

Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust

Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild Nerheim och Johan Södling



Pärmbild.
En stormflod illustrerad av Veronica Wörn.

ISSN: 1654-2258 © SMHI

KLIMATOLOGI Nr 45, 2017

Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust

Sofie Schöld, Cajsa-Lisa Ivarsson, Signild Nerheim och Johan Södling

Förord

Ett projekt startade år 2015 på SMHI för att beskriva havsnivåer längs svenska kusten i dagens och framtidens klimat, medelvattenstånd såväl som höga nivåer. Projektet avslutades år 2017 och finansierades med medel från anslag 1:10 klimatanpassning.

Projektets syfte var att öka kunskapen om klimatförändringarnas påverkan på havets nivå runt Sveriges kust, och att tillhandahålla underlag för beslut i frågor som påverkas av nutida och framtida havsnivåer, med särskilt fokus på höga nivåer.

Projektet levererade beräkningar av framtida medelvattenstånd för Sveriges kust, en metod för att beräkna högsta havsvattenstånd samt analyser av vattenståndsdynamiken längs kusten och lokala effekter.

Resultaten redovisas i rapporter och som webbtjänster på smhi.se, där även data och GIS-skikt finns för nedladdning. När resultaten används är det viktigt att förstå dess syften och begränsningar. De förklaras i följande SMHI-rapporter som ingår i redovisningen av projektet:

Klimatologi nr 41. Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust

Klimatologi nr 45. Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust

Klimatologi nr 48. Framtida havsnivåer i Sverige

Oceanografi nr 123. Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust

Oceanografi nr 124. Statistisk metodik för beräkning av extrema havsvattenstånd

Oceanografi nr 125. Lokala effekter på extrema havsvattenstånd

Sammanfattning

I rapporten redovisas hur en metod framtagits för att kunna skatta de allra högsta havsvattenstånd som kan uppträda vid de mätstationer för havsvattenstånd som finns längs Sveriges kust. Metoden är generell och principerna kan därför tillämpas på mätdataserier från olika platser. För att kunna tillämpa metoden måste dock mätdataserien ha en viss minimilängd och tidsupplösning. Resultaten som tas fram är empiriska, vilket betyder att de baseras på tillgängliga mätdata.

I analysen delades data upp i två delar; det genomsnittliga vattenståndet före en högvattenhändelse och nettohöjningen under en högvattenhändelse. Dessa delar benämns havsnivå före storm respektive nettohöjning, i enlighet med:

$$\text{stormflod} = \text{havsnivå före storm} + \text{nettohöjning}$$

Nivån på stormfloden är det högsta uppmätta havsvattenståndet under respektive högvattenhändelse. I analysen har även högvattenhändelser som inte förknippas med stormar inkluderats. Många av de högsta stormfloderna har inträffat när havsnivån före storm är förhöjd jämfört med medelvattenståndet, framförallt i stora delar av Östersjön. I analysen ingår samtliga högvattenhändelser från vilka det finns tillgänglig mätdata, även sådana som startat från ett lågt utgångsläge.

I analysen indelades mätstationerna i olika kustområden och samvariationen mellan mätstationerna undersöktes. För varje enskild station, där havsvattenstånd observeras, har högsta havsnivå före storm och högsta nettohöjning framtagits. Den högsta havsnivån före storm som uppmäts inom kustområdet bedömdes gälla för alla mätstationer inom området. Det högsta beräknade havsvattenståndet definierades som kustområdets högsta havsnivå före storm plus mätstationens högsta nettohöjning.

Tidvatteneffekten har inte beaktats särskilt, utan är i viss mån inkluderad i nettohöjningen. Denna förenkling beskrivs närmare i Schöld m fl. (2017).

Analysen visade att:

- samvariationen inom kustområden är mycket hög för vanligt förekommande vattenstånd.
- högvattenhändelser förekommer oftare i vissa kustområden.
- de högsta vattenstånden kan variera mycket, även mellan stationer inom samma kustområde.
- havsnivån före storm är en mer betydande stormflodskomponent i Östersjön och mindre betydande i Skagerrak-Kattegatt.
- havsnivån före storm behöver identifieras så att den inte är påverkad av själva stormhändelsen.
- det är lämpligt att uppdatera det högsta beräknade havsvattenståndet regelbundet, särskilt efter att nya rekordhöga stormfloder inträffat.

Vi valde att definiera havsnivån före storm som ett medelvärde över sju dygn, 48 timmar före stormflodens maximum. Metodiken avser nivåer ovanpå ett gällande medelvattenstånd. Framtida förändringar av medelvattenståndet orsakade av den globala klimatförändringen behandlas inte i denna rapport. Tillämpningen av metoden i ett framtida klimat beskrivs i Nerheim m fl. (2017).

Summary

A method was developed to determine the calculated highest sea levels that may occur along the Swedish coastline. Storm surge levels were divided into average sea level before the storm and the net level increase relative to the average.

As part of the analysis, covariation between tide gauges was investigated. The correlation is strong between measurement stations within the same sea area. Sea level before storm was determined as a mean value over 7 days excluding the 48 hours before the storm surge maximum. The calculated highest sea water levels for the stations were determined as the coastal area maximum sea level before storm added to the station maximum net level increase. The results varied between 115 cm and 278 cm above the mean sea level. For a specific place along the coast possible tidal effects and local conditions need to be considered. For future extreme values the global climate change effects has to be taken into account as well as the ongoing land uplift.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	1
2	SYFTE	1
3	METODIK	1
3.1	Timvärden och högupplöst data	2
3.2	Analys av samvariation vid högvattenhändelser	2
3.3	Identifiering av stormfloder	2
3.4	Havsnivå före storm och nettohöjning	3
3.4.1	Medelvärdesfönster	3
3.4.2	Lågpasfilter	5
4	RESULTAT	6
4.1	Stationers samvariation	7
4.2	Vattenståndsdynamik	9
4.3	Analys av stormfloder	11
4.4	Högsta beräknade havsvattenstånd	12
4.5	Tillgång till mätdata i empiriska analyser	14
5	SLUTSATSER	15
6	REFERENSER	15
7	BILAGOR	16
	Bilaga 1 – Översikt över oceanografiska mätstationer	16
	Bilaga 2 – Mätstationernas korrelation	17
	Bilaga 3 – Mätstationernas vattenståndsdynamik	19

