PM KLIMATSCENARIER

UNDERLAG TILL KLIMATANPASSNINGSPLAN FÖR HELSINGBORGS STAD

UPPDRAGSNUMMER 1220237000

DATUM
2016-06-15

repo001.docx 2015-10-05

Förord

Sweco har fått i uppdrag av Helsingborgs Stad att genomföra en klimatanalys i syfte att utgöra underlag till en framtida klimatanpassning av Helsingborgs Stad. Föreliggande PM är en första del av klimatanalysen där det nuvarande kunskapsläget om klimatförändringar beskrivs samt utifrån kunskapsunderlaget ges rekommendation för vilka scenarier den fortsatta klimatanalysen ska baseras på. I denna PM har Sebastian Irminger-Street och Ulrika Sabel varit handläggare. Expertrådgivare har varit Mats Andreasson och Patrik Härle. Teknisk granskare har varit Hans Hanson och Daniel Sevelin.

Björn Almström
Uppdragsledare

Olof Persson
Kvalitetsansvarig

Sammanfattning

Sweco har givits i uppdrag att genomföra en klimatanalys över Helsingborgs stad med syfte att identifiera områden i staden som kan vara riskutsatta vid höga vattenstånd, skyfall eller högflöde i Råån. Förändringar av vattenstånd, nederbörd, vind, flöde i Råån och grundvatten till följd av klimatförändringar kommer att studeras.

Arbetet inleds med att sammanställa aktuellt kunskapsunderlag och föreslå lämpliga scenarier för de vattenstånd, nederbördsmängder, vindförhållanden, flöden i Råån och grundvattenförhållanden som kan användas för att identifiera riskutsatta områden. Sweco rekommenderar att arbetet delas upp i två olika tidshorisonter, dels en medellång 50-årshorisont fram till år 2065 och dels en lång horisont fram till år 2100. Uppdelningen görs för att i det fortsatta arbetet kunna balansera behovet av långsiktig planering och stadsutveckling mot det faktum att osäkerheterna i kunskapsunderlaget ökar ju längre planeringshorisont som inkluderas.

I Tabell 1 till Tabell 3 sammanfattas de scenarier som rekommenderas för vattenstånd, nederbörd och flöde i Råån. Gällande vindklimatet så saknas entydiga studier på hur/om det kommer att förändras i ett framtida klimat. Vindens påverkan i dagsläget finns redan inkluderat i vattenståndsmätningar från Viken. Ytterligare effekter av vind behöver i nuläget inte inkluderats. Vid framtida dimensionering av kustskydd kommer vinden dock spela stor roll eftersom vinden genererar vågor och vågor är av stor betydelse för kustskyddens utformning. Påverkan på grundvatten beskrivs sist i denna sammanfattning.

Tabell 1. Rekommenderade medelvattenstånd, högvattenstånd och extremvattenstånd för analys av områden som är riskutsatta för översvämnings från havet.

Ingående parameter	År 2065	År 2100
Medelvattennivå rel. RH2000	*+0,5 m*	*+1,0 m*
Extra vinduppstuvningseffekter	*Ej nödvändigt*	*Ej nödvändigt*
Vågor	*Inkluderas senare*	*Inkluderas senare*
Tidvatten	*0,1 m.*	*0,1 m*
Stillvattenyta utan högvatten, rel. RH2000	*+0,6 m*	*+1,1 m*
100-årshögvatten	*+2,0 m*	*+2,0 m*
Stillvattenyta vid 100-årshögvatten, rel. RH2000	**+2,6 m**	**+3,1 m**
Extremhögvatten	*+2,4 m*	*+2,4 m*
Stillvattenyta vid extremhändelse (Julstormen 1902), rel. RH2000	**+3,0 m**	**+3,5 m**

Tabell 2. Rekommenderad nederbörd för analys av områden som är riskutsatta med avseende på urban översvämning vid skyfall.

Händelse	År 2065	År 2100
100-årsregn enligt P104	+ 5 – 10 %	+ 15 – 25 %
Extremhändelse (Köpenshamnsregnet)	150 mm på 1,5 timme	150 mm på 1,5 timme

Tabell 3 Rekommenderade högflöden och extremflöden för analys av vilka områden som är riskutsatta med avseende på översvämning från Råån.

	År 2065	År 2100
100-årsflöde	39 m^3/s	41 m^3/s
200-årsflöde	-	44 m^3/s
Extremhändelse (BHF*)	232 m^3/s	232 m^3/s

* BHF = Beräknat högsta flöde

Högvatten inträffar normalt under höst- och vinterstormar, medan skyfall historiskt har inträffat under sommarmånaderna. I den inledande studien kommer det att förutsättas att dagvattennätets utlopp inte är dämda när 100-årsregn faller, men framtida mer detaljerade studier bör undersöka vid vilka nivåer i Öresund som ledningsnätets utloppspunkter däms. Framtida studier bör också beakta att i takt med att medelvattennivån stiger krävs lägre och lägre högvatten för att ledningsnäten ska dämmas. Sannolikheten för dämning i ledningsnätet samtidigt som regnet faller kommer succesivt att öka.

Högvatten och högflöden i Råån inträffar båda under vintermånaderna. Vid översvämningsanalys från Råån kommer ett 100-årshögvatten i havet att inkluderas som randvillkor.

Klimatförändringarnas påverkan på grundvattennivån i kustområden kommer att domineras av påverkan från stigande medelvattennivåer. Fortsatta studier kan därför avgränsas till att studera effekter av stigande havsmedelnivåer. Helsingborgs topografiska förutsättningar gör att studieområdet kan avgränsas till landområdet nedanför landborgen.

Innehållsförteckning

1 Inledning och bakgrund 6
1.1 Läsanvisning 7

2 Sannolikhet och återkomsttid 8

3 Tidshorisont 10

4 Vattenstånd 11
4.1 Begrepp 11
4.2 Vetenskapligt kunskapsunderlag 12
4.3 Helsingborg stads underlagsrapporter 16
4.4 Förslag till scenarier 18
4.4.1 Medelvattennivå 18
4.4.2 Tidvatten 19
4.4.3 Lokala effekter 20
4.4.4 Sammanställning 22

5 Nederbörd 23
5.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag 23
5.2 Helsingborg stads underlagsrapporter 26
5.3 Förslag till scenarier 26

6 Vind 28
6.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag 28
6.2 Helsingborg stads underlagsrapporter 28
6.3 Förslag till scenarier 28

7 Flöde i Råån 29
7.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag 29
7.2 Helsingborg stads underlagsrapporter 30
7.3 Förslag till scenarier 30

8 Grundvatten 32
8.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag 32
8.1.1 Topografi 32
8.1.2 Geologi 32

8.1.3 Grundvatten 32
8.1.4 Grundvattennivåer i stadsmiljö 33
8.1.5 Grundvattennivåer vid tillfälliga högvatten 33
8.1.6 Grundvatten i ett förändrat klimat 33
8.2 Tidigare studier 33
8.3 Förslag till scenarier 34

9 Kombination av händelser 35

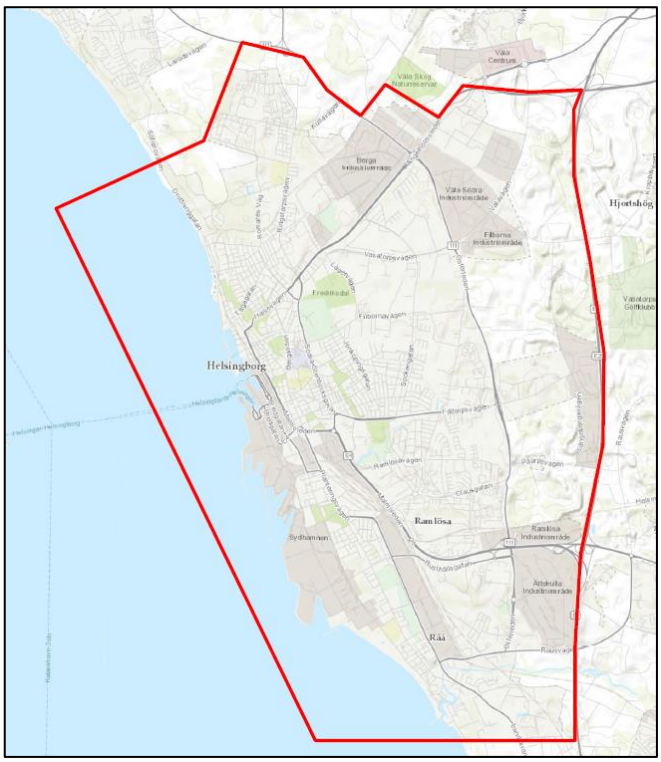
10 Referenser 36

1 Inledning och bakgrund

Helsingborgs stad arbetar sedan flera år med att studera hur förändringar av klimatet kan påverka staden. Föreliggande PM är en fortsättning på detta arbete. Sweco har givits i uppdrag att upprätta en klimatanalys med syfte att identifiera områden i staden som är riskutsatta vid högvatten, skyfall eller höga flöden i Råån. Undersökningsområdet definieras av figur 1.1. Arbetet har delats in i etapper enligt följande:

- Genomgång av kunskapsunderlag och rekommendationer om lämpliga scenarier för fortsatt arbete.
- Översiktlig analys och identifiering av högriskområden baserat på valda scenarier.
- Detaljerad undersökning av utvalda högriskområden.
- Sammanställning av slutrapporter. Kan användas som underlag för att ta fram en klimatanpassningsplan för staden.

Föreliggande PM utgör första delen av klimatanalysen. Syftet med genomgången är att presentera kunskapsläget avseende klimatförändringen samt att i möjligaste mån bygga vidare på Helsingborgs stads tidigare arbete. Genomgången kommer att resultera i rekommendationer kring vilka scenarier för vattenstånd, nederbörd, flöde i Råån och grundvatten som anses lämpliga att använda som input till de fortsatta studierna.



