsnivå +2,85 m

I figur 5.3 (samt i Bilaga 1 – Riskområden) visas tröskelnivåer och strömningsvägar vid havsnivån +2,85 m. Nivån motsvarar Backafloden år 2065 samt ett 100-årshögvatten år 2100. Flödesvägar vid vattennivåer lägre än +2,35 m beskrivs mer detaljerat i tidigare kapitel.

Mellan +2,35–2,6 m ökar översvämningens utbredning inte mycket, däremot ökar djupet. Kring nivå +2,6 m (grön färg) strömmar vatten över E22:an (1). Mellan +2,5–2,6 m (grön färg) strömmar vatten in i industriområdet söder om E22 från öster (2). Mellan +2,6–2,7 m strömmar vatten även in i området från söder (3). Mellan +2,5–2,6 m (grön färg) strömmar vatten över järnvägen i de östra delarna av hamnområdet (4).

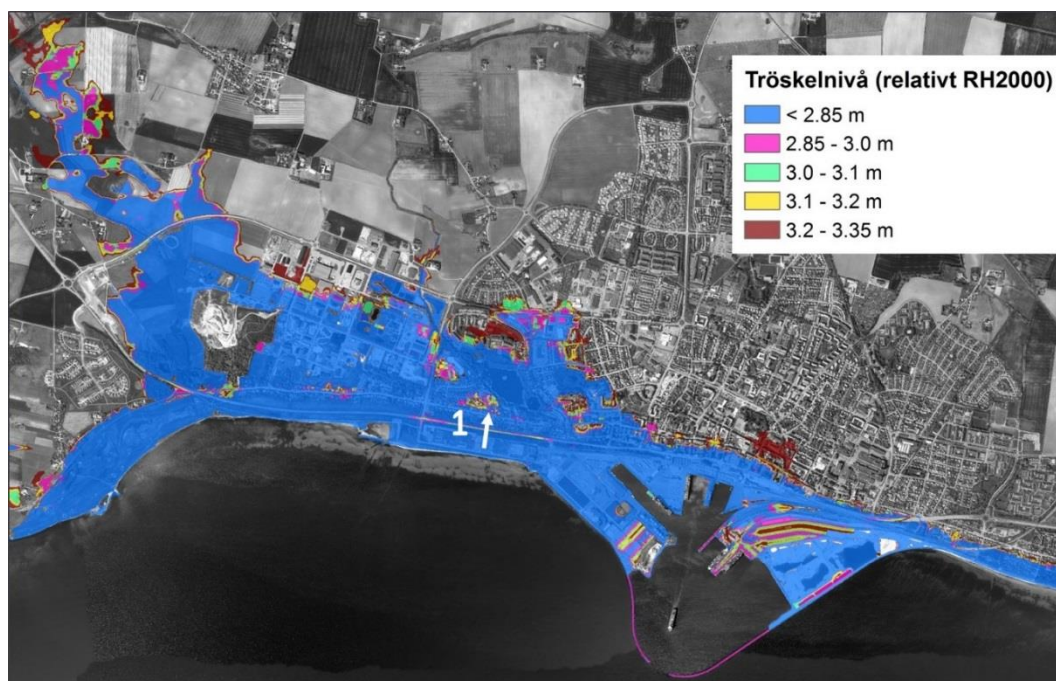


Figur 5.3 Tröskelnivåer vid havsvattenstånd +2,85 m (relativt RH2000). Strömningsvägar är visualiserade med vita pilar. Vid vattennivåer kring 2,6 m strömmar vatten över E22:an (1) samt in i industriområdet söder om E22:an från öster (2). Vid nivåer mellan 2,6 – 2,7 m strömmar även vatten in i industriområdet från söder (3). Mellan 2,5 – 2,6 strömmar vatten över järnvägen i de östra delarna av hamnområdet (4).

5.4 Havsnivå +3,35 m

I figur 5.4 (samt i Bilaga 1 – Riskområden) visas tröskelnivåer och strömningsvägar vid havsnivån +3,35 m. Nivån motsvarar Backafloden år 2100. Nivån är mycket extrem i dagens klimat. Flödesvägar vid vattennivåer lägre än +2,85 m beskrivs mer detaljerat i tidigare kapitel.

Mellan +2,85–3,35 m ökar översvämningens utbredning inte mycket, däremot ökar djupet. Vid nivåer mellan +3–3,1 m uppstår en ny flödesväg då vatten kan strömma över E22:an mellan Västra Ringvägen och infarten till Travemündeallén (1).



Figur 5.4 Tröskelnivåer vid havsvattenstånd +3,35 m (relativt RH2000). Strömningsväg är visualiserad med vit pil. Vid nivåer mellan 3 – 3,1 m uppstår en ny flödesväg då vatten kan strömma över E22:an mellan Västra Ringvägen och infarten till Travemündeallén.

6 Konsekvenser

Baserat på de riskområden som presenteras i kapitel 5 har konsekvenser i form av påverkad bebyggelse kartlagts. Kartläggningen har genomförts genom överlagringsanalys mellan de lager som representerar översvämningsutbredning för respektive havsnivå och byggnader från Lantmäteriets fastighetskarta.

I tabell 6.1 visas en sammanställning över antalet påverkade byggnader indelade efter typ av byggnad. Längst ner i tabellen har totala antalet påverkade byggnader summerats.

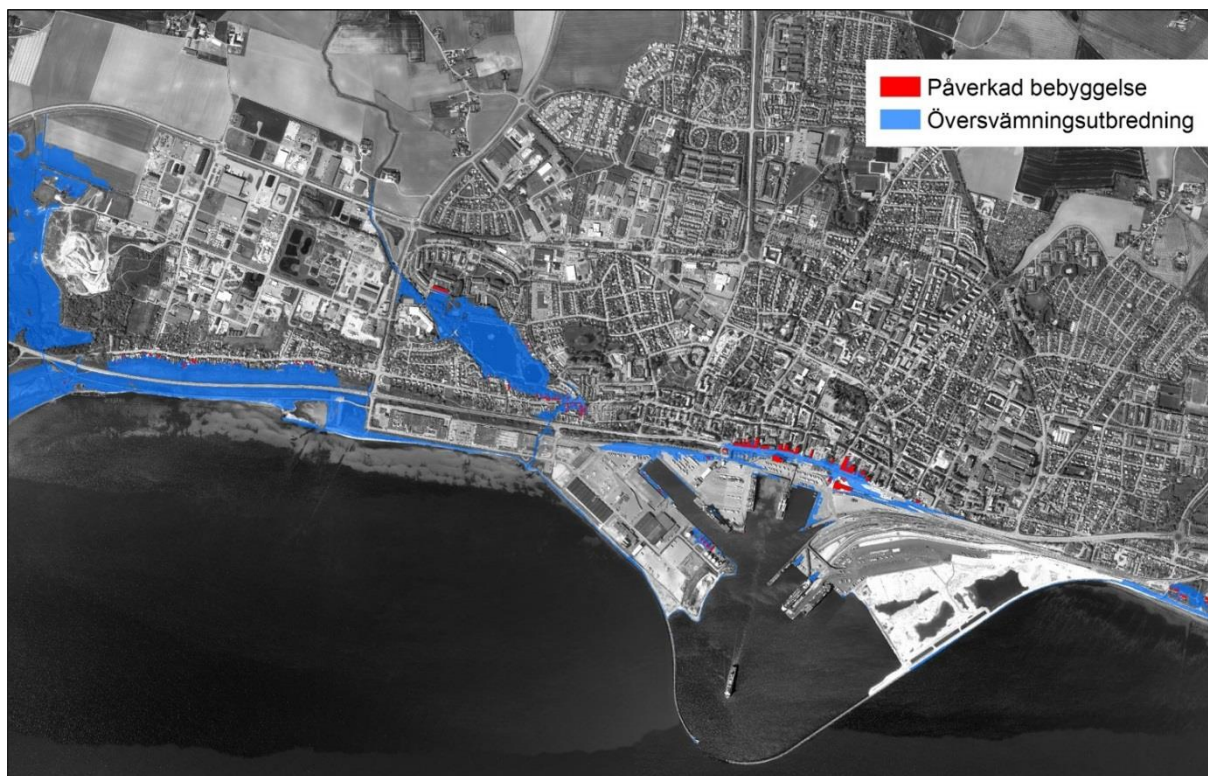
Tabell 6.1 Sammanställning av antalet påverkade byggnader vid respektive havsnivå.

Typ av byggnad	+1,85 m	+2,35 m	+2,85 m	+3,35 m
Bostad	51	392	637	877
Komplementbyggnad	169	853	1205	1485
Industri	1	67	96	116
Samhällsfunktion	4	31	42	54
Verksamhet	5	27	50	67
Övriga byggnader	1	13	27	36
Summa	231	1383	2057	2635

I kapitel 6.1 till 6.4 visualiseras översvämningsutbredning och påverkad bebyggelse.