1 Bakgrund

För att kunna skatta dagens och framtidens högsta havsnivåer längs Sveriges kust behövs en beräkningsmetod. SMHI har sedan länge tillämpat en tumregel om att återkomsttider som är längre än dubbla mätseriens längd är mycket osäkra. Vi har i Sverige drygt 100 år långa mätserier av havsvattenstånd. De statistiska metoder som har använts för att beräkna höga havsnivåer i Sverige lämpar sig därför för återkomsttider på runt 200 år.

Det finns dock ett stort intresse från samhället att kunna ta fram nivåer med mycket lägre sannolikhet (högre återkomsttid). Nerheim m fl. (2013) belyste problemet med mätseriernas längd genom att visa att en statistisk anpassning till data ändras kvalitativt när mer än halva datasetet tas bort. I Södling och Nerheim (2017) dras slutsatsen att resultatet för höga återkomsttider är starkt beroende på val av statistisk modell. Det är en ytterligare indikation på svårigheten att med hjälp av statistisk extremvärdesanalys ta fram resultat, med hög tillförlitlighet, för händelser som är mycket ovanliga. Därför behövs en ny metod för att kunna skatta de högsta havsvattenstånd som kan inträffa längs Sveriges kust.

I föreliggande rapport beskrivs hur en empirisk metod framtagits, baserad på tillgängliga dataserier. Beräkningarna avser nivåer över aktuellt medelvattenstånd. Metoden har tillämpats på observationer från SMHI:s mätstationer för havsvattenstånd. Resultaten finns presenterade översiktligt i föreliggande rapport, mer detaljerat i Schöld m.fl. (2017) och som en karta tillgänglig på smhi.se under Klimat.

2 Syfte

Syftet med arbetet var att hitta ett tillvägagångssätt, en metod, för att beräkna höga havsvattenstånd med mycket låg sannolikhet. Metoden har framtagits för att kunna användas vid bedömningar av högsta möjliga havsvattenstånd. Ett krav var att metoden ska kunna tillämpas för olika tidshorisonter och fungera tillfredsställande för mätstationer längs hela Sveriges kust.

3 Metodik

Studien baserades på dataserier från 31 mätstationer för havsvattenstånd längs Sveriges kust. I studien gjordes en noggrann indelning av vattenståndets komponenter utifrån själva nettohöjningen vid en storm eller högvattenhändelse, och utgångsläget före stormen, här kallat havsnivå före storm. Nettohöjningen beror främst på väderrelaterade faktorer men inkluderar i viss mån även effekter av exempelvis tidvatten och seicher (Schöld m.fl., 2017). Beräkningarna baserades på antagandet att snabba vattenstandsvariationer och långsamma vattenstandsvariationer är oberoende händelser. Mätdata, beräkningar och resultat analyserades och presenteras genomgående relativt medelvattenståndet (RW) (Schöld m.fl., 2017).

I studien gjordes även en noggrann indelning av mätstationerna i kustområden (bilaga 1) utifrån hur väl samvariationen var för *höga* havsvattenstånd. Detta gjordes för att kunna utvärdera de högsta beräknade havsvattenstånden på platser med olika långa mätdataserier. Dessutom för att se huruvida samma nettohöjning och samma havsnivå före storm skulle kunna förekomma längs hela områdets kuststräcka. De faktorer som orsakar stormfloder och stormflodernas karaktär är likartade inom hela kustområdet. Kustområdena namngavs efter geografiskt läge längs kusten.

3.1 Timvärden och högupplöst data

Analysen har genomförts på timvärden för havsvattenståndet eftersom det är de längsta sammanhängande dataserier som SMHI har tillgång till. Timvärden är tillräckligt högupplösta för att kunna beräkna havsnivån före storm och i hög utsträckning även nettohöjningen vid varje högvattenhändelse. Utifrån dessa historiska data försöker vi beskriva det högsta beräknade havsvattenståndet. Vattenståndsförlopp kan vara mycket hastiga. För att beräkna den relativa nettohöjningen av vattenståndet, har vi därför valt att använda än mer högupplöst data, när sådan varit tillgänglig.

Det har sedan länge förekommit att extremvärden registrerats som extra avläsningar vid kraftiga stormar. Sedan början av 2000-talet har SMHI (och Sjöfartsverket) tillgång till mycket högupplöst data med observationer upp till minutvis för många stationer. I de fall då dessa dataserier eller extra avläsningar har registrerat högre värden för stormfloder har dessa mätdata använts i analysen.

I de flesta fall rör det sig om mindre än 10 cm högre värden i de mycket högupplösta dataserierna. Vid synnerligen snabba vattenståndsförlopp, då nivån stigit med över två meter på fyra timmar, kan det skilja upp till cirka 20 cm mellan det maximala värdet som finns registrerat i timdataserien och de än mer högupplösta data från 2000-talet.

Att använda mer högupplösta data från 2000-talet kan naturligtvis medföra en skevhet i datasetet. Det kan förefalla som att extremvärden blivit högre under 2000-talet, trots att det egentligen beror på en utveckling av mätutrustningen. Vi anser emellertid att det vid extremvärdesanalyser är av stor vikt att beakta och dra nytta av den tekniska utvecklingen. Eftersom det är just extremvärden vi analyserar och inte långsiktiga trender, bedömer vi att denna skevhet inte påverkar utfallet av studien negativt.