Figur 1.1 Undersökningsområde för klimatstudien.

1.1 Läsanvisning

Föreliggande PM är indelat så att *Vattenstånd, Nederbörd, Vind, Flöden i Råån* och *Grundvatten* behandlas i egna huvudkapitel. Till varje huvudkapitel finns tre delkapitel.

Vetenskapligt kunskapsunderlag:

En genomgång av aktuellt vetenskapligt kunskapsunderlag. I de fall platsspecifik mätdata analyseras så presenteras det under detta delkapitel.

Underlag om högvatten i Helsingborg:

En genomgång av Helsingborgs stads tidigare arbete gällande höga vattennivåer i Helsingborg. De underlagsrapporter som har studerats är:

- Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys – naturolyckor - del av ÖP 2010 (SMHI/SGI, 2009).
- Framtida vattennivåer i Helsingborg, rapport nr 2010-55 (SMHI, 2010).
- Tolkning av framtida vattennivåer i Helsingborg (DHI, 2010).
- H+ Stigande Havsnivå, Sårbarhetsanalys och förslag på anpassningsåtgärder för stigande havsnivåer i tidsperioden 2010 – 2100 (Helsingborgs stad, m.fl., 2010).

Förslag till scenarier:

En presentation av vilka scenarier Sweco föreslår ska användas i den inledande analysen då riskutsatta områden i Helsingborg ska identifieras.

Föreliggande PM avslutas med en diskussion om hur faktorerna högvatten, nederbörd och högflöde lämpligen kan kombineras i den inledande studien.

2 Sannolikhet och återkomsttid

Vid dimensionering av tekniska system används begreppet återkomsttid för att beskriva dimensionerande händelser. Återkomsttid misstolkas ofta som en händelse som händer en gång per visst antal år, vilket är felaktigt. Definitionsmässigt är återkomsttid en beskrivning av den statistiska sannolikheten att en viss händelse inträffar under ett givet år. Skillnaden kan tyckas liten, men tankesättet att en viss händelse endast inträffar en gång per visst antal år skapar en falsk känsla av att ett tekniskt system är robustare än vad som egentligen är fallet. Vald dimensionerande återkomsttid ska tolkas som ett mått på den sannolikhet som accepteras varje enskilt år att den dimensionerande händelsen för ett tekniskt system överskrids. Eftersom dimensionerande återkomsttid är ett val blir även den accepterade risknivån ett val. Sannolikheten för en 10-årshändelse är varje givet år 1/10=10%, en 100-årshändelse är 1/100=1%, och så vidare.

De flesta tekniska system har en livslängd som är betydligt längre än 1 år. Det är i praktiken sällan intressant att veta sannolikheten att en dimensionerande händelse överskrids ett godtyckligt år, istället är det sannolikheten att en dimensionerande händelse överskrids någon gång under en längre tidsperiod som är av betydelse. Detta kallas den ackumulerade sannolikheten. Tidsperioden för vilken den ackumulerade sannolikheten studeras kan vara det tekniska systemets livslängd, men den kan också vara kortare beroende på vilka konsekvenserna av att den dimensionerande händelsen överskrids är. I tabell 2.1 visas hur den ackumulerade sannolikheten för ett antal olika återkomsttider förändras beroende på hur lång period som studeras. Det framgår exempelvis att sannolikheten att en 100-årshändelse inträffar eller överskrids under en 100-årsperiod är 63%. Det är alltså mer sannolikt att ett tekniskt system som har dimensionerats för en 100-årshändelse överbelastas under en 100-årsperiod än att det inte inträffar.

Tabell 2.1 Beskrivning av den ackumulerade sannolikhet som erhålls vid en given återkomsttid sett över en given period.

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%

Förutom att beakta den ackumulerade sannolikheten över längre tid är det även viktigt att beakta de underliggande brister som finns i de statistiska analyser som används när återkomsttid beräknas. Återkomsttid beräknas generellt sett genom analys av historiska data och beräkningarna kommer alltid att begränsas av mätseriens längd och kvalitet. Ju

kortare mätserien är desto större kommer osäkerheten att vara när händelser med lång återkomsttid beräknas. Som tumregel bör beräkningar som sträcker sig längre än till cirka dubbla den underliggande mätseriens längd inte göras. Det är en god vana att betrakta beräknade återkomsttider som indikationer på sannolika intervall snarare än som absoluta nivåer, särskilt när långa återkomsttider beräknas.

3 Tidshorisont

Sweco rekommenderar att det fortsatta arbetet görs med två olika tidsperspektiv, dels ett medellångt 50-årsperspektiv fram till år 2065 och 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 risk att skydden visar sig vara oändamålsenliga på grund av osäkerheten i de indata som använts vid dimensionering. Det råder även osäkerhet kring samhällets övriga utveckling när man tittar långt in i framtiden 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 sådant sätt att nyexploatering 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.

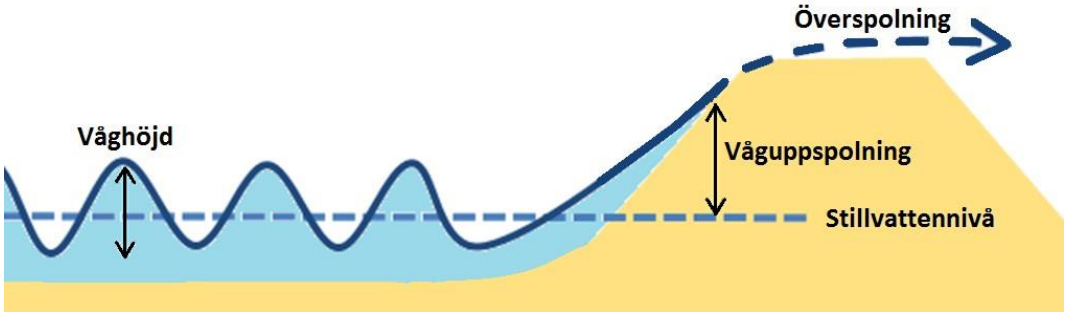
4 Vattenstånd

4.1 Begrepp

För att beskriva en vattenytas läge används begreppet vattenstånd. När vattenståndet mäts så inkluderas inte effekter av vågor, utan det är vattenytans jämviktslinje som mäts, kallad stillvattennivån (Figur 4.1). Vattenståndet förändras ständigt på grund av väder-system, tidvatten, med mera, men variationerna sker långsamt (timmar till dagar) och är svåra att följa med blotta ögat.

Förutom vattenståndet så påverkar även vågor vattenytans läge. Vågor får vattenytan att svänga kring en jämviktslinje (det rådande vattenståndet). Vattenytans svängning kan tydligt följas med ögat. Svängningens högsta punkt kallas för vågens topp, den lägsta för vågens dal. Avståndet mellan vågdal och vågtopp kallas för våghöjd.

När en våg träffar land kan den ”glida” upp längs landslänter och på så sätt nå högre än vad motsvarande vågs vågtopp når ute i vattnet (Figur 4.1). Den höjd som vattnet når över stillvattenlinjen kallas för (våg-)uppspolningshöjden. Om vågen glider högre än slänten kommer vatten att rinna över släntens krön, vilket kallas (våg-)överspolning.



Figur 4.1 Illustration av vanliga begrepp för att beskriva vattenytans läge i en kustmiljö.

Medelvattenståndet motsvarar en genomsnittlig vattennivå sett över året. Eftersom både havsnivån och landnivån förändras över tid så förändras även havets medelvattenstånd. I dagsläget används beräkningsformler från SMHI för att beräkna medelvattenståndet, baserat på historiska mätserier av vattenståndet på platsen. Klimatförändringar leder dock till att havsnivån kommer att stiga snabbare än vad som historiskt har varit fallet, så framtida medelvattenstånd beräknas genom klimatmodellering.

Högvattenstånd är i princip alla vattenstånd som ligger över medelvattenståndet. I över-svämningssammanhang är det mest intressant att tala om högvatten som orsakar skadligt höga vattennivåer, det vill säga ligger mycket över medelvattenståndet. För att beskriva sannolikheten att ett högvatten inträffar används begreppet återkomsttid (se kapitel 2). I takt med att medelvattenståndet stiger krävs det lägre och lägre högvatten för att en given vattennivå ska uppnås, vilket betyder att det blir vanligare och vanligare att nivån uppnås (sannolikheten ökar och återkomsttiden minskar).

4.2 Vetenskapligt kunskapsunderlag

I SMHI:s klimatanalys för Skåne län (SMHI, 2012) görs en genomgång av internationella referenser gällande stigande havsnivå. Resultaten visas i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Sammanställning av internationella referenser gällande förväntad havsnivåstigning. Tabell hämtad från (SMHI, 2012).