6.1 Havsnivå +1,85 m

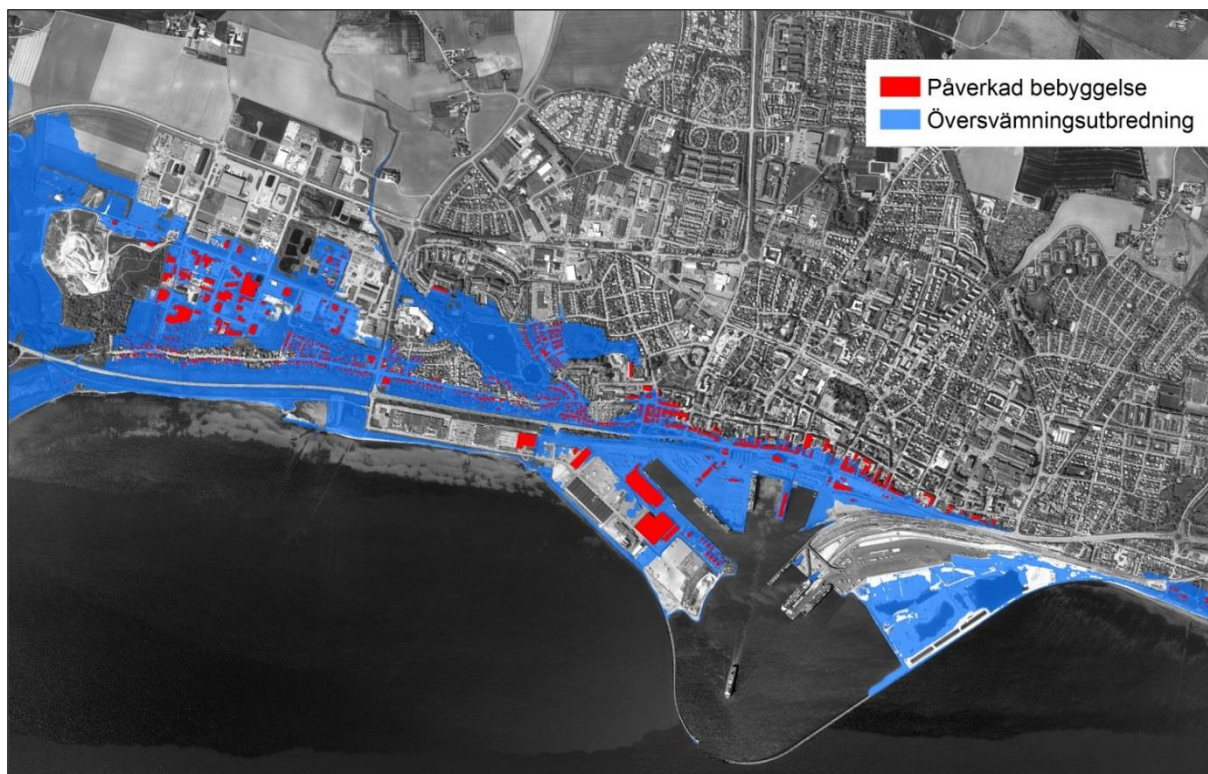
Vid havsnivå +1,85 m riskerar 231 byggnader att översvämmas. Av dessa utgör 51 bostadshus. I figur 6.1 (samt i Bilaga 2 – Konsekvenser) visas översvämningsutbredning i blått och påverkad bebyggelse i rött. Merparten av påverkad bebyggelse ligger i centrala Trelleborg.



Figur 6.1 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +1,85 m (relativt RH2000) visas i blått. Påverkade byggnader är markerade i rött.

6.2 Havsnivå +2,35 m

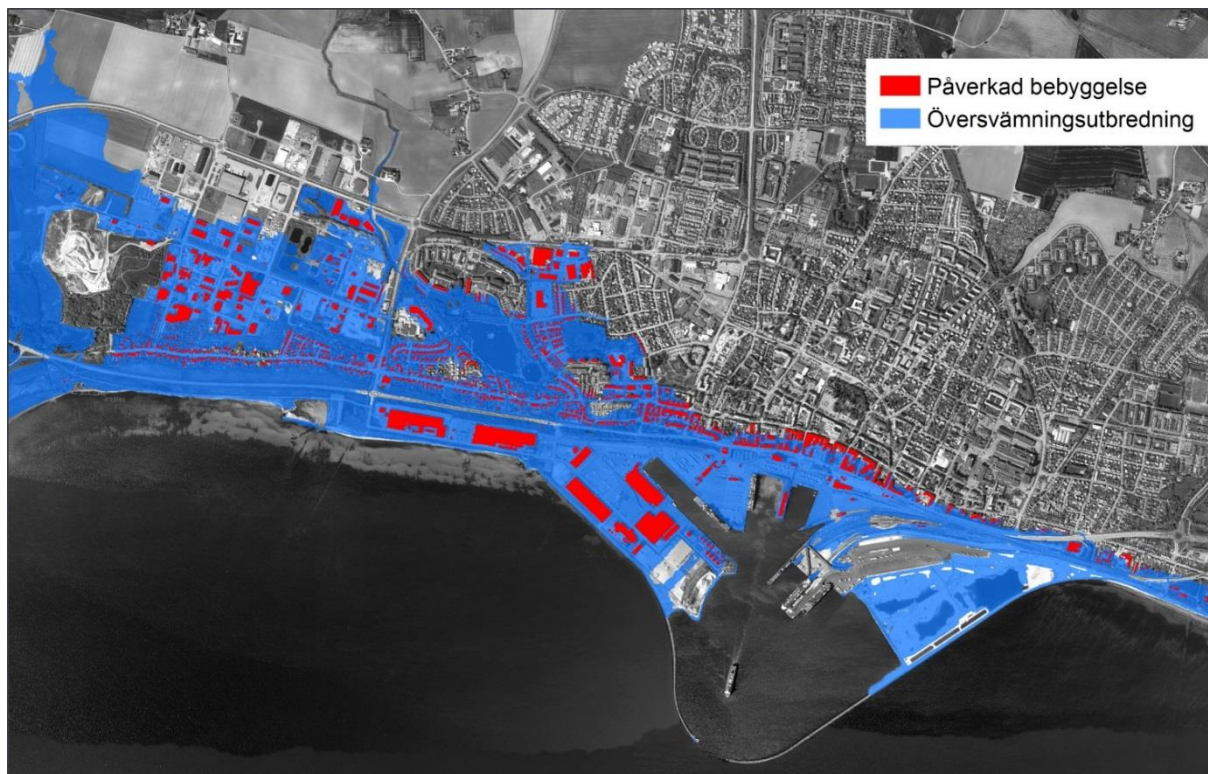
Vid havsnivå +2,35 m riskerar 1383 byggnader att översvämmas. Av dessa utgör 392 bostadshus. I figur 6.2 (samt i Bilaga 2 – Konsekvenser) visas översvämningsutbredning i blått och påverkad bebyggelse i rött.



Figur 6.2 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Påverkade byggnader är markerade i rött.

6.3 Havsnivå +2,85 m

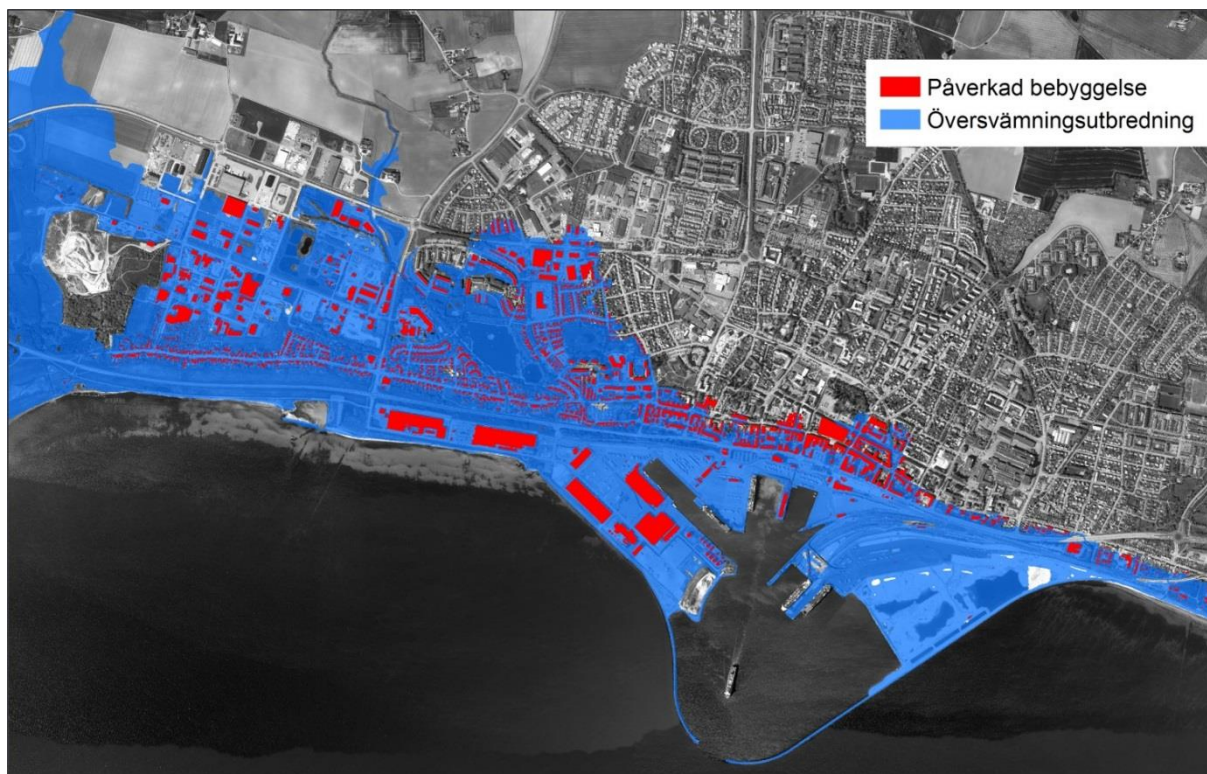
Vid havsnivå +2,85 m riskerar 2057 byggnader att översvämmas. Av dessa utgör 637 bostadshus. I figur 6.3 (samt i Bilaga 2 – Konsekvenser) visas översvämningsutbredning i blått och påverkad bebyggelse i rött.