3.2 Analys av samvariation vid högvattenhändelser

Beräkning av korrelationskoefficienter genomfördes parvis för samtliga 31 mätstationer. Eftersom tidsserierna inte är överlappande för samtliga stationer genomfördes analyserna i första hand för 24 av stationerna där data fanns för perioden 2010-2015 (bilaga 2). För övriga stationer analyserades timvärden för tidsperioder med överlappande data (mellan cirka 6 månader och 6 år).

En stark samvariation vid lugnt väderläge skulle kunna ge en skenbart hög korrelation vid vissa mätstationer, trots att de beter sig olika vid stormtillfällen. Dessutom kan en fasförskjutning av tidvattnet längs västkusten ge en skenbart låg korrelation eftersom exempelvis högvatten inte inträffar samtidigt längs hela kusten. Denna korrelationsanalys kan sägas ge en övergripande indikation på var samvariation förekommer men måste kompletteras med mer detaljerade studier av specifika högvattenhändelser.

Ett tiotal stormtillfällen detaljstuderades. De har orsakat höga havsvattenstånd på olika platser längs kusten under de senaste dryga 60 åren. Vidare genomfördes även en analys av vattenståndsdynamiken med avseende på exempelvis frekvens och varaktighet av höga havsvattenstånd vid mätstationerna för havsvattenstånd. Vattenståndsdynamiken beskrivs i kapitel 4.2 och i Schöld m.fl. (2017). Sammantaget utmynnade analyserna av samvariation vid högvattenhändelser i en indelning av de 31 olika mätstationerna i åtta olika kustområden (bilaga 1).

3.3 Identifiering av stormfloder

En stormflod är ett högt vattenstånd som uppstår i samband med passerande kraftiga lågtryck. Samtidigt råder ofta starka ihållande vindar i området kring stormfloden. Här avser stormflod det högsta uppmätta havsvattenståndet under respektive högvattenhändelse. Som utgångspunkt söktes stormfloder i dataserierna som vattenstånd

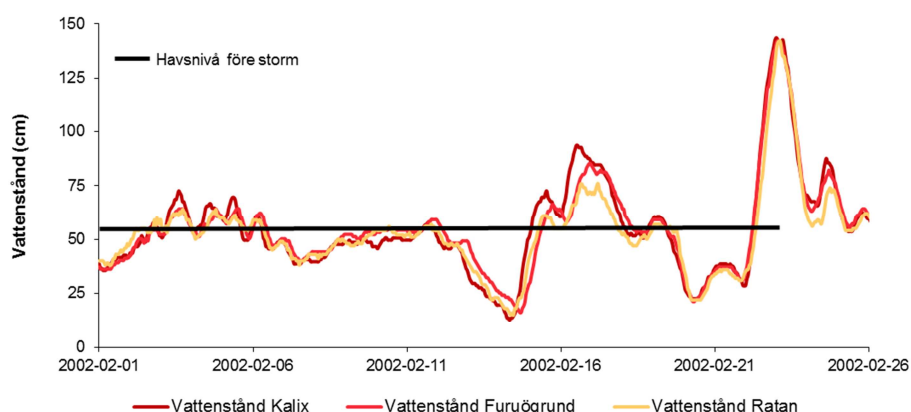
högre än en vald nivå. För att inte exkludera potentiellt höga nettohöjningar, som inträffat vid ett tillfälle då havsnivån före stormen var mycket låg, har även stormfloder som startat från ett initialt lågt läge identifierats i rådata.

3.4 Havsnivå före storm och nettohöjning

För att kunna beräkna nettohöjningen av havsvattenståndet vid en stormflod enligt:

$$\text{stormflod} = \text{havsnivå före storm} + \text{nettohöjning}$$

behöver vattenståndet bestämmas för en specifik period före den uppmätta stormflodsnivån (figur 1). Detta är ett relativt obeprövat tillvägagångssätt, och en optimal metod varierar beroende på vattnets dynamik i olika havsområden. Det finns ännu inga vedertagna riktlinjer för hur en stormflods olika komponenter kan beräknas (Hupfer *et al.*, 2003).



Figur 1. Havsvattenstånd (cm) februari 2002 vid stationerna Kalix, Furuögrund och Ratan illustrerar vattenståndsvariationerna innan en stormflod.

För att säkerställa att bästa möjliga metod togs fram för Sverige analyserades stora mängder information från de 31 mätstationer som har data av god kvalitet, tillräckligt långa tidsserier, eller vars dataserier innehåller information som bedöms vara av särskilt intresse för denna analys (exempelvis rekordnivåerna i Halmstad under stormen Gorm år 2015). Istället för att försöka optimera metoden lokalt, var målet att identifiera ett tillvägagångssätt som fungerar tillfredsställande för hela Sveriges kust.

För att bestämma ”havsnivå före storm” undersöktes två metoder, dels att medelvärdesbilda vattenståndet vid aktuell station över en viss tid före en stormflod (kap 3.4.1) och dels att ta fram en signal med låg frekvens (kap 3.4.2).