Datum	Källa	Referensperiod	Höjning till ungefär år 2100 (cm)
Januari 2007	*IPCC (2007)*	1980 – 1999	18 – 59 (exkl. isdynamik)
Hösten 2008	*Deltacommissie (2008) (Holland)*	1990	55 – 120
April 2009	*Rummukainen och Källén (2009)*	2009	*”det kan röra sig om en meter under de närmaste åren”*
Juni 2009	*Ministry of Natural Resources and Environment (2009), Vietnam*	1980 – 1999	75 (65 – 100)
Juni 2009	*UK Climate Projections science report (Lowe et al.,2009)*	1980 – 1999	11,6 – 75,8 runt Storbritannien och Irland
September 2009	*Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap I Norge (2009)*	2000 – 2100	80
November 2009	*Copenhagen diagnosis (2009)*	1980 – 1999	”at least twice as much as projected by Working Group1 of the IPCC AR4” *”it may well exceed 1 m”*
November 2009	*NOAA (2009)*	*”slutet av seklet”*	3 – 4 fot (90 – 120 cm)
November 2009	*Netherland Environmental Assessment Agency PBL et al. (2009).*	1990 – 2100	55 – 110 (40 – 105 lokalt för Holland)
Februari 2010	*Australian Department of Climate Change (2010)*	1990 – 2100	110
Februari 2011	*Köpenhamns klimatanpassningsplan (Københavns Kommune, 2011)*	2010 – 2110	100
2011	*SWIPA 2011 Assessment (AMAP, 2011)*	1990 – 2100	90 – 160

SMHI bedömer mot bakgrund av internationella studier att 1 m är en rimlig övre gräns för hur mycket den globala havsytan kommer att stiga under perioden 1990 – 2100 (SMHI, 2012). SMHI:s bedömning ligger väl i linje med de siffror som presenteras i IPCC senaste sammanställning av kunskapsläget i världen (IPCC, 2013). I Assessment Report 5 (AR5) anges för klimatscenario RCP8,5, det klimatscenario med högst stigning av global

medeltemperatur, cirka 4 grader fram till år 2100, att den globala medelvattenytan kommer att stiga mellan 0,52 och 0,98 m, med ett medel av 0,74 m[1] (IPCC, 2013). SMHI:s bedömning av en övre rimlig gräns ligger således fortfarande i linje med den senaste klimatforskningen.

I stora delar av Sverige kommer havsvattenytans stigning inte att upplevas som lika stor som den egentligen är eftersom landhöjningen motverkar effekterna av stigande havsnivå. Landhöjningen vid Viken är enligt (SMHI, 2012) 0,13 cm/år. I tabell 4.2 visas den upplevda stigningen av havsmedelnivån efter kompensation för landhöjningens effekter (SMHI, 2012). Tabellen baseras på en global stigning av medelvattenytan med 100 cm fram till år 2100.

Tabell 4.2 Upplevd förändring av medelvattennivån i Helsingborg efter att landhöjningens effekter har inkluderats. Höjningen presenteras både relativt medelvattenståndet år 1990 och relativt RH2000.

Medelvattenstånd	1990	2011	2100
Relativt 1990 års medelvattenstånd	+ 0 cm	+ 2 cm	+ 86 cm
Relativt RH2000	+ 5 cm	+ 7 cm	+ 91 cm

SMHI har utfört frekvensanalys på data från Vikens mätstation för att beräkna representativa återkomsttider för högvatten på platsen (SMHI, 2012). Resultaten presenteras i tabell 4.3. Högvatten anges av SMHI både relativt en medelvattenyta och relativt RH2000. SMHI antar att högvattnets värde relativt medelvattenytan inte kommer att påverkas av klimatförändringar eftersom vindklimatet inte påtagligt förväntas förändras, se vidare kapitel 6, men i och med att medelvattenytan i sig stiger kommer högvatten att nå högre år 2100 än år 2011. Detta framgår av att högvattennivån relativt RH2000 är högre år 2100 än 2011. Det är viktigt att beakta att osäkerheten i beräkningarna ökar med ökande återkomsttider, vilket framgår av att 95 % konfidensintervall ökar med ökande återkomsttid.

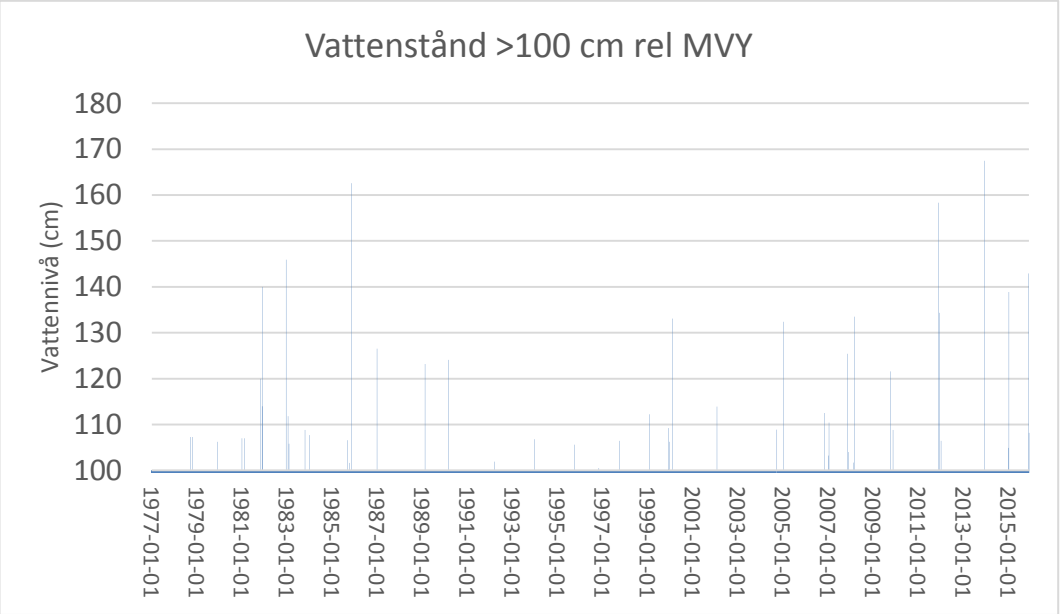
[1] IPCC anger stigningen relativt värdet 1986-2005, alltså en något annan period än SMHI. Skillnaden är dock försumbar i förhållande till modellosäkerheter.

Tabell 4.3 *SMHI:s beräknade högvatten för Viken (1976-2010) med 10- (HW10), 50- (HW50) och 100-års återkomsttid (HW100). Värden anges relativt medelvattenytan och relativt RH2000. Kursiv text anger 95 % konfidensintervall (SMHI, 2012).*

År	**Medel-vattenyta**	**Relativt medelvattenytan**			**Relativt RH2000**		
		HW10*	**HW50**	**HW100**	**HW10***	**HW50**	**HW100**
2011	+7	+139 *(129-139)*	+160 *(153-193)*	+167 *(151-211)*	+146 *(136-146)*	+167 *(153-200)*	+174 *(158-218)*
2100	+91	+139 *(129-139)*	+160 *(153-193)*	+167 *(151-211)*	+230 *(220-247)*	+250 *(236-284)*	+258 *(242-302)*

** År 2011 är den övre siffran i konfidensintervallet för HW10 samma som HW10. Detta är sannolikt en felskrivning i SMHI:s rapport.*

SMHI:s frekvensanalys omfattar perioden 1976-2010. Sedan 2010 har flera kraftiga stormar inträffat som har orsakat högvatten i Öresund, exempelvis första adventsstormen 2011, Sven 2013, Egon och Gorm 2015. I figur 4.2 visas alla tillfällen då högvatten högre än 100 cm över medelvattenytan har uppmätts i Viken. Det framgår tydligt att de senaste fem åren har varit ovanligt stormiga.



Figur 4.2 *Vattenstånd högre än +100 cm över medelvattenytan för perioden 1976 – 2015. Observera att 2010 – 2015 har varit en för perioden ovanligt stormig tid, och att effekten av dessa stormar inte finns med i tidigare analyser.*

En ny frekvensanalys har genomförts av Sweco för perioden 1976 – 2015[2], en period av 40 år. Frekvensanalysen har gjorts med programvaran CumFrec. I programvaran tilldelas observerade värden en återkomsttid (T) enligt formeln T=1/P där P=R/(N+1)[3]. Efter att observerade värden har tilldelats en återkomsttid så anpassas en statistisk fördelning till de observerade värdena så att extrapolation kan göras. Den statistiska fördelning som har valts är Gumbel. En tumregel vid frekvensanalyser är att extrapolation inte bör göras längre än till dubbla mätseriens längd, vilket innebär att extrapolation till cirka en 80-årshändelse kan göras av mätserien från Viken. En extrapolation till en 100-årshändelse bedöms som rimlig, men det understryks att osäkerheterna i beräkningsresultat för 100-årshögvatten kommer att vara stora. Resultatet av frekvensanalysen visas i tabell 4.4.

Tabell 4.4 Beräknade resultat för högvatten efter att frekvensanalys gjorts för perioden 1976 – 2015.

Vattenstånd	**Relativt MVY (cm)**	**Relativt RH2000 (cm)**		
		År 2015	**År 2065**	**År 2100**
Medelvattenyta	+ 0 cm	+ 8 cm*	+ 50 cm**	+ 100 cm**
10-årshändelse	+ 147 cm *(139-163)*	+ 155 *(147-171)*	+ 197 cm *(189-213)*	+ 247 cm *(239-263)*
25-årshändelse	+ 167 cm *(157-186)*	+ 175 cm *(165-194)*	+ 218 cm *(207-236)*	+ 267 cm *(257-286)*
50-årshändelse	+ 182 cm *(171-205)*	+ 190 cm *(179-213)*	+ 232 cm *(221-255)*	+ 282 cm *(271-304)*
100-årshändelse	+ 196 cm *(183-223)*	+ 204 cm *(191-231)*	+ 246 cm *(233-273)*	+ 296 cm *(283-323)*

** värde baserat på SMHI:s formel för beräkning av årets medelvattenstånd*

*** värde baserat på SMHI:s klimatanalys för Skåne län*

Natten mellan 25-26 december år 1902 drabbades södra Sverige av vindar i orkanstyrka under den så kallade julstormen. Det finns uppgifter om att vattennivån i Laholmsbukten låg 8 fot (ca 2,4 m) över det normala (SMHI, 2015-12-07). I Skälderviken anges havet ha nått 1000 m inåt land (SMHI, 2015-12-07). Mätningarna får betraktas som osäkra, och specifika värden för vattenstånden i Helsingborg är inte kända. I brist på säkrare underlag rekommenderas att en högvattensituation av +2,4 m används som extremsituation.