Figur 6.3 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,85 m (relativt RH2000) visas i blått. Påverkade byggnader är markerade i rött.

6.4 Havsnivå +3,35 m

Vid havsnivå +3,35 m riskerar 2635 byggnader att översvämmas. Av dessa utgör 877 bostadshus. I figur 6.4 (samt i Bilaga 2 – Konsekvenser) visas översvämningsutbredning i blått och påverkad bebyggelse i rött.



Figur 6.4 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +3,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Påverkade byggnader är markerade i rött.

7 Övergripande åtgärdsstrategier

Åtgärder för att hantera hög havsnivåer kan delas in i fem övergripande strategier:

- Ingen åtgärd
- Reträtt
- Försvar
- Anpassning
- Attack.

Vilken strategi som än tillämpas bör det alltid finnas en förståelse för hur ett område kan evakueras, om värre situationer än vad som antagits vid dimensionering skulle uppstå.

7.1 Ingen åtgärd

Det kan verka märkligt med en strategi som bygger på att inte vidta åtgärder, men om konsekvenserna av en översvämning är små, eller om det är billigare att betala för eventuella skador vid en översvämning än att förhindra dem, är det samhällsekonomiskt mer lönsamt att inte vidta åtgärder.

Viktigt med strategin är att risken för och konsekvenserna av översvämning noga analyserats för att få ett korrekt beslutsunderlag. Det är även viktigt med information till aktörer som befinner sig inom översvämningskänsliga områden att de befinner sig inom ett sådant område och att inga skyddsåtgärder kommer att vidtas.

7.2 Reträtt

Reträtt innebär att värdeobjekt (bebyggelse, verksamheter, infrastruktur, med mera) flyttas från områden med högre risk för översvämning till områden med lägre risk. En uppenbar fördel är att risken minskas, men kostnaden av att flytta sammanhängande tätortsbebyggelse kan vara mycket hög. Strategin lämpar sig bättre för mindre områden med få värdeobjekt än för tätortsmiljöer.

7.3 Försvar

Den vanligaste strategin för åtgärder mot högvatten är åtgärder som förhindrar vattnet att översvämma ett område, den så kallade försvarsstrategin. Åtgärder kan antingen vara passiva eller aktiva skydd. Med passiva skydd menas skydd såsom vallar, murar etcetera, som alltid finns på plats och skyddar mot högvatten. Med aktiva skydd menas portar eller andra skyddsanordningar som uppförs i samband med att en högvattensituation förväntas uppstå. Fördelen med de passiva skydden är att man inte behöver förlita sig på prognossystem, tekniska system eller människor för att skyddet ska fungera. Fördelen med de aktiva skydden är att den permanenta påverkan på tillgänglighet och landskapsbild är mindre. Nedan beskrivs exempel på åtgärder som ingår i försvarsstrategin.



Permanent vall – Utförs ofta i jord eller likande material. Dimensionering medför vanligtvis att viss överspolning kan ske, vilket behöver beaktas genom exempelvis ett dräneringssystem. Vallen kan kombineras med en gång-/cykelväg för att främja rekreation och motverka barriäreffekten av vallen. Utrymme måste lämnas runt vallen för att möjliggöra anpassning till framtida högre vattennivåer.



Temporära skydd – Det finns en rad olika alternativ, men alla har principen att de byggs upp först när det förväntas ett högvatten. Åtgärds-kategorin kräver ett varningssystem och en god beredskap hos kommunen. Många av dessa skydd är framtagna för inlandsöversvämningar. Därför är det viktigt att säkerställa att skydden går att montera i full storm.



Mur – En mur kan utformas på många olika sätt. En fördel är att de tar liten yta i anspråk, men en nackdel är att de försämrar tillgängligheten till vattnet. Beroende på höjd av murarna kan de även skapa en barriäreffekt. Murar är bäst lämpade i miljöer där endast mindre vågor förväntas då det är dyrt att konstruera en mur som kan motstå stora vågkrafter.



Sanddynner – Antingen kan befintliga sanddynner nyttjas som skydd eller så kan nya tillskapas genom att sand tillförs stranden och sanddynerna byggs upp maskinellt initialt. I det initiala skedet behöver vegetation planteras på sanddynerna. För att metoden ska vara framgångsrik måste det finnas rimliga naturliga förutsättningar för sanddynner, annars kommer erosionen att vara kraftig.



Barriärer – kan utformas på många olika sätt, men har grundprincipen att slussportar stängs när vattennivån förväntas stiga över en viss nivå. Fördelen är att långa sträckor innanför barriären slipper åtgärdas. Metoden är lämplig vid hamninlopp där fartygstrafik måste tillåtas att passera barriären vid normala förhållanden.

Om försvarsstrategin implementeras kan det inte en falsk trygghetskänsla hos de som befinner sig bakom skydden att de är fullt ut skyddad mot översvämningar. I realiteten

finns alltid en risk att något värre än den dimensionerade händelsen inträffar. God dimensionering innebär ofta att man medvetet accepterar en viss risk, eftersom skydden annars blir orimligt dyra, höga och störande. Kopplat till försvarsstrategin bör det därför finnas en information till skyddade områden hur de ska agera vid tillfällen då skyddet är otillräckligt.

7.4 Anpassning

Med anpassningsstrategin hindras inte havet från att svämma över ett område utan området anpassas så att och skador undviks. Anpassningen kan ske på flera sätt. Byggnader kan konstrueras vattentäta eller för att tillfälligt tåla översvämningar, höjas upp eller till och med konstrueras flytande. Markplan kan utformas så att känsliga verksamheter inte förläggs där, och känsliga objekt kan utformas så att de lätt kan flyttas om en hotbild uppstår. Ytterligheten av detta är fullständig evakuering innan översvämningen sker för att undvika risk för skada på person. Anpassningen av byggnader bör inte bara omfatta själva byggnaden utan även möjligheten att ta sig till och från byggnaden på ett säkert sätt. Ytterligare en anpassning kan handla om att området utformas så att det snabbt återhämtar sig efter översvämning, exempelvis genom att säkerställa att inte distributionsnät för el, värme, information och liknande skadas. I figur 7.1 visas exempel på hur bebyggelse har anpassats till att ligga inom riskområde för översvämning.



Figur 7.1 Exempel på översvämninganpassning. Till vänster upphöjd byggnad och till höger byggnad där bottenvåningen kan stängas och en upphöjd gångväg finns en våning upp.

7.5 Attack

Attack bygger på att skydda befintlig bebyggelse genom att flytta frontlinjen där hav och land möts längre ut i havet. På så sätt flyttas hotet bort från befintliga värdestrukturer och ny mark erhålls för att bygga skydd på. En paradox med attackstrategin är att den ofta leder till ny exploatering ovanpå det nya område som skapas för att finansiera det nya skyddet. Härvid skapas nya värdestrukturer i riskutsatta områden. Vid exploatering på uppe på skyddsstrukturer bör även anpassning tillämpas, så att de värdestrukturer som byggs direkt anpassas till att tåla översvämning bättre än de gamla värdestrukturer som skyddet är avsett att skydda. I figur 7.2 ses exempel på attackstrategin. Omvandlingen och höjningen av Trelleborgs hamnområde (se kapitel 8) är ytterligare ett exempel på attack.



Figur 7.2 Exempel på hur bakomliggande bebyggelse skyddats genom exploatering av havsområdet utanför bebyggelsen.

7.6 Kombination av flera strategier

Holistiska lösningar kräver nästan alltid en kombination av ovanstående strategier. Någon typ av försvar är oftast fördelaktigt vid befintlig sammanhängande bebyggelse, där försvaret kan utgöras av en kombination av vallar, murar och temporära skydd. Försvaret innebär dock inte att inte anpassning också kan behövas, eftersom områdena bakom skydd fortfarande utgör riskområden för översvämning.

Vid nybyggnation bör anpassning av området alltid beaktas, oavsett vilka försvar som också byggs. Detta för att det är betydligt lättare att anpassa nybyggnation är befintlig bebyggelse, och om anpassningen av hur marken nyttjas inkluderas redan från början blir bebyggelsen betydligt mycket mer resilient än om den förlitar sig enbart på en skyddsstrategi. Nybyggnation kan också utgöra attackstrategi.

Det är viktigt att se helheten både i hotbild och i hur dagens miljö och stadsbild ser ut för att hitta de mest fördelaktiga strategierna. Vilka befintliga strukturer kan användas i ett skydd, vilken åtgärd passar bäst för respektive miljö, hur kan strategin ge mervärden åt det aktuella området samt vad händer om åtgärden inte fungerar? Helhetslösningar säkerställer att exempelvis ett skydd mot höga havsnivåer inte ökar risken för översvämning vid skyfall och att skydden kan få flera funktioner.

8 Åtgärdsförslag

I detta kapitel presenteras åtgärdsförslag för att skydda Trelleborgs tätort mot höga havsvattennivåer. Förslagen är indelade utifrån de nivåer som analyserats i kapitel 5 och kapitel 6. Åtgärdsförslagen är av översiktlig karaktär. Detaljutformning och åtgärderarnas samspel med övrig stadsutveckling behöver studeras mer utförligt i kommande arbete. Åtgärdsförslagen ger en god grund för dessa diskussioner.