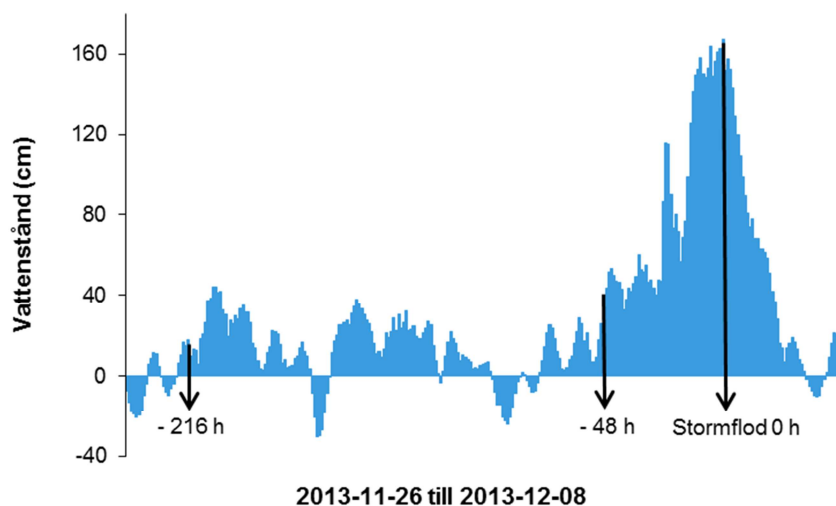
3.4.1 Medelvärdesfönster

För att beräkna havsnivå före storm medelvärdesbildades nivån vid aktuell mätstation över en viss period, en viss tid före en stormflod. Metoden är transparent samt lätt att förstå och genomföra. Ett medelvärde erhålls, baserat på reella observationer, som enkelt kan appliceras på exempelvis ett enskilt rekordtillfälle som äger rum i framtiden. Dessutom kan storleken på fönstret varieras och då spegla mer stor- eller småskaliga variationer i vattenstånd vid en viss station. I detta fall söktes den avvikelse från aktuellt medelvattenstånd som råder i direkt anslutning till en stormflod.

Flera olika fönster testades. Perioden som medelvärdesbildningen sker över, alltså fönstrets längd, blir en avvägning mellan för kort eller för lång period. En kort period är känslig för tillfälliga variationer. En lång period kanske inte fångar de förhållanden som

råder i direkt anslutning till en högvattenhändelse. Risken finns också att tidigare stormfloder inkluderas i medelvärdet och därmed förhöjer det.

Det är också lämpligt att exkludera en tidsperiod före stormfloden eftersom vattenståndshöjningen ofta sker successivt innan det högsta värdet uppnås. Ofta kan maxvärdet föregås av flera lägre toppar relaterade till fluktuationer i tidvattnet eller i vindförändringar, eller en succesiv vattenståndshöjning som är direkt relaterad till stormfloden och pågår under ett antal timmar (figur 2).



Figur 2. En stormflod vid mätstationen Viken 26 november- 8 december 2013. Tidsmarkeringarna avser den 7-dygnsperiod över vilken medelvärdebildningen skett (från – 48 timmar till -216 timmar).

För att utvärdera olika tidsperioder gjordes försök med medelvärdesbildning över 4, 7, 14 och 21 dygn för en mätstation i varje kustområde. För varje högvattenhändelse stegades 48 timmar tillbaka i rådata. Därefter beräknades havsnivån före stormen över en period om 4, 7, 14 eller 21 dygn. Nettohöjningen beräknas som stormflod minus havsnivå före storm. Stormflod, nettohöjning och nivå före stormen lagras vid tidpunkten för stormfloden.

En jämförelse mellan de nettohöjningar över klass 1 nivå¹ (tabell 1 i kap 4.2) som återfanns vid medelvärdesbildning över olika perioder visade att med 4- respektive 21-dygnsfönstren hittades flertalet unika tillfällen som inte återfanns med något av de andra tre fönstren. Dessa tillfällen visade sig vara osannolika högvattenhändelser som inte är att betrakta som regelrätta stormfloder. 7-dygnsfönstret å andra sidan var mer tillförlitligt på så vis att minst, eller inga, unika eller osannolika tillfällen identifierades vid medelvärdesbildning över denna period. Eftersom tidsperioder om exempelvis 5,6,8 och 9 dygn inte utvärderades är det mycket möjligt att även andra perioder än exakt 7 dygn är lämpliga att medelvärdesbilda över.

Tiden som medelvärdesbildningen sker över påverkar resultatet för medelvärdet, och i förlängningen storleken på nettohöjningen. Om metoden som används är systematisk kommer en ändring i sättet som medelvärdet tas fram att påverka restbeloppet, nämligen nettohöjningen, och på så sätt är resultatet tämligen robust för förändringar i tillvägagångssätt.

4 dygn:

Genom att medelvärdesbilda över 4 dygn kan effekten urskiljas av den lågtryckspassage

¹ SMHI:s varningsklass1 för höga vattenstånd

som är direkt relaterad till stormfloden. En så kort tidsperiod är känslig för tillfälliga variationer i vattenståndet.

14 och 21 dygn:

En längre tidsperiod kan ge en mer robust baslinje då tillfälliga variationer får mindre inverkan på resultatet. Sannolikheten att medelvärdesperioden kommer att inkludera en eller flera föregående stormfloder (och således höja medelvärdet) blir emellertid större och vid 21 dagar utgör resultatet snarare ett månadsmedel än den grundläggande nivå för stormfloden som vi är ute efter och som vilken nettohöjningen kan sägas ha som grund.

7 dygn:

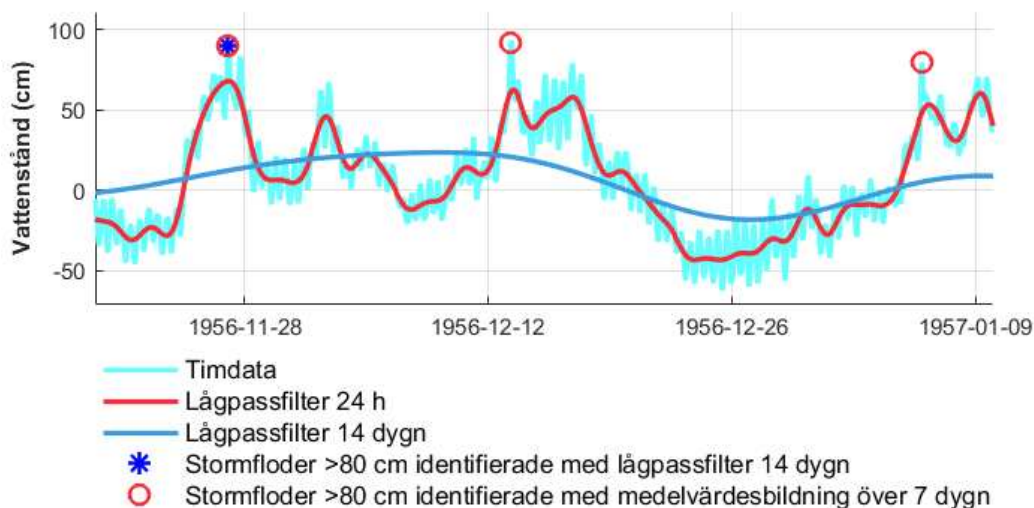
Perioden är tillräckligt lång för att ge ett medelvärde utan starka influenser av tillfälliga variationer, samtidigt som perioden inte är så lång att den närmar sig månadsmedel eller riskerar att inkludera en rad föregående stormfloder. Eftersom skillnader och variationer i vattenståndsdynamiken förekommer både inom och mellan havsområden och stationer representerar denna period inte ett optimum för enskilda stationer utan för kuststräckan som helhet.