[2] Nivåmätningar för Viken anges relativt RH2000. Alla värden har justerats till värde relativt medelvattenståndet. Respektive års medelvattenstånd relativt RH2000 beräknas enligt formeln 4,7-(-0,1)*(YYYY-1986) där YYYY är mätvärdets år.

[3] T=återkomsttid, P=sannolikhet, R=rank, N=antalet värden i mätserien.

4.3 Helsingborg stads underlagsrapporter

Helsingborg stads tidigare underlagsrapporter bygger till stor del på varandra, men vissa skillnader förekommer. I tabell 4.5 sammanfattas vilka parametrar som har inkluderats i respektive studie. Studierna har också studerat olika tidshorisonter. I tabell 4.6 visas vilka tidshorisonter som har inkluderats i respektive utredning.

Tabell 4.5 Parametrar som har inkluderats i tidigare studier.

Parametrar som inkluderats	(SMHI/SGI, 2009)	(SMHI, 2010)	(DHI, 2010)	(Helsingborgs stad, m.fl., 2010)
Global havsnivåhöjning	X	X	X	X
Absolut landhöjning**	X	X	X*	X*
Dynamisk vinduppstuvning	X	X	X	X
Statisk vinduppstuvning	X	X	X	X
Vågor	-	-	X	X
Tidvatten	-	-	-	-
100-årshögvatten	X	X	X	X
50-årshögvatten	X	X	-	-

** det anges inte uttryckligen att landhöjningen har inkluderats, men det följer av den presenterade medelvattenstigningen att så är fallet.*

*** landhöjning anges i underlag till ÖP vara 0,15 cm/år, något högre än de 0,13 cm/år som anges i SMHI (2012). Skillnaden får dock ingen praktisk betydelse.*

Tabell 4.6 Perioder som har studerats i respektive utredning.

Tidshorisont	**(SMHI/SGI, 2009)**	**(SMHI, 2010)**	**(DHI, 2010)**	**(Helsingborgs stad, m.fl., 2010)**
År 2010	X	X	X	-
År 2035	-	X	X	X
År 2050	-	X	X	X
År 2100	X	X	X	X
År 2150	-	X	-	-
År 2200	-	X	-	-

I flera av underlagsstudierna anges vattenstånd både relativt medelvattenytan år 2010 och relativt RH2000. Kontrollräkning visar att vad som anges vara förändring relativt medelvattenytan år 2010 i själva verket är förändring relativt medelvattenytan år 1990. Skillnaden är dock marginell, då medelvattenståndet år 2010 endast låg 2 cm högre än

medelvattenståndet år 1990[4]. I tabell 4.7 redovisas de värden som har presenterats i tidigare studier.

Tabell 4.7 Värden som har presenterats i tidigare studier.

Parameter	(SMHI/SGI, 2009)	(SMHI, 2010)	(DHI, 2010)	(Helsingborgs stad, m.fl., 2010)
Global havsnivåstigning 1990-2050	-	30 cm	-	-
Absolut landhöjning*** 1990-2050	-	9 cm	-	-
Havsnivåstigning i Hbg 1990-2050	-	21 cm*	-	-
Global havsnivåstigning 1990-2100	38 cm / 79 cm**	100 cm	100 cm	100 cm
Absolut landhöjning*** 1990-2100	16 cm	16 cm	16 cm	16 cm
Havsnivåstigning i Hbg 1990-2100	22 cm / 63 cm**	84 cm*	84 cm	84 cm
Dynamisk vinduppstuvning	15 cm	15 cm	15 cm	15 cm
Statisk vinduppstuvning	20 cm	20 cm	20 cm	20 cm
Vågor	-	-	45 cm	45 cm
100-årshögvatten	168 cm	167 cm	167 cm	167 cm
50-årshögvatten	161 cm	160 cm	-	-

** i rapporten anges höjningen vara relativt MVY 2010, men det är MVY 1990*

*** lågt respektive högt utsläppsscenario*

**** landhöjning anges i underlag till ÖP vara 0,15 cm/år, något högre än de 0,13 cm/år som anges i SMHI (2012). Skillnaden får dock ingen praktisk betydelse.*

[4] Medelvattenståndet i Viken relativt RH2000 beräknas enligt formeln 4,7-(-0,1)*(YYYY-1986), där YYYY motsvarar det studerade året

4.4 Förslag till scenarier

Sweco rekommenderar att scenarier studeras i två tidsperspektiv, år 2065 och år 2100. För varje tidsperspektiv rekommenderas att två händelser studeras:

1. En stillvattenyta motsvarande ett 100-årshögvatten. Sannolikheten att 100-årshögvattnet inträffar under ett enskilt år är liten (1%), men sett till en längre period (50 eller 100 år) är den ackumulerade sannolikheten hög (ca 40% respektive ca 60%). 100-årshögvattnet används för att avgränsa områden som kan förväntas drabbas av översvämning minst en gång under en 50- till 100-årsperiod, en i sammanhanget rimlig tidsperiod. Efter att avgränsningen är gjord kommer närmare konsekvensstudier att krävas för att avgöra var/om det är motiverat att minska utsattheten genom att anlägga skydd, eller om enstaka översvämningar är acceptabla.
2. En stillvattenyta motsvarande ett extremhögvatten. Som extremscenario används det högsta kända vattenståndet i modern tid för regionen. Det är sannolikt inte samhällsekonomiskt lönsamt att skydda all bebyggelse och infrastruktur mot så extrema vattenstånd, däremot bör det säkerställas att samhällskritisk service inte slås ut. Händelsen används för att avgränsa i vilken utsträckning samhällskritisk service hotas vid extremhögvatten i Öresund.

Resonemanget ovan ger totalt fyra olika scenarier att studera i fortsatt arbete. Förutom högvattensituationen kommer även medelvattenytans nivå (vilken skiljer sig mellan år 2065 och år 2100), tidvatten samt eventuella lokala vind- och vågeffekter att inkluderas.

4.4.1 Medelvattennivå

I (SMHI, 2010) anges den globala medelvattenytan stiga 30 cm under perioden 1990-2050, och ytterligare 70 cm under perioden 2050-2100. I föreliggande rapport studeras år 2065 och 2100. SMHI:s klimatanalys för Skåne (SMHI, 2010) anger inget värde för medelvattenytans nivå år 2065, men antaget en linjär stigning mellan 2050-2100 kommer den årliga stigningen att vara 70/50=1,4 cm/år. Stigningen kommer inte att vara linjär, men osäkerheten i antagandet är liten i förhållanden till osäkerheten kring prediktion om global medelvattenstigning. Antaget en linjär stigning kommer den globala medelvattenytan år 2065 att vara (30 cm + (1,4 cm/år * 15 år)) = 51 cm högre än 1990 års medelvattenyta. Under samma period kommer den absoluta landhöjningen att vara 0,13 cm/år * 75 år = 10 cm (SMHI, 2012), vilket betyder att den upplevda höjningen av medelvattenytan fram till år 2065 kommer att vara 51 cm – 10 cm = 41 cm. År 2100 kommer medelvattenytans höjning efter kompensation för landhöjning att vara 86 cm relativt år 1990.

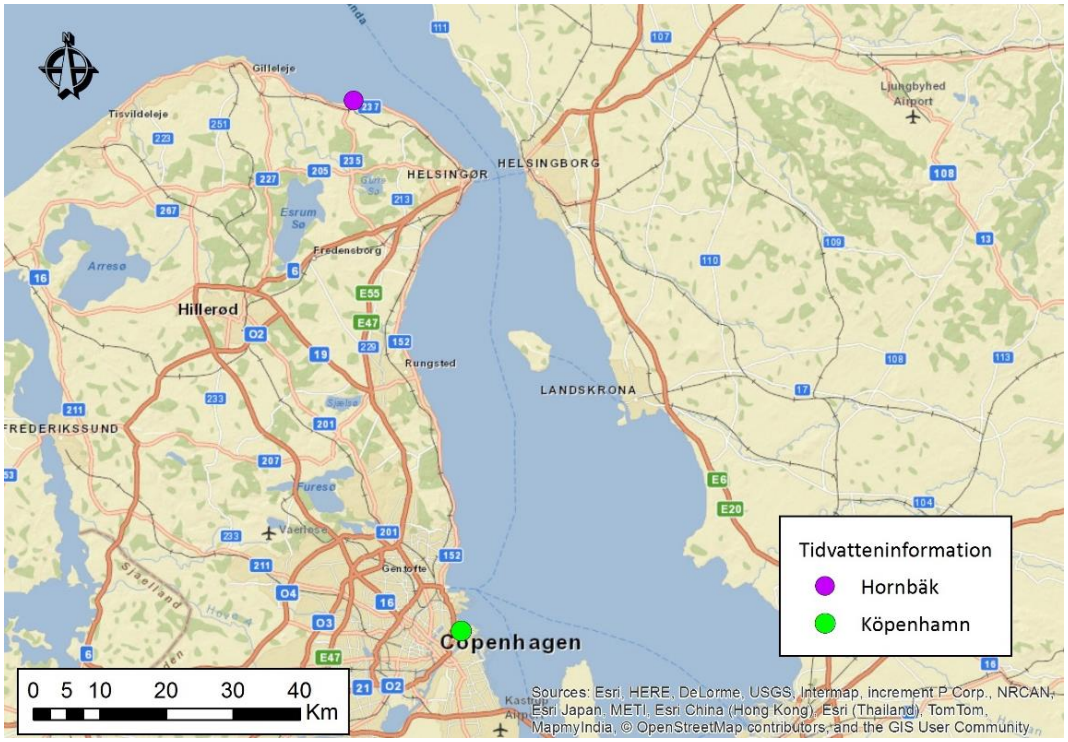
Beräkningarna ovan är indikationer på förväntad utveckling, inte exakta nivåer som kommer att gälla. Sweco rekommenderar att Helsingborg planerar för en medelvattennivå av +0,5 m fram till år 2065 och +1,0 m fram till år 2100 relativt RH2000, enligt tabell 4.8.