Presenterade åtgärdsförslag hindrar havsvatten från att strömma på ytan in i Trelleborgs tätort. Ytterligare lösningar kommer att krävas för att förhindra havsvatten från att stiga genom ledningsnätet och orsaka översvämning. Det ligger utanför ramen för detta projekt att studera detta närmare.

8.1 Havsnivå +1,85 m

I figur 8.1 visas de åtgärder som föreslås för att skydda Trelleborgs tätort mot översvämning vid havsvattennivåer upp till +1,85 m (RH2000), motsvarande ett 100-årshögvatten år 2017 eller ett normalhögvatten år 2065. Åtgärderarna inkluderar en lucka/sluss i Ståstorpsån och åtgärder vid cykelportar under E22. Hamnområdet beskrivs i kapitel 8.2.



Figur 8.1 Översvämning vid havsvattenstånd +1,85 m (RH2000), efter att föreslagna åtgärder vidtagits. Barriärer föreslås vid GC-tunnlar under E22 (gröna punkter) och vid Ståstorpsåns (lila punkt). Kvarstående inströmningsvägar visas med vita pilar.

8.1.1 Lucka vid Ståstorpsån vattendrag

I Albäcksån föreslås inga åtgärder eftersom konsekvenserna av översvämning vid havsnivåer upp till +1,85 m är små, baserat på det kunskapsunderlag som har funnits tillgängligt i studien.

För Ståstorpsån föreslås att havsvatten hindras från att tränga upp via åfåran genom att en lucka/sluss installeras. Det finns flera befintliga kulvertar där en lucka skulle kunna installeras, exempelvis vid Strandridaregatan (figur 8.2). Vilken kulvert som är lämpligast kommer att styras av den framtida exploateringen av området.



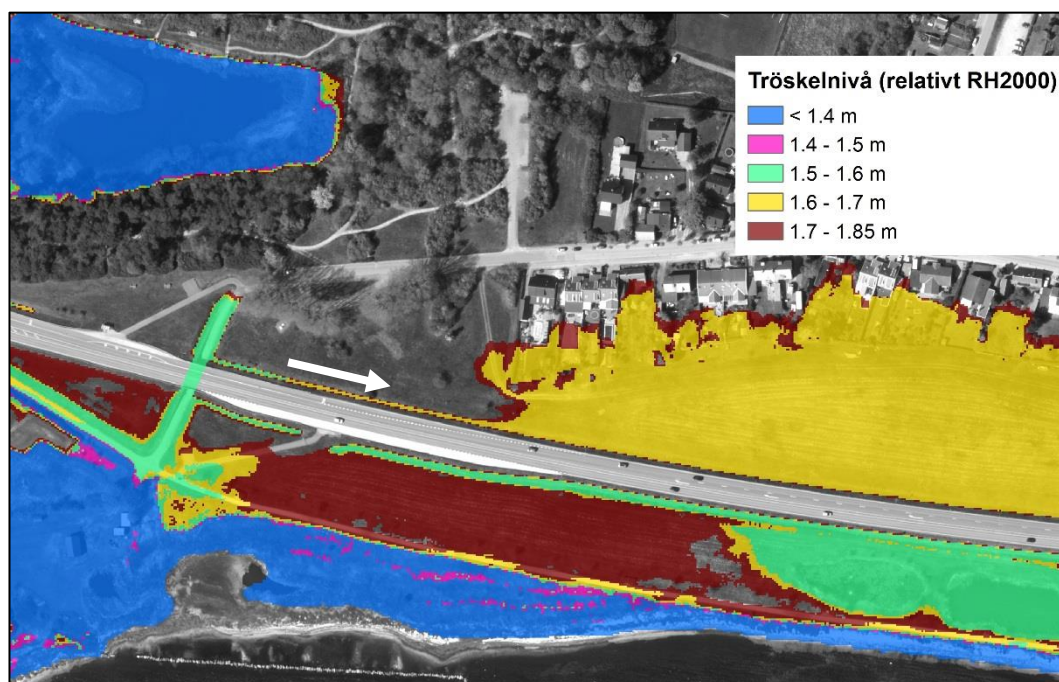
Figur 8.2 Ståstorpsån passerar Strandridaregatan i kylvert. En lucka föreslås för att förhindra havsvatten från att strömma in till bebyggda områden.

När en lucka stängs hindras dagvatten från att rinna ut i havet. Beroende på mängden dagvatten som rinner till Ståstorpsån, tiden som luckan är stängd och vilken magasinvolym som finns uppström kan pumpkapacitet för dagvatten krävas. I dagens klimat är det osannolikt att hög dagvattenavrinning och hög havsnivå sker samtidigt, men på sikt kommer sannolikheten för detta att öka. Exempel på andra frågor som behöver beaktas när en lucka installeras är:

- Om luckor ska finnas på plats, eller om luckor lyfts dit vid behov
- Om det behöver finnas utrymme för fordon att arbeta, exempelvis för att lyfta in luckor
- Om det behövs generatorer eller anslutning till centralt elnät
- Om det behövs reservkraftsystem

8.1.2 Cykelportar vid E22

I figur 8.3, figur 8.4 och i figur 8.5 visas hur inströmning sker via cykelunderfarter och diken längs E22. Översvämningsrisken norr om E22 kan minskas genom att bryta flödesvägen i diken. Detta kan göras genom att höja befintliga vingmurar, fylla delar av diken eller på annat sätt skapa flödesbarriärer. Vilket alternativ som är bäst lämpat för platsen styrs av vilken landskapsbild som ska åstadkommas. I samtliga alternativ måste det undersökas om avvattnings av dagvatten från ängsmark och E22 påverkas.



Figur 8.3 Vid den västra cykelunderfarten rinner vatten via ett dike längs E22 enligt vit pil.



Figur 8.4 Vid den östra cykelunderfarten rinner vatten via ett dike längs E22 enligt vit pil.

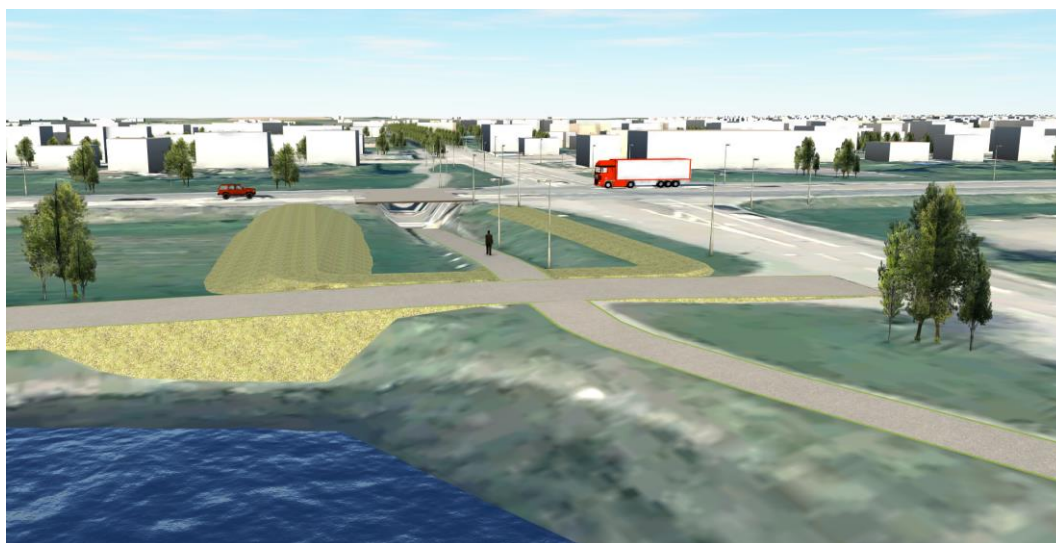


Figur 8.5 Foto från landsidan av den östra cykelunderfarten. Diket längs E22 där vatten kan strömma in är markerat med svart elips.

Vid vattennivåer högre än cirka +2 m (RH2000) finner vattnet nya flödesvägar trots att diken har fyllts. Vatteninströmning genom cykelunderfarterna skulle kunna undvikas genom att ersätta underfarterna med övergångsställen eller överfarter, men det medför en negativ påverkan på fotgängares och cyklisters möjlighet att säkert korsa E22. Fyllning av cykelportarna förslås inte i första hand.

Huvudförslaget är att cykelportarnas ramper förlängs så att den högsta punkten höjs till +3,1 (RH2000). Viss justering av kringliggande mark krävs för att erhålla en sammanhängande höjdrygg. Enligt tillgänglig höjddata är rampernas lutning i dagsläget omkring 6%, vilket är brantare än vad gällande tillgänglighetskrav anbefaller. I de förslag som presenteras nedan har lutningen cirka 6% behållits för att minimera påverkan på kringliggande mark.

På havssidan ligger gång- och cykelvägen på nivå +2,6-2,7 m (RH2000). För att nå nivå +3,1 krävs en höjning av endast 40-50 cm. Visserligen måste höjningen tas ut i gång- och cykelvägens längdled, men höjningen bedöms tekniskt vara relativt lätt att genomföra. Dock hamnar skyddet i denna placering nära strandkanten, vilket gör att risken för vågöverspolning är större än om rampen på landsidan anpassas. En anpassning av rampen på havssidan ger ett sämre skydd än en anpassning på landsidan. På sikt kommer enligt förutsättningar från beställaren hela industriområdet mot öster ska höjas till +3,1 m (RH2000), vilket skulle underlätta anslutningen jämfört med dagsläget. I figur 8.6 och figur 8.7 visas illustrationer av hur rampen skulle kunna höjas till 3,1 m (RH2000) på havssidan.