Valet blev att medelvärdesbilda över 7 dygn, 2 dygn före det högsta uppmätta havsvattenståndet. En 7-dygnsperiod är tillräckligt lång för att nivån inte ska bli alltför känslig för småskaliga variationer, samtidigt som perioden är tillräckligt kort för att, i mesta möjliga mån, undvika att inkludera föregående högvattenhändelser i medelvärdet. Genom att exkludera de två dygnen närmast stormfloden, säkerställer man att den gradvisa ökningen av vattenståndet som sker fram till det högsta uppmätta havsvattenståndet, inte inkluderas i medelvärdet. Kriteriet validerades genom att analysera vattenståndsdynamiken detaljerat för varje enskild mätstation (bilaga 3 och kapitel 4.2).

- Havsnivå före storm bestäms som medelvärde över 7 dygn och tidsperioden 48 timmar före det högsta uppmätta havsvattenståndet utesluts.

3.4.2 Lågpasfilter

Den andra metoden som testades, för att beräkna havsnivå före storm, var att ta fram en signal med låg frekvens genom att använda olika sorters lågpasfilter (Emery and Thompson, 1998).

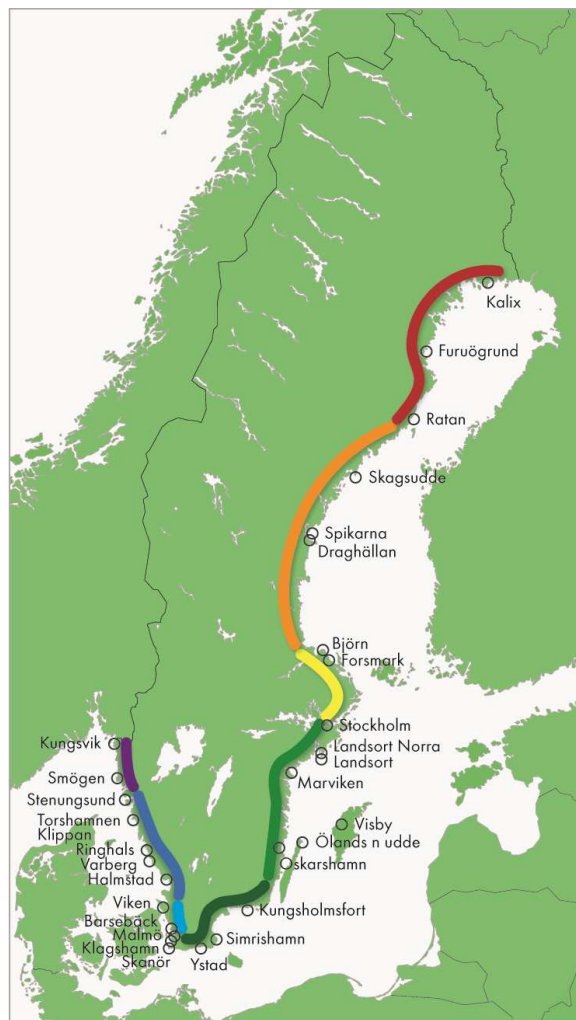


Figur 3. Havsvattenstånd (cm) vid mätstationen Smögen under en stormperiod 1956. Lågpasfilter på 24 timmar (röd linje), respektive 14 dygn (blå linje) har applicerats på rådata (turkos linje). Stormfloder identifierade med metoden 7-dygns medelvärden markeras med röd ring och med lågpasfilter på 14 dygn med blå stjärna.

Lågpassfiltrering visade sig ge upphov till bekymmer med att bestämma havsnivå före storm för vissa år i Östersjön. I fall där medelvattenståndet är förhöjt på grund av långvarigt tillflöde till Östersjön samtidigt som måttliga vindar leder till ytterligare förhöjning, gav lågpassfiltrering upphov till orealistiska värden för havsnivå före storm. Vidare visade sig filtren ofta vara känsliga för högvattenhändelser med lång varaktighet då orealistiska värden för havsnivå före storm erhöles även vid denna typ av händelser. Figur 3 illustrerar problemet med att använda ett lågpassfilter på en tidsserie. Delar av nettohöjningen kommer också med i den lågpassfilterade serien. Figuren visar även olika högvattenhändelser, definierade på olika sätt.