Tabell 4.8 Rekommenderade nivåer för medelvattenyta år 2065 och 2100 vid fortsatta studier.

	År 2065		**År 2100**	
	Relativt vattenyta 1990	**Relativt RH2000**	**Relativt vattenyta 1990**	**Relativt RH2000**
MVY för fortsatta studier	+41 cm	Ca +50 cm	+ 86 cm	Ca + 100 cm

4.4.2 Tidvatten

Tidvattenamplituden i Öresund är liten. DMI (danska meteorologiska institutet) har beräknat tidvattenamplituden till cirka 10 cm vid Köpenhamn och Hornbæk, se Figur 4.3 (DMI, 2016). SMHI anger att tidvattenamplituden i Kattegatt vanligtvis är cirka 5 cm, men att den vid springflod kan stiga upp mot 20 cm (SMHI, 2016). Tidvattenamplituden i Östersjön begränsas enligt SMHI av Öresund till några centimeter i södra Östersjön och någon centimeter i övriga Östersjön.

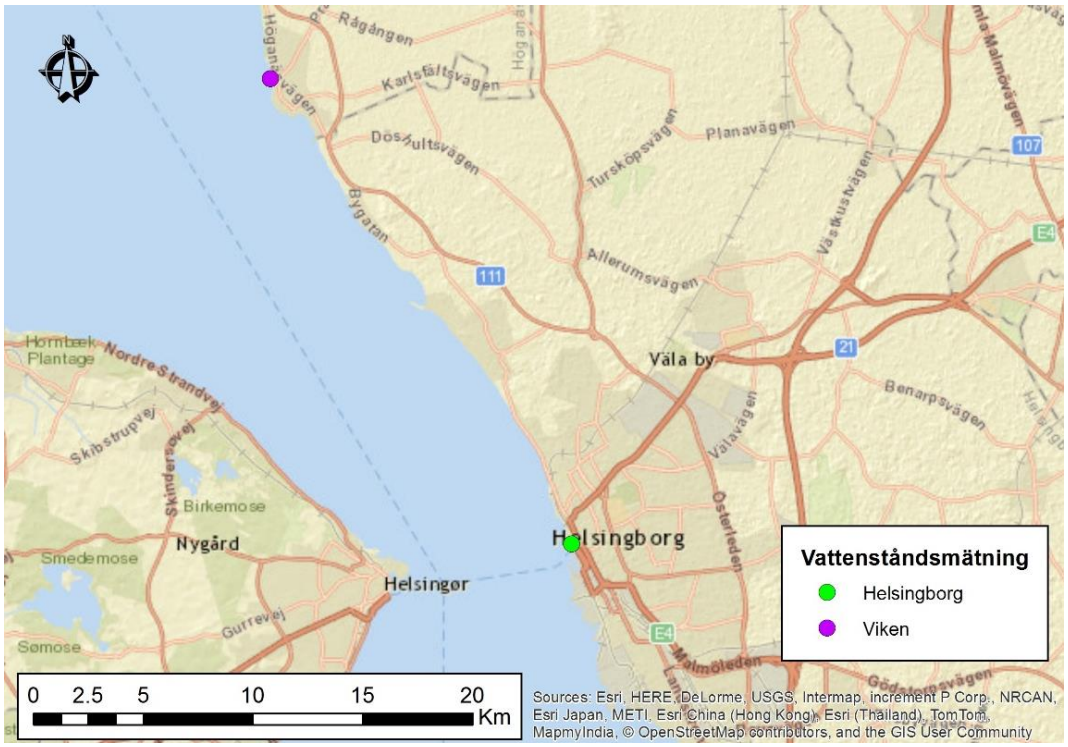


Figur 4.3 Punkter där DMI beräknar tidvattenamplituden.

Helsingborgs läge nära Hornbæk och i de trånga delarna av Öresund gör, med ledning av SMHI:s och DMI:s beskrivningar av tidvatten i området, att en tidvattenamplitud av 10 cm bedöms som lämplig att inkludera.

4.4.3 **Lokala effekter**

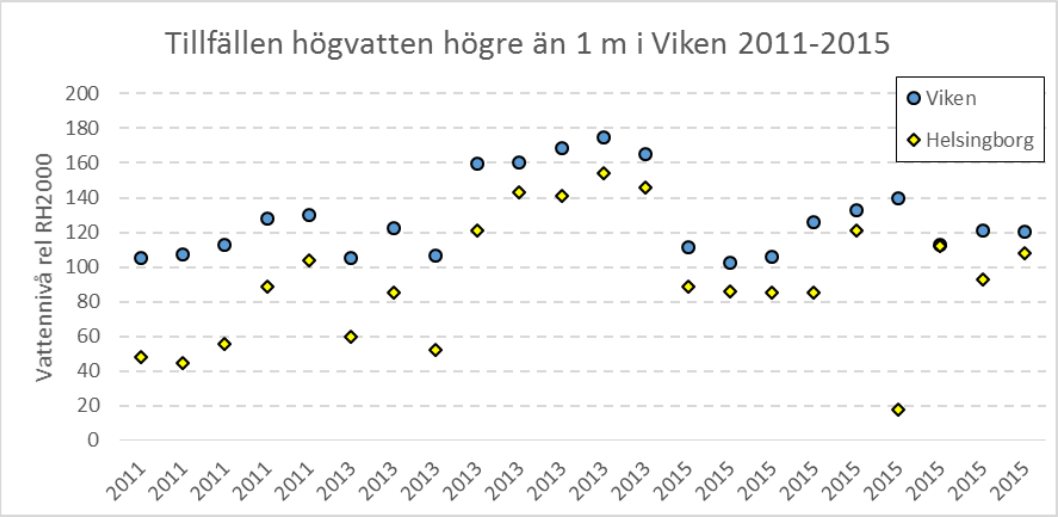
Vid angivande av dimensionerande vattennivå har tidigare studier, förutom beräknade högvatten, inkluderat statiska och dynamiska vinduppstuvningseffekter. Uppstuvnings-beräkningarna har då gjorts med antagande om nordliga vindar och att det var land mellan Helsingör och Helsingborg (Signild Nerheim, SMHI, pers.kon.). Beräknings-antagandena är mycket konservativa. När dimensionerande högvatten har beräknats i tidigare studier har det gjorts baserat på mätningar från Viken, som ligger cirka 25 km norr om Helsingborg (Figur 4.4).



Figur 4.4 Mätstationer för vattenstånd i Viken (SMHI) och i Helsingborg (Helsingborgs hamn).

I Vikenserien finns effekter av vinduppstuvning inkluderat, så enda anledningen att beräkna ytterligare vinduppstuvningseffekter skulle vara om vinduppstuvningen befaras vara större i Helsingborg än i Viken. I syfte att studera om så är fallet jämförs i figur 4.5 ett urval av mätningar av vattenstånd i Viken med mätningar vid samma tidpunkt från Helsingborgs hamn. Endast tillfällen med vattenstånd högre än +100 cm relativt RH2000 visas. Mätdata sträcker sig över perioden 2011-2015. Om vinduppstuvningseffekterna vore mer påtagliga i Helsingborg än i Viken borde detta resultera i genomgående högre vattenståndsmätningar i Helsingborg. Så är inte fallet. Tvärtom, det framgår att vattenstånden i Helsingborgs hamn genomgående är lägre än i Viken. Något behov av att lägga till ytterligare vinduppstuvningseffekter utöver vad som registreras i Vikens mätserie finns således inte. Värt att notera är att skillnaden i vattenstånd tycks vara störst i början av mätserien och sedan succesivt avta. En närmare studie av mätserierna visar att

skillnaden sannolikt beror på ett systematiskt mätfel i någon av stationerna under 2011, och inte någon förändring vattenståndet.



Figur 4.5 *Jämförelse av mätvärden då vattenyta (VY) finns att tillgå för både Viken och Helsingborgs hamn. Endast tillfällen då VY i Viken har varit högre än 100 cm relativt RH2000 visas. Figuren visar att vattennivån genomgående ligger lägre i Helsingborg än i Viken. Det finns därmed ingen anledning att addera ytterligare vinduppstuvningseffekter till mätserien från Viken för att göra den representativ för Helsingborg. Mätperioden sträcker sig mellan 2011-2015.*

I vissa tidigare studier har våghöjder lagts till den dimensionerande vattennivå som föreslagits. Våghöjden har i dessa studier angivits som 0,9 m, vilket ger en höjning ovan stillvattenytan av 0,45 m (DHI, 2010). Ingen härledning till hur våghöjden är beräknad står att finna i studerat underlagsmaterial.

Vid dimensionering av kustskydd ska vågor inkluderas genom att beräkna våguppspolningshöjden. Det är däremot inte lämpligt att inkludera vågor i en generell nivå när riskutsatta områden ska identifieras, eftersom vågornas effekter sällan når längre sträckor inåt land. Sweco rekommenderar därför inte att vågor inkluderas i den inledande analysen som syftar till att identifiera riskutsatta områden, utan beaktas först när olika typer av skydd och skyddsnivåer längs kusten ska studeras.

4.4.4 Sammanställning

I tabell 4.9 presenteras de parametrar som används för att bestämma en lämplig stillvattenyta för inledande studier tillsammans med de beräknade stillvattennivåerna. Stillvattenytan presenteras både för ett högt men inte osannolikt scenario (100-årshändelse) och för en mycket extrem situation (Julstormen 1902).

Tabell 4.9 Tabell över de parametrar som används för att bestämma rekommenderad stillvattennivå vid ett 100-årshögvatten samt vid en mycket extrem situation (Julstormen 1902). Rekommendation ges för år 2065 och år 2100.