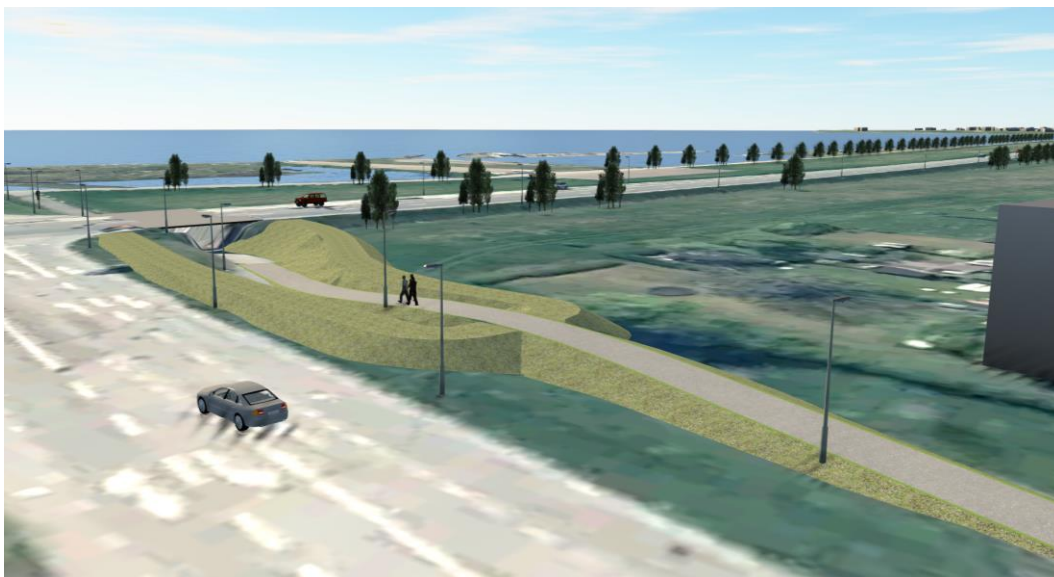


Figur 8.6 Höjning av marknivåer kring cykelunderfarten till nivå +3,1 m (RH2000), motsvarande en höjning av cirka 0,5 m i GC-vägens högsta punkt. På sikt planeras industriområdet mot öster att höjas till +3,1 m, varvid en lätt anslutning uppnås. Det havsnära läget gör skyddet mer utsatt för vågöverspolning.



Figur 8.7 Vy på väg ner genom cykelunderfarten, men havet i ryggen.

På landsidan är rampens nivå lägre, endast +1,5-2 m (RH2000). Det betyder att höjningen av cykelvägen som mest är i storleksordningen 1-1,5 m. Illustrationerna i figur 8.8 till figur 8.11 visar att denna höjdskillnad kan tas upp väl i den kringliggande terrängen.



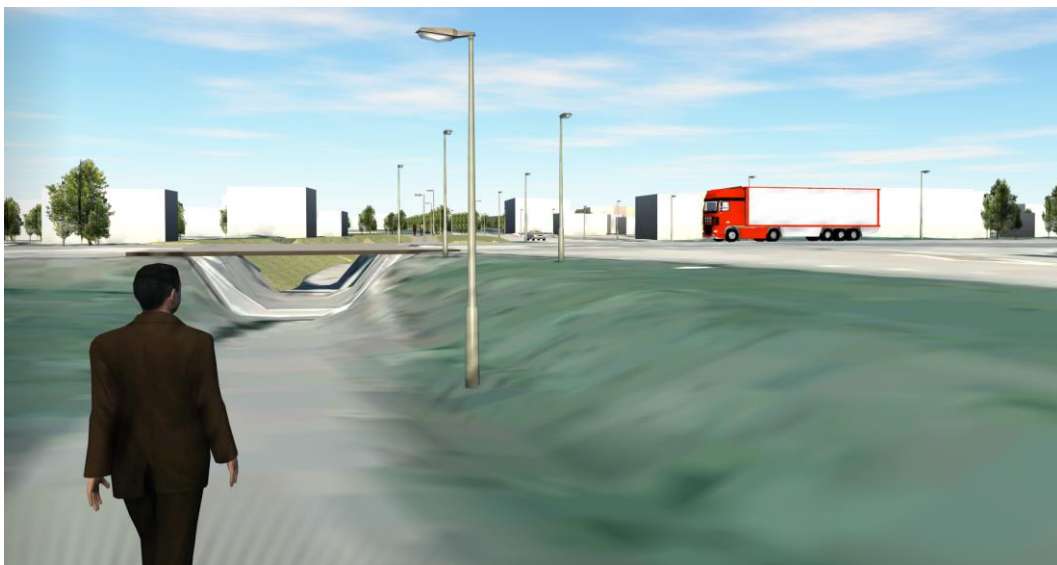
Figur 8.8 Höjning av marknivåer kring cykelunderfarten till nivå +3,1 m (RH2000), motsvarande en höjning av cirka 1-1,5 m. Nivåskillnaden tas ut i den kringliggande terrängen.



Figur 8.9 Höjning av marknivåer kring cykelunderfarten till nivå +3,1 m (RH2000), motsvarande en höjning av cirka 1-1,5 m. Nivåskillnaden tas ut i den kringliggande terrängen.



Figur 8.10 Vy från bostadshusen invid cykelvägen.



Figur 8.11 Vy på väg mot den höjda rampen, med havet i ryggen.

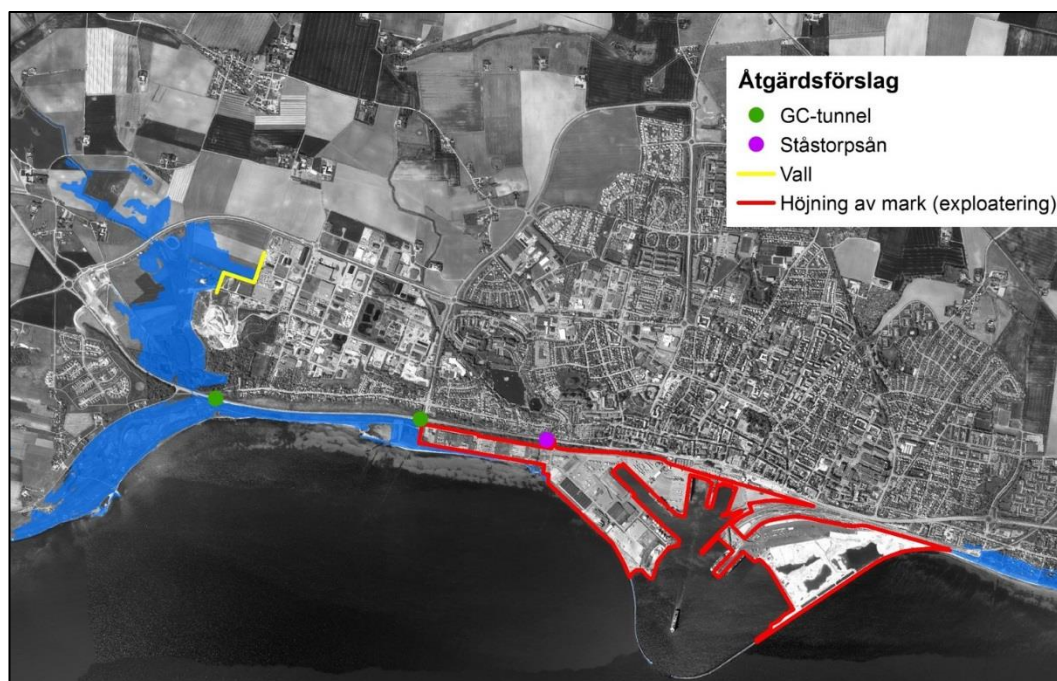
8.2 Havsnivå +2,35 m

De åtgärder som beskrevs i kapitel 8.1 är inte tillräckliga för att förhindra översvämning vid havsnivå +2,35, vilket framgår av figur 8.12 (samt av Bilaga 3 – Åtgärdsförslag). Vita pilar i figuren visar var vatten flödar in.



Figur 8.12 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Trots åtgärder vid GC-tunnlar och Ståstorpsån strömmar vattnet vid den högre havsnivån in enligt vita pilar.

I figur 8.13 visas de åtgärder som föreslås för att skydda Trelleborgs tätort mot översvämning från havet vid havsnivåer, motsvarande ett extremhögsvatten i dagens klimat, ett 100-årshögsvatten år 2065 eller ett normalhögsvatten år 2100. De åtgärder som tillkommer utöver vad som beskrivit i kapitel 8.1 är en vall längs Albäcksån vid SYSAVS avfallsanläggning samt en höjning av hamnområdet.



Figur 8.13 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Gul linje visar föreslagen vall i nordvästra delen av Trelleborg. Röd markering visar områden där marken enligt förutsättningar angivna av Trelleborgs kommun ska höjas i och med förflyttning av Trelleborgs hamn och exploatering av nya Sjöstaden.