4 Resultat

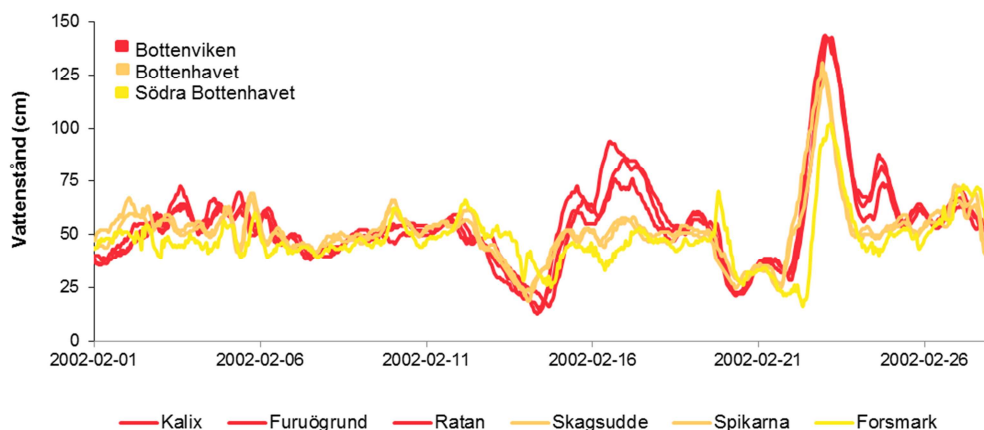
De 31 mätstationerna för vattenstånd längs Sveriges kust ligger i de här definierade kustområdena Bottenviken, Bottenhavet, Södra Bottenhavet, Östersjön, Södra Östersjön, Öresund, Skagerrak och Kattegatt (figur 4).



Figur 4. Karta över mätstationerna för vattenstånd och indelningen i kustområden. Bottenviken (röd), Bottenhavet (orange), Södra Bottenhavet (gul), Östersjön (grön), Södra Östersjön (mörkgrön), Öresund (ljusblå), Kattegatt (blå) och Skagerrak (lila).

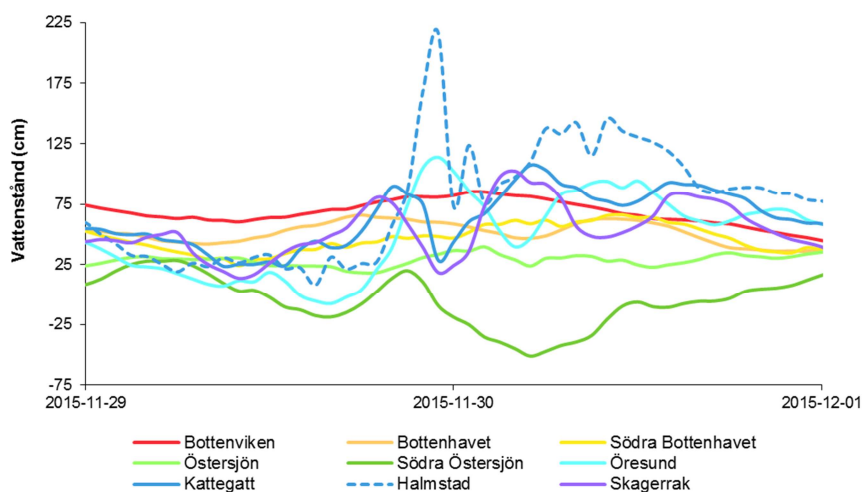
4.1 Stationers samvariation

Beräkningen av korrelationskoefficienter indikerar en stark samvariation mellan olika stationer som placerats i samma kustområde (figur 4 och 5 och bilaga 2). En fullständig samvariation ger korrelationskoefficienten 1, för de mätstationer som har placerats i samma kustområde visar våra analyser på koefficienter mellan 0.87 och 0.99.



Figur 5. Havsvattenstånd (cm) vid mätstationer inom kustområdena Bottenviken, Bottenhavet och Södra Bottenhavet under ett stormtillfälle i februari 2002.

Stationen Halmstad, som inte ingår i SMHI:s fasta observationsnät, utan tillhör Sjöfartsverket, visar betydligt lägre korrelation med övriga stationer i Kattegatt (bilaga 2). Stationen ligger i en vik där vattenståndet kan nå extremt höga nivåer vid storm (figur 6). Stationen är därmed inte representativ för kuststräckan Kattegatt som helhet. Vi vill här understryka att vattenståndet i Halmstad sannolikt beror på komplicerade topografiska effekter, och att mätarens placering är synnerligen väl vald för att fånga dessa.

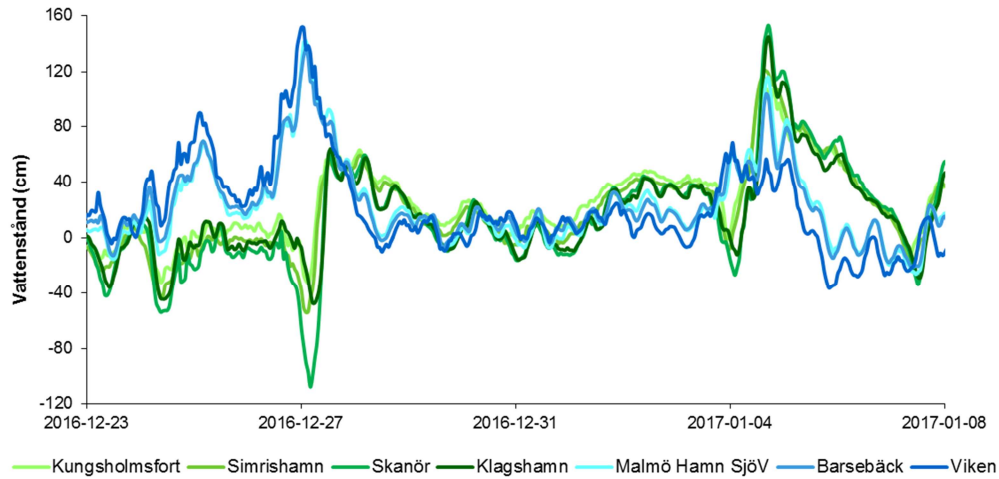


Figur 6. Medelvärden av havsvattenstånd (cm) för respektive kustområde baserat på de mätstationer som var aktiva under stormen Gorm i november 2015. Mätvärden för stationen Halmstad visas som streckad linje och ingår inte i medelvärdena för Kattegatt.