Ingående parameter	År 2065	År 2100
Medelvattennivå rel. RH2000	*+0,5 m*	*+1,0 m*
Extra vinduppstuvningseffekter	*Ej nödvändigt*	*Ej nödvändigt*
Vågor	*Inkluderas först vid dimensionering av kustskydd*	*Inkluderas först vid dimensionering av kustskydd*
Tidvatten	*0,1 m*	*0,1 m*
100-årshögvatten	*+2,0 m*	*+2,0 m*
Stillvattenyta vid 100-årshögvatten, rel. RH2000	**+2,6 m**	**+3,1 m**
Extremhögvatten	*+2,4 m*	*+2,4 m*
Stillvattenyta vid extremhändelse (Julstormen 1902), rel. RH2000	**+3,0 m**	**+3,5 m**

Tabell 4.10 Ackumulerad sannolik för en 100-århändelse.

	Undersökt period [år] n=					
	10	**20**	**30**	**50**	**85**	**100**
100-årshögvatten	10%	18%	26%	39%	57%	63%

5 Nederbörd

5.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag

Klimatförändringarnas påverkan på nederbörd kan beskrivas på olika sätt, exempelvis förändring av årsmedelnederbörd, fördelning av nederbörd över året, förändring av antalet dagar med kraftig nederbörd (av SMHI definierat som >10 mm/dygn) eller förändring av maximal dygnsnederbörd. Inga av dessa parametrar bedöms vara lämpliga när risken för urban översvämning ska studeras, eftersom översvämningen ofta beror av skyfall med kortare tidsskala är dygn. SMHI har studerat förväntad förändring av regnmängd vid extrem korttidsnederbörd till följd av klimatförändringar (SMHI, 2013). Studien visar regionala förändringar av 10-årsregnet till följd av ett förändrat klimat (tabell 5.1). I studien anges att förändringen av 100-årsregnet kommer att vara snarlik, med bara någon procentenhets skillnad.

Tabell 5.1 Förväntad förändring av regnmängd för 10-årsregn med olika varaktighet. Förändringen är relativt referensperioden 1981-2010. Förändring av 100-årsregn kommer att vara snarlik.

Varaktighet	Förändring 2041-2070	Förändring 2071-2100
30 min	+5% till +10%	+20% till +25%
1 tim	+5 till +10%	+20% till +25%
3 tim	+5 till +10%	+15% till +20%
6 tim	+5 till +10%	+15% till +20%

I dagsläget beräknas dimensionerande regn med hjälp av Dahlströms formel så som den presenteras i Svenskt vattens publikation P104. Beräkningsmetodiken är samma som beskrivs i arbetsmaterialet av P110. Resultaten visas i tabell 5.2.

Tabell 5.2 Regnmängder beräknade med Dahlströms formel enligt P104.

Varaktighet	1-årsregn	10-årsregn	100-årsregn
30 min	10 mm	21 mm	45 mm
1 tim	12 mm	26 mm	55 mm
3 tim	17 mm	35 mm	72 mm
6 tim	22 mm	42 mm	85 mm

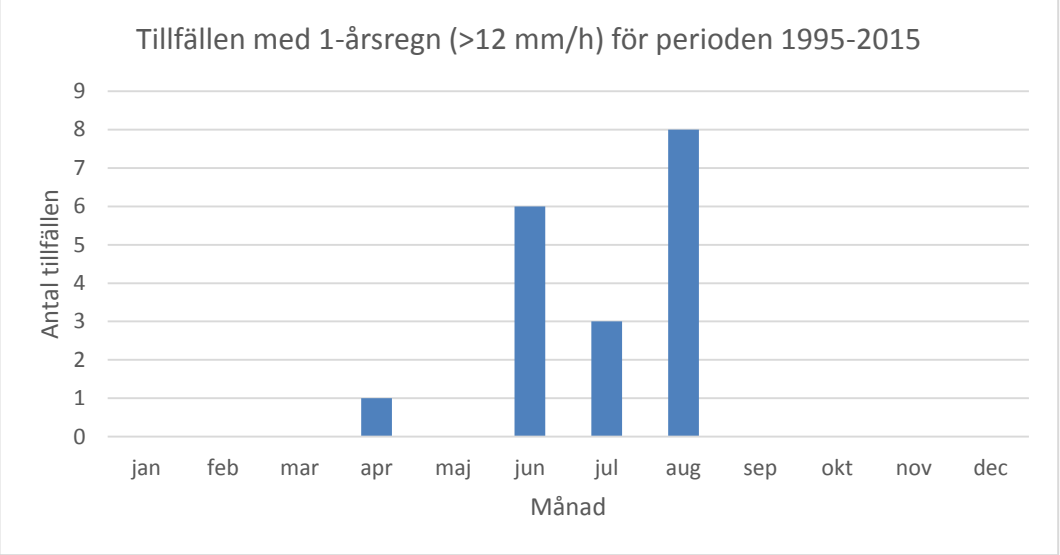
De senaste åren finns flera exempel på mycket kraftiga skyfall i Helsingborgs närområde, se tabell 5.3. Eftersom extrema skyfall kan vara mycket lokala finns det inget som garanterar att regnmätaren i de aktuella fallen låg inom den mest intensiva delen av regnovädret.

Tabell 5.3 Exempel på skyfall i Helsingborgs närområde de senaste åren.

Plats	Tidpunkt	Mängd	Tid
Köpenhamn	Juli 2011	150 mm	1,5 timme
Malmö	Augusti 2014	70,9 mm	3 timmar
Jönköping	Juli 2013	70 mm	1,5 timme
Helsingborg	Augusti 2013	62,6 mm	5 timmar

Skyfall med hög intensitet faller nästan uteslutande under sommarmånaderna, vilket exemplen ovan visar. Samma sak framträder ur studier av timupplöst regndata från SMHI:s regnmätare Helsingborg A klimatnummer 62040 (figur 5.1). Ur figur 5.1 framgår att nederbörd lika med eller högre än 1-årsregnet (ca 12 mm/h) huvudsakligen sker under sommarmånaderna. Om regnhändelser kring 20 mm/h studeras så har de bara fallit i augusti, se

tabell 5.4. I rapporten *Klimatanalys Skåne län* har SMHI undersökt nederbörd i Helsingborg med 15 min varaktighet och konstaterat att samtliga årsmaxima föll i perioden juni-september. Rapporten anger vidare att intensiva skyfallsregn normalt faller under perioden juli-augusti. Det finns således många källor som visar att intensiv korttidsnederbörd faller under sommarmånaderna.



Figur 5.1 *Tillfällen från regnmätare Helsingborg A då nederbörden varit >12 mm/h, det vill säga ett 1-årsregn. Avser perioden 1995 – 2015.*

Tabell 5.4 Tillfällen från regnmätare Helsingborg A då nederbörden varit >12 mm/h, det vill säga ett 1-årsregn. Avser perioden 1995-2015.

Tidpunkt	Nederbördsmängd (mm)
2013-08-14 06:00	21,9
2008-08-04 09:00	19,5
2006-08-23 10:00	18,3
2006-08-20 09:00	17,6
2003-04-30 21:00	17,3
2005-06-03 22:00	17
2011-08-14 23:00	15,9
1999-08-09 13:00	15,1
2002-06-29 00:00	15
1998-06-29 13:00	14,8
1998-07-22 01:00	14,2
2007-08-08 16:00	14
2013-08-14 08:00	13,6
2002-06-28 11:00	12,9
2004-07-21 02:00	12,6
1997-06-30 18:00	12,2
2011-06-20 06:00	12,2
1999-07-16 21:00	12

5.2 Helsingborg stads underlagsrapporter

Förändring av nederbörd till följd av klimatförändringar har inte kvantifierats i någon av underlagsrapporterna.

5.3 Förslag till scenarier

Syftet med den inledande studien är att avgränsa urbana områden som är riskutsatta vid skyfall. Det föreslås att 100-årsregnet med justeringsfaktorer enligt tabell 5.5 används för att avgränsa riskutsatta områden. 100-årsregnet är en extrem situation, och beroende på vilka objekt som finns inom området är det inte säkert att det i det fortsatta arbetet är motiverat att använda 100-årshändelsen. I den inledande fasen bedöms 100-årsregnet dock vara lämpligt för en inledande avgränsning. I tabell 5.6 visas den ackumulerade sannolikheten för en 100-årshändelse.

100-årsregnet kommer att beräknas enligt Dahlströms formel så som den är presenterad i P104. Beräkningsmetodiken är samma som anges i arbetsversionen av P110. Regnets varaktighet kommer att bestämmas av vilken koncentrationstid som gäller, vilket i sin tur beror på hur avrinningsområdena delas in.

Som extremsituation förslås det så kallade Köpenhamnsregnet att användas, det vill säga 150 mm på 1,5 timme. Vid extremsituationer är det i huvudsak påverkan på samhälls-viktiga funktioner som kommer att studeras.

Tabell 5.5 Förslag till scenarier vid identifiering av riskutsatta områden till följd av skyfall i urbana områden.