8.2.1 Vall vid SYSAV

För att hindra vatten från att strömma in i tätorten från nordväst, via Albäcksån, föreslås en vall vid SYSAVs anläggning, se gul linje i figur 8.13 (samt i Bilaga 3 – Åtgärdsförslag). Vallens planläge är anpassad till rådande höjder och marknivåer, men kan vid behov justeras.

8.2.2 Höjning av hamnområde

Marken inom röd markering i figur 8.13 kommer att höjas till +3,1 m i och med flytten av Trelleborgs hamn och exploateringsprojektet Sjöstaden (projektförutsättning given av Trelleborgs kommun). Denna höjning kommer att utgöra en viktig del av Trelleborgs framtida skydd mot höga havsnivåer, särskilt som den sker längs den del av kusten där vatten i dagsläget har lättast att nå in till centralorten. I det fortsatta arbetet med att höja området vore det ur översvämningssynpunkt angeläget att sträva efter att skapa en sammanhängande höjdrygg som kan hålla högvatten ute hellre än öar av hög terräng.

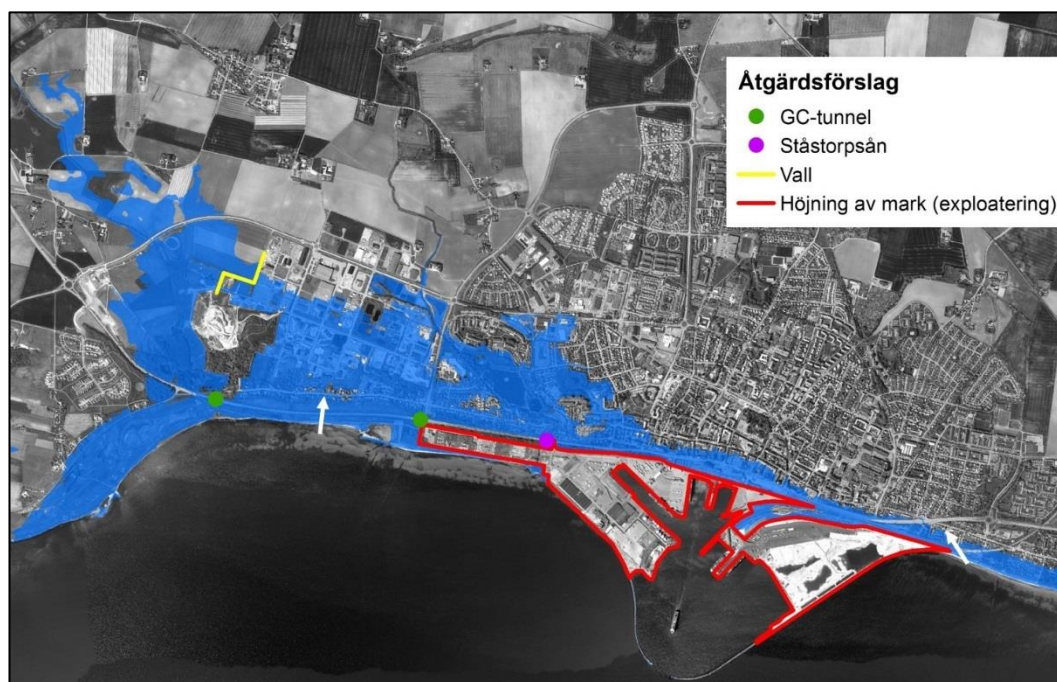
En höjning av dagens marknivåer kring +1,9 m till 3,1 m innebär att marknivån kommer att höjas cirka 1,2 m. En illustration av denna höjdskillnad ses i figur 8.14 (samt i Bilaga 6 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +2,85 m, Hamnen).



Figur 8.14 Illustration av hur hamnområdet höjs från dagen nivå omkring +1,9 m till +3,1 m (RH2000), en höjning av cirka 1,2 m. Hur anslutningen mellan de två nivåerna ska se ut är en fråga för det fortsatta gestaltningsarbetet.

8.3 Havsnivå +2,85 m

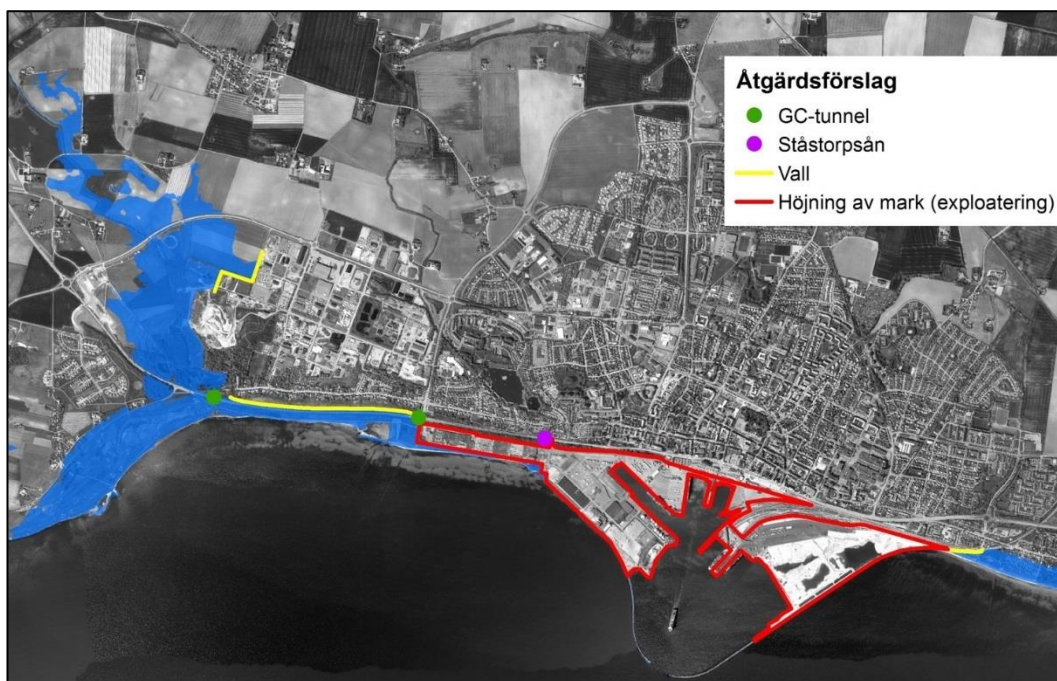
De åtgärder som beskrevs i kapitel 8.2 är inte tillräckliga för att förhindra översvämning vid havsnivå +2,85 m (motsvarande ett extremhögvatten år 2065 eller ett 100-årshög-vatten år 2100), vilket framgår av figur 8.15. Vita pilar i figuren visar var vatten flödar in.



Figur 8.15 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,85 m (relativt RH2000) visas i blått. Trots tidigare föreslagna åtgärder strömmar vattnet vid den högre havsnivån in enligt vita pilar.

I figur 8.16 visas de åtgärder som föreslås för att skydda Trelleborgs tätort mot översvämning från havet vid havsnivåer motsvarande ett extremhögvatten år 2065 eller ett 100-årshög-vatten år 2100. De åtgärder som tillkommer utöver vad som beskrivits i kapitel 8.2 är en vall längs E22 och en vall intill järnvägen i öst. Ungefärlig sträckning för vallarna visas med gula linjer i figur 8.16.

Exakt sträckning och erforderlig höjd med avseende på vågor för föreslagna vallar behöver utredas närmare i det fortsatta arbetet.



Figur 8.16 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +2,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Gula linjer visar föreslagna vallar i anslutning till E22 i väst samt i anslutning till järnvägen i öst.

8.3.1 Vall längs E22 i väst

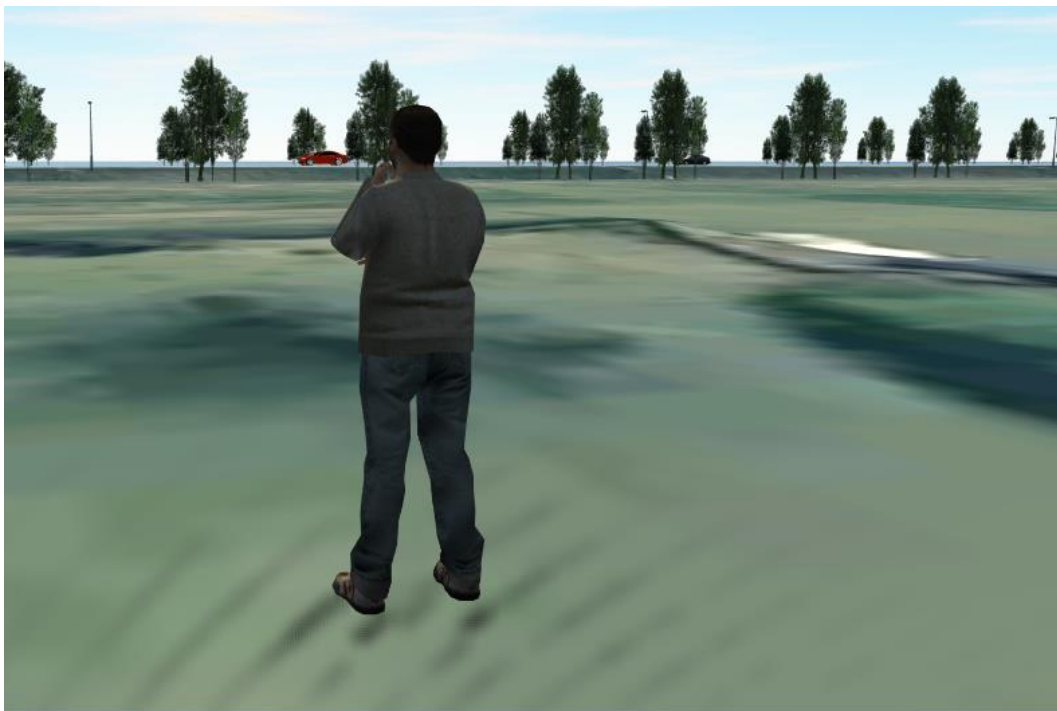
I västra Trelleborg föreslås en gräsvall med krönnivåer kring +3,1 m (RH2000) längs E22 (figur 8.17 och Bilaga 4 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +2,85 m).