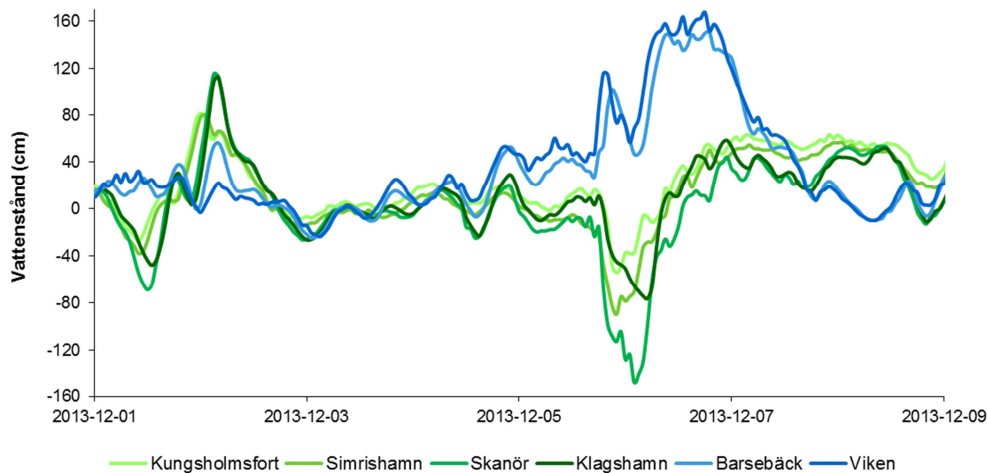
Analys av korrelation och detaljstudier av stormtillfällen (se exempelvis figur 5) visar att samvariation även förekommer mellan kustområden. Vattenståndet vid exempelvis stationer i Norra Östersjön (Bottenviken, Bottenhavet och Södra Bottenhavet) beter sig ofta likartat. Detsamma gäller för stationer i Västerhavet (Kattegatt och Skagerrak).

Det framgår också tydligt att samvariationen minskar med geografiskt avstånd, även över kustområdesgränser. Kungsholmsfort i Södra Östersjön har högst samvariation med

Skanör och Ystad i samma kustområde, men näst högst samvariation med Oskarshamn och Öland i Centrala Östersjön. Stationer som är belägna nära varandra geografiskt, trots att de tillhör olika kustområden, kan alltså uppvisa likartad vattenståndsdynamik. Eftersom ett högt vattenstånd förflyttar sig längs kusten som en våg är detta föga förvånande.



Figur 7. Havsvattenstånd (cm) vid olika stationer i kustområdena Öresund (Viken, Barsebäck och Malmö Hamn)(blå linjer) och Södra Östersjön (Klagshamn, Skanör, Simrishamn och Kungsholmsfort)(gröna linjer) under en storm i december 2016.



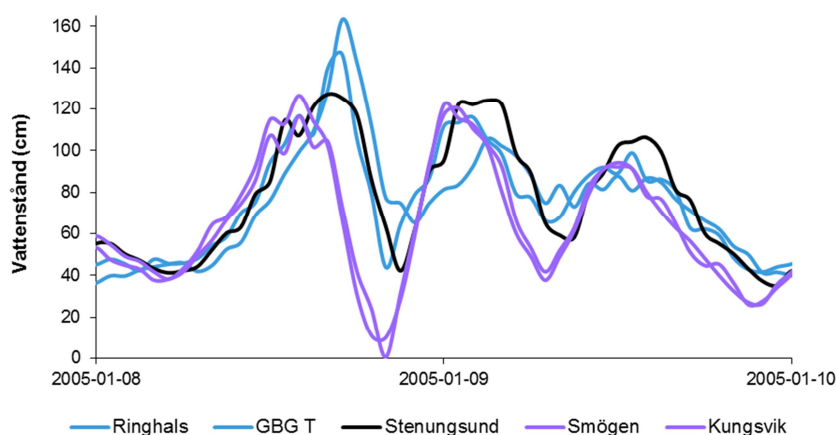
Figur 8. Havsvattenstånd (cm) vid olika stationer i kustområdena Öresund (Viken och Barsebäck)(blå linjer) och Södra Östersjön (Klagshamn, Skanör, Simrishamn och Kungsholmsfort)(gröna linjer) under stormen Sven den 6:e december 2013.

Det förekommer också att närbelägna mätstationer skiljer sig kraftigt åt vid stormtillfällen. I de södra delarna av Östersjön och framförallt i Öresund kan stationer samvariera vid ett väderläge, men snarast vara negativt korrelerade vid ett annat (figur 7 och 8). Under stormen Urd i december 2016 (den första högvattenhändelsen i figur 7) pressade västliga vindar vattnet in mot västkusten och vidare ner i Öresund. Söder om Malmö, vid Limhamnströskeln, stoppas vattnet effektivt upp. Norr om tröskeln blev vattenståndet därmed högt. Söder om tröskeln, vid exempelvis Klagshamn, blåste vattnet istället undan och vattenståndet blev lågt. I januari 2017 (den andra högvattenhändelsen i figur 7) blåste istället vind från nordost över Östersjön vilket pressade vattnet in mot Sveriges ost- och sydkust och vidare in i Öresund. Vid detta väderläge blev vattenstånden

mycket höga i Södra Östersjön men även förhöjda i Öresund upp till Helsingborg. Mellan Helsingborg och Helsingör smalnar sundet av och därför blev vattenståndet inte lika högt vid Viken som vid de andra stationerna i Öresund.

Vattenståndet vid stationer i dessa områden kan alltså vara både positivt och negativt korrelerade och under vissa förhållanden kan mycket stora vattenståndsskillnader uppkomma. Under stormen Sven den 6 december 2013 var vattenståndsskillnaden mellan Skanör i Södra Östersjön och Viken i Öresund nästan 3.2 meter (figur 8).