Händelse	År 2065	År 2100
100-årsregn enligt P104	+ 5 – 10 %	+ 15 – 25 %
Extremhändelse (Köpenshamnsregnet)	150 mm på 1,5 timme	150 mm på 1,5 timme

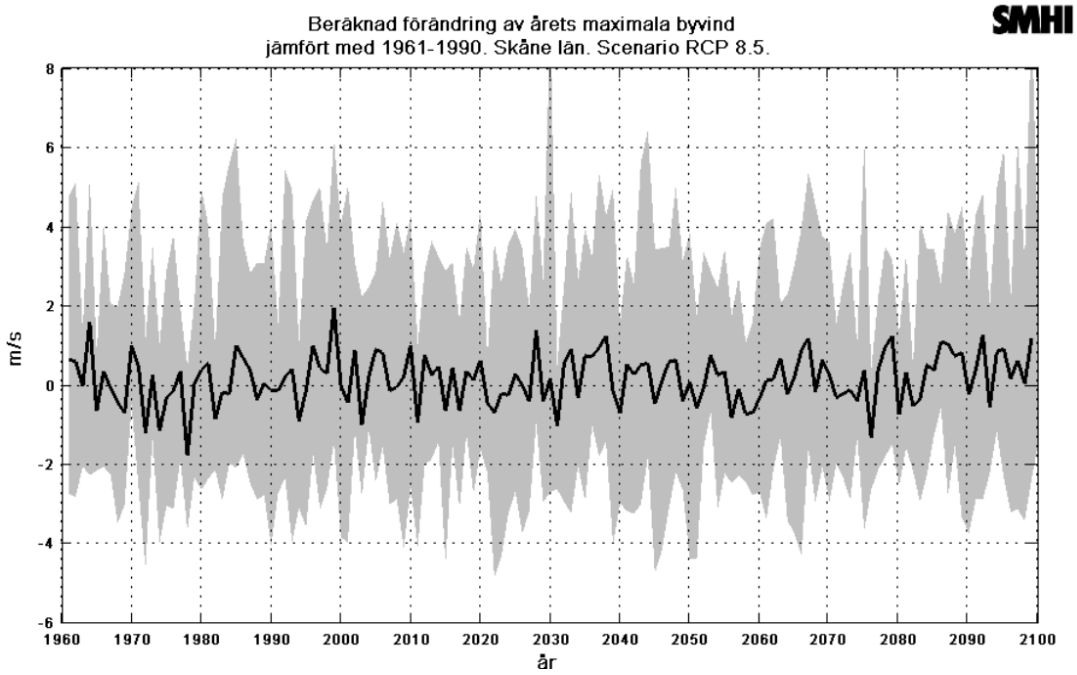
Tabell 5.6 Ackumulerad sannolikhet för en 100-århändelse.

	Undersökt period					
	10 år	20 år	30 år	50 år	85 år	100 år
100-års regn	10%	18%	26%	39%	57%	63%

6 Vind

6.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag

Det saknas entydiga forskningsresultat om hur klimatförändringar kan komma att förändra vindklimatet i Sverige. I figur 6.1 presenteras en graf hämtad från SMHI som visar möjlig förändring av maximal byvind fram till år 2100 (SMHI, 2016). Grafen visar inte på någon tydlig trend av betydelse, och den visar dessutom att variationen i resultat är förhållandevis stor.



Figur 6.1 Beräknad förändring av hastighet i byvindar till följd av klimatförändringar. Grafen visar att det inte finns någon tydlig trend av vare sig ökade eller minskade vindhastigheter, och att osäkerheten i resultat är förhållandevis stor.

6.2 Helsingborg stads underlagsrapporter

I (SMHI/SGI, 2009) anges 100-årsvinden vara cirka 32 m/s. Ingen hänvisning görs till hur denna vindstyrka har beräknats.

6.3 Förslag till scenarier

För den inledande studien med syfte att identifiera riskutsatta områden rekommenderas att vågor inte inkluderas. Det finns därmed inget behov av att inkludera vind. I kommande studier av kustskydd kommer vågor att behöva inkluderas, och därmed även vindar. Vilken typ av vind som är lämplig att studera kommer delvis att avgöras av hur stort skyddsbehovet är bakom kustskyddet.

Då det saknas entydiga resultat för hur vindklimatet förväntas förändras rekommenderas att ingen justering av dagens vindsituation görs.

7 Flöde i Råån

7.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag

Ändrade temperatur- och nederbördsmönster kommer att påverka flödesdynamiken i vattendrag. Förändringen kan beskrivas i termer av exempelvis förändrad årsmedel-vattenföring eller förändrad månadsmedelvattenföring, men i föreliggande PM är det förändring av extremflödessituationer som är mest intressant.

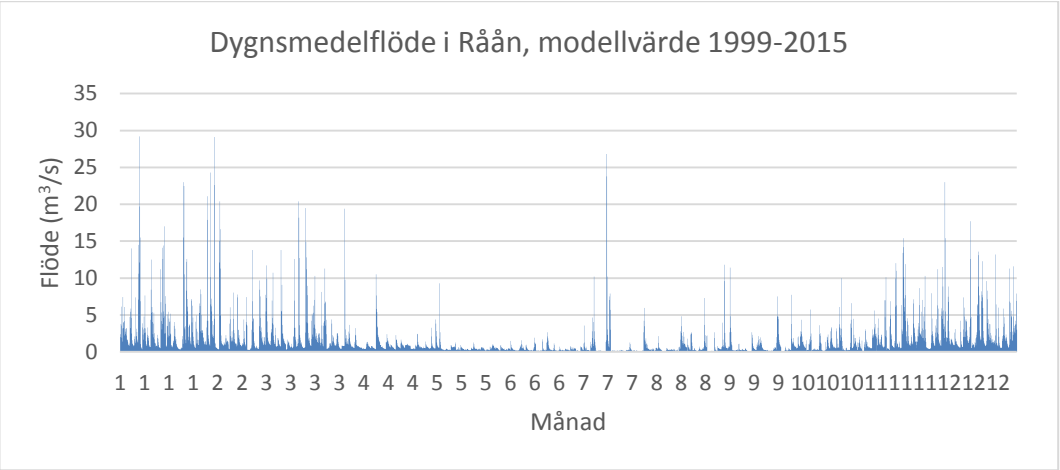
MSB har utfört en översvämningskartering längs Råån (MSB, 2014). I rapporten beskrivs extremflödena vid Rååns mynning både i dagens och i framtidens klimat (tabell 7.1). Även SMHI har i rapporten *Klimatanalys för Skåne län* (SMHI, 2012) angivit värden för 100-årsflödet i dagens och framtida klimat, och värdena stämmer väl överens med (MSB, 2014).

Tabell 7.1 Karakteristiska flöden i Råån vid mynningen i Öresund.

	År 2065	**År 2100**
100-årsflöde	39 m^3/s	41 m^3/s
200-årsflöde	-	44 m^3/s
Extremhändelse (BHF*)	232 m^3/s	232 m^3/s

** BHF = Beräknat högsta flöde*

SMHI har via HYPE modellerat vattenföringen i alla större vattendrag i Sverige. På www.vattenweb.se finns dygnsupplöst flödesdata för Råån för perioden 1999 – 2015 tillgänglig för nedladdning. I figur 7.1 visas modellerade värden av dygnsmedelflöde i Råån uppdelade över årets månader. Det framgår ur figuren att högflöden normalt sett inträffar under vintermånaderna, men att högflöden även kan inträffa på sommaren.



Figur 7.1 *Modellvärden av dygnsmedelvattenföringen i Råån uppdelat på årets månader. Det framgår att högflöden normalt sett inträffar på vintern, men att de även kan ske på sommaren.*

7.2 Helsingborg stads underlagsrapporter

I (SMHI/SGI, 2009) anges förändringen av 100-årsflöde i regionen vara mellan -2 och +27 %. Siffran år inte specifik för Helsingborgsområdet.

7.3 Förslag till scenarier

Det föreslås att 100-årsflöde och 200-årsflöde enligt tabell 7.2 används för att identifiera områden som är riskutsatta. Flödena representerar situationer som är ovanliga men inte osannolika sett över en längre period. Som extremsituation föreslås beräknat högsta flöde (BHF) studeras. Vid extremsituationer är det i huvudsak påverkan på samhällsviktiga funktioner som kommer att studeras. I Tabell 7.3 visas den ackumulerade sannolikheten för en händelse med 100 respektive 200 års återkomsttid.

Tabell 7.2 *Förslag till scenarier vid identifiering av riskutsatta områden till följd av översvämning från Råån.*

	År 2065	**År 2100**
100-årsflöde	39 m^3/s	41 m^3/s
200-årsflöde	-	44 m^3/s
Extremhändelse (BHF*)	232 m^3/s	232 m^3/s

** BHF = Beräknat högsta flöde*

Tabell 7.3 Ackumulerad sannolikhet för en 100-århändelse respektive en 200-årshändelse.

Återkomsttid	**Undersökt period**					
	10 år	**20 år**	**30 år**	**50 år**	**85 år**	**100 år**
100-årsflöde	10%	18%	26%	39%	57%	63%
200-årsflöde	5%	10%	14%	22%	35%	39%

8 Grundvatten

8.1 Vetenskapligt kunskapsunderlag

8.1.1 Topografi

Helsingborg ligger kustnära och långsträckt vid Öresund. Landborgsbranten reser sig 20 – 40 m över havet längs kusten vilket gör att Helsingborgs centrala delar är belägna på landremsan mellan dess fot och havet. Hamnområdet i Helsingborg är utfyllt i Öresund och ligger på nivån ca + 2 m.

8.1.2 Geologi

Helsingborg ligger i den så kallade Tornquistzonen och geologin har kraftigt påverkats av förkastningsrörelser. Berggrunden utgörs av sedimentära bergarter som domineras av sand/sandsten, siltsten, lera/lersten och kol. Denna berggrund kallas lokalt för ”hall”. Bergarterna växellagrar varandra med varierande mäktigheter på någon decimeter till tiotals meter mäktiga enheter. I berget finns sprickzoner och zoner med lös sand och lera. Berggrundens överyta ligger vid Knutpunkten på ca +/- 0 m och stiger till ca + 5 m vid landborgens fot för att därefter kraftigt stiga till >+ 20 m.

Jordlagrens mäktighet varierar i Helsingborg från områden med tunna jordlager och berg i dagen till mäktigheter >15 m. I centrala Helsingborg kring Knutpunkten är jordlagermäktigheten några meter och jordlagersammansättningen och den principiella jordlagerföljden består av sand på finsand-silt ovanpå berg.