Figur 8.17 Principiell beskrivning av en gräsbeklädd vall på insidan av E22.

Den föreslagna vallen är placerad på landsidan E22 eftersom detta ger en enklare anslutning till naturliga höjdryggar. Dessutom kommer E22 att fungera som vågbrytare vilket gör risken för vågöverspolning mindre än om skyddet hade legat på havssidan E22. Ett skydd på landsidan erbjuder en betydligt högre skyddsnivå än ett skydd på havssidan med motsvarande krönnivå, se vidare kapitel 8.4 för närmare beskrivning. En vall på havssidan hade också blivit längre och tekniskt mer komplicerad. Beaktat att de stunder då E22 riskerar att inte vara farbar på grund av översvämning handlar om ett fåtal timmar under perioder av årtionden eller till och med århundraden, och att det finns en alternativ ringvägen norr om Trelleborg, har en placering på landsidan setts som den mest fördelaktiga. Om krönnivån byggs till +3,1 m (RH2000) bedöms ett gott skydd erhållas även om högvatten skulle sammanfalla med vågor. Dock krävs närmare undersökningar av vågförhållanden och våguppspolning för att verifiera detta.

Föreslagen vall ligger drygt en halvmeter högre än dagens vägbana för E22. Figur 8.18 visar att det i dagsläget finns en visuell koppling mellan landsidan E22 och havet, även om den är svag. Denna visuella koppling mot havet riskerar att brytas av vallen (figur 8.19).



Figur 8.18 Vy från ängsmarken norr om E22, blickandes ut över havet. Vattnet kan precis skönjas över vägbanan för E22.



Figur 8.19 Vy från ängsmarken norr om E22, blickandes ut över havet, efter att en vall med krön +3,1 m har anlagts. Vattnet kan inte längre ses.

8.3.2 Vall längs järnvägen i öst

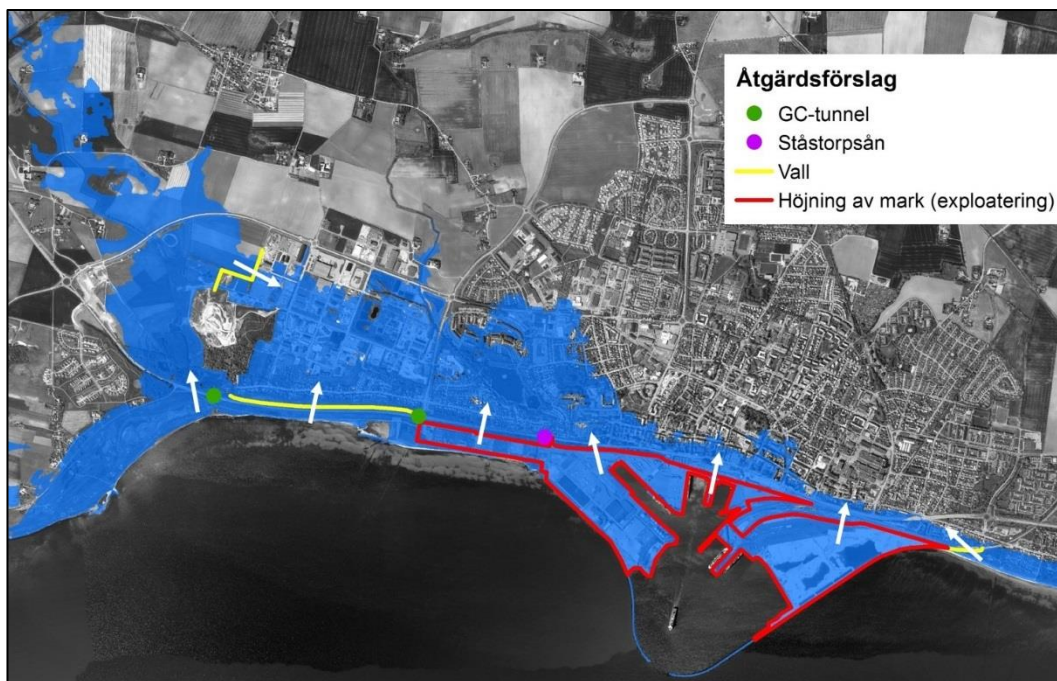
I östra Trelleborg föreslås en vall med krönnivå +3,1 m (RH2000) som binder samman banvallen med det nya upphöjda området i hamnen, och därmed förhindrar havsvatten att strömma över järnvägen samt att tränga in genom en gång- och cykelunderfart under järnvägsspåren (figur 8.20). Vallens höjd över befintlig mark skulle bli mellan 0,5-1 m. Det planläge som visas i figur 8.20 är endast principiellt, och kan anpassas till hur området är tänkt att användas i framtiden.



Figur 8.20 *Principiell illustration av den vall i östra Trelleborg som hindrar vatten från att rinna in via gång-cykelunderfart under spåren. Underfarten är markerad med en elips.*

8.4 Havsnivå +3,35 m

De åtgärder som har föreslagits i tidigare kapitel har föreslagits till en krönnivå av +3,1 m. Skulle havsnivån stiga till +3,35 m kan vatten flöda över de skyddsåtgärder som beskrivits, se figur 8.21. Nivån +3,35 m speglar en mycket extrem situation i ett framtida klimat där havets medelvattennivå har stigit med 1 m. Innan det blir aktuellt att bygga skydd för denna händelse kommer förutsättningarna i den stad som skyddet ska anpassas till med stor sannolikhet ha förändrats. Det är därför inte meningsfullt att i nuläget ge närmare utformningsförslag för skyddet. För att ändå möjliggör långsiktig planering inom kommunen ges nedan en principiell beskrivning av hur de skydd som har diskuterats ovan skulle kunna anpassas till att skydda mot en extremhändelse år 2100. Det poängteras att det inte är säkert att det är motiverat att anlägga ett sådant skydd, eftersom olägenheten av skyddet kan komma att överväga fördelarna.



Figur 8.21 Översvämningsutbredning vid havsvattenstånd +3,35 m (relativt RH2000) visas i blått. Vid denna extrema nivå kan vatten trots föreslagna åtgärder strömma fritt in i staden.

8.4.1 Vallar

För vallar som ligger i vågskyddade områden, exempelvis innanför E22, görs en preliminär bedömning att en höjd om 0,5 m över stillvattenytan räcker för att begränsa risken för vågöverspolning. Detta skulle innebära en krönnivå av cirka +3,8 m (RH2000). Det understryks att frågan hur vågenergi kommer att kunna transporteras förbi E22 är komplicerad och behöver utredas närmare. Om vallen däremot ligger i ett mer vågutsatt område, och högvatten skulle sammanfalla med vågor, visar preliminära beräkningar att en krönhöjd mellan +7 till +8 m (RH2000) kan krävas för att undvika vågöverspolning.

Olägenheten av ett sådant skydd riskerar på många platser att överväga nyttan av det. I Bilaga 5 – Illustration av åtgärder för skydd upp till havsnivå +3,35 m, Väster Jär visas skillnaden i höjd på en vall som ligger i ett vågskyddat läge och ett vågutsatt läge.

8.4.2 Hamnområdet

I hamnområdet råder skyddade vågförhållanden, så risken för överspolning bedöms vara liten. Det uppskattas att ett skydd som ligger cirka 0,5 m över stillvattenytan kommer att kunna ge ett gott skydd mot överspolning. Detta innebär att krönnivån skulle behöva vara kring +3,8 m (RH2000), eller cirka 70 cm ovanför den marknivå som hamnområdet i ett första skede kommer att fyllas upp till. En så liten nivåskillnad kan utan problem tas upp i landskapet på ett sätt så att det erbjuder mervärdens, se exempelvis bilden nedan från Västra Hamnen i Malmö (figur 8.22).



Figur 8.22 Bild från Västra Hamnen i Malmö. Trätrappan som folk sitter på är ett exempel på hur en höjning av i storleksordningen 70 cm kan inkorporeras i den kringliggande miljön så att den erbjuder ett mervärde.

9 Våguppspolning

Som det redan har konstaterats är sannolikheten att vågor faller in mot skydden samtidigt som högvatten råder liten. Nedan ges ändå en beskrivning av i vilken mån vågöverspolning kan förväntas längs olika delar av skyddet och vid olika högvatten om högvatten och vågor skulle sammanfalla. Beräkningar bygger på metodik beskriven i (EurOtop, 2007). Det understryks att beräkningarna är inledande och förenklade i syfte att erhålla en uppfattning, och kommer att behöva kompletteras i ett senare skede.