8.1.3 Grundvatten

Grundvatten förekommer dels i jordlager och dels i berggrunden. Vattenföringen kan vara stor i uppspruckna bergpartier och sandfickor.

Grundvattennivåerna varierar naturligt under året. Hur mycket nivån varierar skiljer sig från plats till plats. Generellt är nivåerna som högst under tidig vår och lägst under hösten enligt nuvarande grundvattenregim.

Grundvattennivåer ovanför landborgsbranten ligger på mer än 30 m över havet. Grundvatten läcker ut i branten på flera ställen. Grundvattennivåerna faller därefter från landborgens fot och ut till havet. Grundvattennivåerna i jordlagren påverkas av de topografiska förhållandena och av dränerande dagvattenledningar och aktiv bortledning-/reglering av grundvatten. I kustnära områden påverkas grundvattennivåerna av havsnivån.

I kustnära bergborrade brunnar inom Helsingborg stad har det på flertalet ställen rapporterats grundvattennivåer högre än 1 m under mark. I Helsingborg förekommer även artesiska förhållanden i berggrunden. Artesiska brunnar förekommer i huvudsak nedanför landborgen och i Rååns dalgång.

8.1.4 Grundvattennivåer i stadsmiljö

Grundvattenförhållandena i Helsingborgs stadsmiljö är på flera platser störda av pumpning och bortledning av grundvatten i syfte att hålla nere grundvattennivåerna. Även ledningsnätet kan förväntas påverka grundvattennivåerna genom att grundvatten kan läcka in i ledningsnätet eller avledas via ledningsnätets ledningsgravar. Interaktionen mellan ledningsnätet och grundvattenyta beror av ledningsnätets höjdläge och skick. Utan vidare studier är det i dagsläget inte möjligt att avgöra i vilken utsträckning befintliga ledningsnät påverkar grundvattennivån.

8.1.5 Grundvattennivåer vid tillfälliga högvatten

God hydraulisk kontakt mellan hav och berggrund förväntas närmast kustlinjen. Påverkan från tillfälliga högvatten kan under ostörda förhållanden snabbt förväntas fortplantas till landområdet närmast kusten. I realiteten är dock grundvattenförhållandena i stadsmiljö ofta störda vilket begränsar hur långt inåt land påverkan sträcker sig. Påverkansområdet för kortvariga högvatten bedöms i nuläget vara är i storleksordning några hundra meter in från havet. Kortvariga högvatten bedöms inte påverka grundvattennivåer ovanför landborgsbranten.

8.1.6 Grundvatten i ett förändrat klimat

Klimatförändringar kommer att påverka grundvattenytan dels genom förändringar i nederbörd och temperatur, dels genom stigande havsnivå.

Ökad nederbörd bedöms i merparten av Sverige ge upphov stigning av grundvattenytan med i storleksordningen någon eller tiotals centimeter. Lokalt görs bedömningen att grundvattennivåerna ovanför landborgen kommer att vara i princip opåverkade av klimat-förändringar (- 5 till + 5 cm) fram till år 2100 enligt SGU.

Stigande havsnivå bedöms i kustnära områden leda till en stigning av grundvattenytan i samma storleksordning som havsnivåhöjningen, det vill säga upp till 1 m fram till år 2100. I kustnära områden kommer effekten av havets stigning att vara helt överordnad effekten av förändrad nederbörd. De topografiska förutsättningarna i Helsingborg gör att effekten av en stigande havsnivå begränsas till landremsan mellan havet och landborgen. Ingen påverkan från havsnivån förväntas ovanför landborgsbranten. Påverkan kommer att vara som störst närmast kustlinjen och i storleksordning med havsnivåhöjningen och sedan succesivt minska in mot landborgens fot. Erfarenhet från Malmö visar att man kan se en påverkan från havet på grundvattennivåer i berg upp till 1000 m in från strandlinjen.

8.2 Tidigare studier

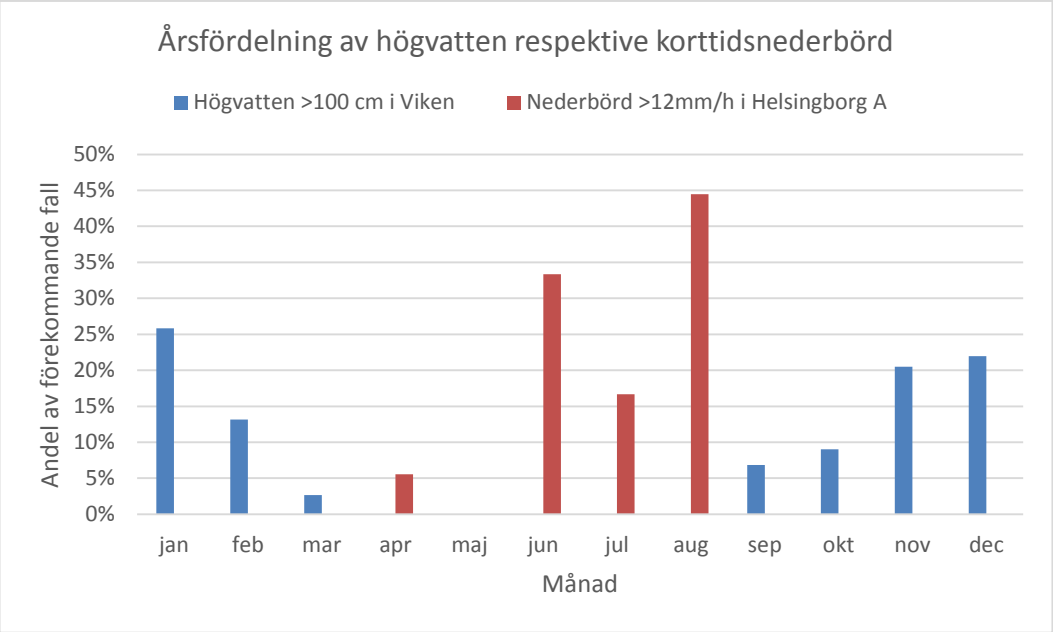
I (SMHI/SGI, 2009) omnämns grundvatten endast översiktligt i samband med att kommunens geotekniska förutsättningar beskrivs. Det anges att grundvattennivåerna påverkas kraftigt av havsnivån, men sägs inget om inom vilket område havsnivån påverkan grundvattnet.

8.3 Förslag till scenarier

Studier av klimatförändringars förväntade påverkan på grundvattennivåer i Sverige visar att i kustområden kommer påverkan av förändrad temperatur och nederbörd att vara helt underordnad påverkan från havets stigande medelvattennivå. Det föreslås därför att endast påverkan av stigande havsnivåer studeras vidare. Helsingborgs topografiska förutsättningar är sådana att påverkan från havet endast kommer att ske i landområdet nedanför landborgen. Det föreslås därför att fortsatta studier avgränsas till området nedanför landborgen.

9 Kombination av händelser

I kapitel 1 och kapitel 5 studerades hur tillfällen med högvatten respektive intensiv korttidsnederbörd fördelar sig över året. I figur 9.1 har resultaten samlats i en figur. Det framgår tydligt att höga vattenstånd och intensiv korttidsnederbörd historiskt inte har sammanfallit. De vädersystem som skapar intensiva korttidsregn uppstår normalt under varma sommarmånader medan högvatten är kopplade till vinterstormar under kalla vintermånader. I den inledande studien kommer det att förutsättas att dagvattennätet inte är dämt av ett högvatten i Öresund när 100-årsregnet faller. I kommande mer detaljerade studier bör det dock undersökas vid vilka havsnivåer som ledningsnätens utlopp börjar dämmas av högvattenstånd. I takt med att havets medelvattenyta stiger kommer de högvatten som krävs för att dämma utloppen att bli allt mindre, och sannolikheten för högvatten i samband med kraftig nederbörd kommer därmed att öka.



Figur 9.1 *Fördelning över året av uppmätta högvatten i Viken (>+100 cm) respektive uppmätt korttidsnederbörd i Helsingborg (>12 mm/h). Det framgår ur figuren att högvatten inträffar på vintern medan intensiv korttidsnederbörd inträffar på sommaren.*

Gällande höga flöden i Råån visar kapitel 7 att de mycket väl kan sammanfalla med höga vattenstånd i havet. Det rekommenderas därför att översvämningen från Råån vid ett 100-årsflöde och ett 200-årsflöde studeras vid normalvattenstånd och vid ett 100-årshögvatten. Att ett extremt högflöde skulle sammanfalla med ett extremt högvatten är osannolikt, men då det ändå är tänkbart bör konsekvenserna av händelsen vara kända.

10 Referenser

DHI. (2010). *PM Tolkning av framtida havsnivåer.*
DMI. (den 10 02 2016). Hämtat från http://www.dmi.dk/en/hav/maalinger/tidal-tables/
Helsingborgs stad, m.fl. (2010). *H+ Stigande havsnivå Sårbarhetsanalys och förslag på anpassningsåtgärder för stigande havsnivåer i tidsperioden 2010-2100.*
IPCC. (2013). *Climate change 2013 - The physical science basis - Chapter 13.*
MSB. (2014). *Översämningskartering utmed Råån.*
SMHI. (2010). *Framtida vattennivåer i Helsingborg, rapport nr 2010-55.*
SMHI. (2012). *Klimatanalys för Skåne län Rapport nr 2011-52.*
SMHI. (2013). *Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sveriger - Klimatologi nr 6 2013.*
SMHI. (2015-12-07). Hämtat från http://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/den-stormiga-julen-1902-1.5693
SMHI. (den 10 02 2016). Hämtat från http://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/tidvatten-1.321
SMHI/SGI. (2009). *Översiktlig klimat- och sårbarhetsanalys - naturolyckor.*