9.1 Havsnivå +2,35 m

I de åtgärder som föreslås som skydd för högvattennivåer kring +2,35 m (RH2000) ingår inget skydd längs E22, baserat på att risken för vågor är låg (figur 9.1). Skulle ogynnsamma vågförhållanden sammanfalla med högvattnet visar inledande beräkningar att en överspolning av i storleksordningen 50-100 l/s,m kan väntas. Längs pirarmarna i det upphöjda hamnområdet bedöms risken för vågöverspolning vara större än längs E22 trots att nivån är +3,1 m, detta på grund av att vattendjupet är större. Beräkningsförutsättningarna längs pirarmarna är för osäkra för att en siffra på vågöverspolning ska kunna beräknas. Dock kan sägas att konsekvenserna av vågöverspolning kan hållas relativt små om höjdsättningen av området görs så att vatten som spolar över leds ned i hamnbassängen utan att bli stående på ytan. Inne i hamnområdet bedöms sannolikheten för våguppspolning som liten sett till det skyddade vågklimatet innanför pirarmarna.



Figur 9.1 Figuren visar åtgärdsförslag för vattennivå +2,35 m (RH2000). Gröna pilar visar sträckor med risk för vågöverspolning, om vågor skulle sammanfalla med högvatten. Större grön pil indikerar större skattad risk. Höjdsättning inom det höjda hamnområdet bör göras så att eventuell vågöverspolning leds ut mot hamnbassängen utan att bli stående på ytan.

9.2 Havsnivå +2,85 m

I de åtgärder som föreslås som skydd för högvattennivåer kring +2,85 m (RH2000) ingår ett skydd på landsidan E22. Sannolikheten för överspolning längs denna vall bedöms som låg eftersom E22 bryter inkommande vågor. Längs pirarmarna ökar risken för överspolning i och med att vattennivån har ökat, men konsekvenserna av överspolning kan som sagt hållas nere genom god höjdsättning.



Figur 9.2 Figuren visar åtgärdsförslag för vattennivå +2,85 m (RH2000). Gröna pilar visar sträckor med risk för vågöverspolning, om vågor skulle sammanfalla med högvatten. Större grön pil indikerar större skattad risk. Höjdsättning inom det höjda hamnområdet bör göras så att eventuell vågöverspolning leds ut mot hamnbassängen utan att bli stående på ytan

9.3 Havsnivå +3,35 m

Vid nivå +3,35 m (RH2000) strömmar vatten över föreslagna skydd. I kapitel 8.4 beskrivs hur skydden kan anpassas för att undvika detta. I beskrivningen ingår även ett resonemang om vågöverspolning.

10 Slutsatser

Nedan sammanfattas rapportens huvudsakliga slutsatser i punktform

- Det tvingande ansvaret för kommunen gällande klimatanpassning är begränsat till att beakta frågan i sin markplanering. Kommunen har inget tvingande ansvar att anpassa befintlig bebyggelse, det ansvaret ligger i slutänden på varje enskild fastighetsägare.
- Sannolikheten att vågor och högvatten ska sammanfalla är liten.
- Sannolikheten att skyfall och högvatten ska sammanfalla är liten.
- Fyra olika karakteristiska högvatten har identifierats, vilka kan användas för att beskriva nio olika scenarier. Ett och samma vattenstånd kan användas för att studera extrema händelser i dagens klimat eller mindre extrema händelser i framtiden. Detta ger en god grund för en holistisk och långsiktig planering.
- Åtgärdsförslag för att skydda sig mot högvatten kan delas in i fem principiella strategier: *ingen åtgärd, reträtt, anpassning, försvar och attack*.
- Översvämningsfrågan bör noga beaktas vid exploatering och utvecklingen av hamnområdet. Genom att bevaka frågan kan synergieffekter säkerställas som skyddar både befintlig och ny bebyggelse.
- Utöver hamnens höjning räcker det med mindre åtgärder vid cykelunderfarter under E22 och vid en av Ståstorpsåns kulvertar för att skydda tätorten mot högvatten motsvarande ett 100-årshögvatten i dagens klimat (+1,85 m, RH2000).
- För att skydda mot mer extrema högvatten föreslås vallar vid E22 och SYSAV i väst och vid järnvägen i öst.

11 Fortsatt arbete

Trelleborgs kommun har genom denna rapport fått en grund på vilken det fortsatta arbetet med att översvämningssäkra tätorten kan vila. Det är viktigt att arbetet med översvämnings och klimatanpassning inte avslutas i och med leveransen av denna rapport, utan blir en integrerad del av utvecklingen av Trelleborgs tätort.

Nedan ges förslag på hur Trelleborgs kommun kan gå vidare i arbetet med att översvämningssäkra tätorten och i förlängningen kommunen. Förslagen är uppdelade i två kategorier, arbete av strukturell karaktär och arbete av tekniska karaktär.

11.1 Fortsatt strukturellt arbete

För att maximera nyttan av de arbete som gjorts i denna rapport är viktigt den nya kunskapen inte begränsas till den projektgrupp som har arbetat med projektet. En kunskapsspridning inom kommunen har påbörjats i och med ett avstämningsmöte som hölls under projektet där det fanns bred representation från olika förvaltningar, men Sweco ser det som viktigt att denna kunskapsspridning fortsätter. Detta särskilt som en stor del av tätortens framtida översvämningskydd kommer att utgöras av exploateringen av hamnen och det är viktigt att möjligheten till synergieffekter tillvaratas. Sweco har goda

56(58)

KUSTSKYDD TRELLEBORG
2017-11-03

erfarenheter från arbete med andra kommuner av att i workshopformat inkludera och involvera intressenter över förvaltningsgränser. Workshopen bör hållas i nära anslutning till projektets avslut, när kunskapen fortfarande är färsk inom projektgruppen. Huvudsyftet med en sådan workshop är att:

- Sprida och aktivera nyvunnen kunskap över förvaltningsgränserna inom Trelleborgs kommun
- Skapa engagemang kring arbetet med klimatanpassning och översvämning
- Inkludera kunskap från olika förvaltningar så att skyddets utformning optimeras utifrån många aktörers behov och ansvar
- Hitta synergieffekter och identifiera mervärden som kan skapas i anslutning till översvämningsskydden så att de inte bara fyller en teknisk funktion. Detta gäller särskilt exploateringen av hamnområdet

De åtgärdsförslag som presenteras i rapporten är tekniskt rimliga och väl avvägda utifrån Swecos kunskap om befintliga värdestrukturer och kommande stadsutvecklingsplaner, men de är inte de enda tänkbara lösningarna. Kommunen har i princip inget tvingande ansvar att skydda befintlig bebyggelse, så vilken anpassning som görs är i hög grad en fråga om politisk prioritering. En vision av vad kommunen vill sträva efter bör fastställas som ett ledsnöre för det fortsatta arbetet med kustskydd och kustutveckling. Visionen måste vara politiskt förankrad. Visionen bör beskriva vilken typ av samhälle som ska eftersträvas, både vid högvattentillfällen och vid normala vattenstånd. Frågeställningar som kan hjälpa till att konkretisera en sådan vision är:

- Ska havet vara tillgängligt vid de tillfällen högvatten inte råder?
- Vad anser kommunen vara acceptabla risknivåer? Lägre risknivå kräver högre skydd vilket påverkar kopplingen mellan bebyggelse och hav.
- Kan evakuering vara ett alternativ till fasta skydd?
- Vilket ansvar kommunen är villig att ta för anpassning och i vilka områden?
- Hur ställer sig kommunen till strategierna *ingen åtgärd*, *reträtt*, *anpassning*, *försvar* och *attack*?

För att frågan om översvämning och klimatanpassning ska förbli aktuell i allt stadsutvecklingsarbete bör en roll, grupp eller förvaltning tilldelas ägandeskapet för frågan om stigande havsnivåer. Det bör med fördel vara samma roll, grupp eller förvaltning som bevakar andra aspekter av översvämning och klimatanpassning. Om arbetet ska bedrivas effektivt bör det med ägandeskapet följa både ansvar och befogenheter i form av resurser att agera i frågan.

11.2 Fortsatt tekniskt arbete

Nedan listas exempel på frågeställningar av teknisk karaktär som kräver fortsatt arbete

- Identifiera riskområden där uppstigning av havsvatten sker via ledningsnätet.

- Utredda lämpliga åtgärder, exempelvis backventiler. I dagens klimat är frågan begränsad till att förhindra havsvatten från att stiga via ledningsnätet, men på lång sikt kommer frågan att inkludera hur ledningsnätet ska kunna avbörda dagvatten.
- Studera effekter av att tillfälligt stänga Ståstorpsåns utlopp vid högvattenstånd.
- Studera i vilka situationer en stängning kan leda till översvämning från dagvatten, och i vilken mån pumpning kan komma att krävas.
- Studera hur en stigande havsmedelnivå kan förväntas påverka framtida grundvattennivåer.

12 Referenser

Almström, B. (personlig kontakt).

EurOtop. (2007). *Die Küste - Wave overtopping of sea defences and related structures: Assessment Manual*. www.overtopping-manual.com: Environment Agency (UK, Expertise Netwerk Waterkaren (NL), Kuratorium für Forschung im Küsteningenieurwesen (DE).

Fredriksson, C., Nader, T., Hanson, H., & Larson, M. (2 2016). Statistical analysis of extreme sea water levels at the Falsterbo Peninsula, South Sweden. *Tidsskriften Vatten*, ss. 129-142.

SMHI. (2012). *Klimatanalys för Skåne län*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne.

SMHI. (den 27 05 2016). *Extrem punktnederbörd*. Hämtat från SMHI: <http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/extrem-punktnederbord-1.23041>