Mätstationen vid Stenungsund, belägen i Skagerrak, samvarierar i hög utsträckning med mätstationer i både Kattegatt och Skagerrak. Under stormtillfällen beter sig vattenståndet vid mätstationen ofta som ett mellanting mellan de båda kustområdena (figur 9). Stationen påverkas med stor sannolikhet i högre utsträckning av vattenståndet i Kattegatt söderifrån, än via den trängre passagen norr om Orust som vetter mot Skagerrak. Därför valde vi att klassificera den som tillhörande Kattegatt, men att även behandla dess data tillsammans med stationerna i Skagerrak.



Figur 9. Havsvattenstånd längs den svenska västkusten under stormen Gudrun i januari 2005. Mätstationerna Ringhals, Göteborg Torshamnen, Stenungsund är inom kustområde Kattegatt och mätstationerna Smögen och Kungsvik är inom kustområde Skagerrak.

Mer information om de mekanismer som påverkar vattenståndet lokalt och regionalt på olika platser längs Sveriges kust finns att läsa i Johansson m.fl. (2017).

- Stor samvariation råder mellan stationer inom definierade kustområden. Undantaget Halmstad, som ligger i en vik där vattenståndet når extra höga nivåer.

4.2 Vattenståndsdynamik

SMHI utfärdar varningar för höga vattenstånd enligt fastställda nivåer (tabell 1). Varningsnivåerna är av särskilt intresse eftersom dessa är valda utifrån hur pass mycket havsvattenståndet stör samhällsfunktioner. Samtliga tillfällen då vattenståndet överstigit klass 1- och 2-nivå (tabell 1) vid mätstationerna analyserades. Det totala antalet tillfällen under mätperioden, medelantalet per år, maximala antalet per månad och hur länge händelsen pågick (varaktighet) finns sammanställt i bilaga 3. Resultatet från analysen av vattenståndsdynamik beskrivs mer utförligt i Schöld m.fl. (2017).

Informationen bidrar med ytterligare kunskap kring stationers eller kustområdets samvariation och ger en antydning om hur stor sannolikheten är att tidigare stormfloder inkluderas i en medelvärdesbildning över 7 dygn, samt om 48 timmar före högsta uppmätta havsvattenstånd är rimligt att exkludera ur medelvärdet. Varaktigheten hos en

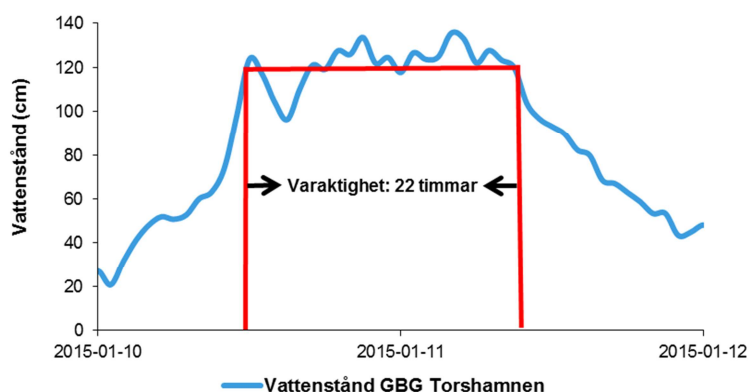
stormflod är även intressant eftersom de samhällsstörningar som en stormflod orsakar beror både på den nivå den uppgår till men även på hur länge den pågår.

Tabell 1. Varningsgränser klass 1 och klass 2 för de olika områdena längs Sveriges kust. Nivåerna är olika dels eftersom höga vattenstånd är mer eller mindre vanliga på olika platser längs kusten och dels eftersom samhällsstörningar orsakas vid olika höga vattenstånd på olika platser.

Kustområde	Varningsgräns för klass 1	Varningsgräns för klass 2
Bottenviken, Södra Östersjön, Öresund, Kattegatt, Skagerrak	≥ 80 cm över medelvattenstånd	≥ 120 cm över medelvattenstånd
Bottenhavet, Södra Bottenhavet, Östersjön	≥ 65 cm över medelvattenstånd	≥ 100 cm över medelvattenstånd

Sammanställningen i bilaga 3 baserades på vissa förutsättningar. För att ta hänsyn till tidvatten och andra mindre störningar tilläts vattenståndet sjunka till 25 cm under klass 2 respektive 10 cm under klass 1 innan en händelse ansågs avslutad. Annars skulle exempelvis väldigt många klass 1-händelser i Östersjön räknats, under perioder då vattenståndet pendlat mellan 60 och 70 cm över medelvattenståndet.

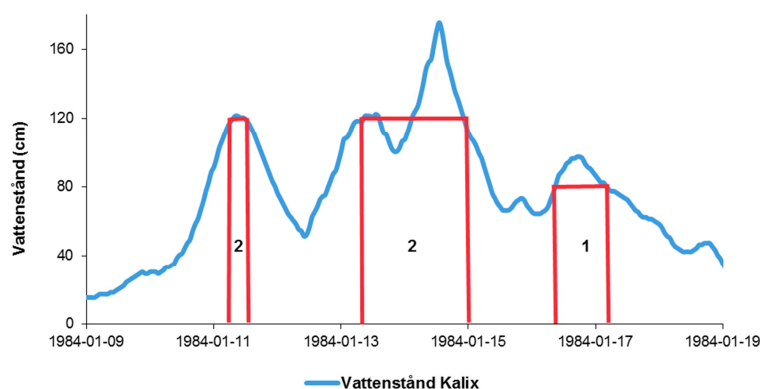
Om exempelvis nivån under en klass 2-händelse i Kattegatt sjönk till 95 cm över medelvattenstånd, för att sedan åter stiga till klass 2, fortsatte varaktigheten att räknas. Om nivån istället sjönk vidare ansågs händelsen avslutad och varaktigheten (antal timmar som händelsen pågår) slutade räknas när vattenståndet nådde under 120 cm över medelvattenståndet (figur 10).



Figur 10. Illustration av hur varaktighet för en klass 2-händelse analyserats. Mätstation Göteborg Torshamnen 10-12 januari 2015.

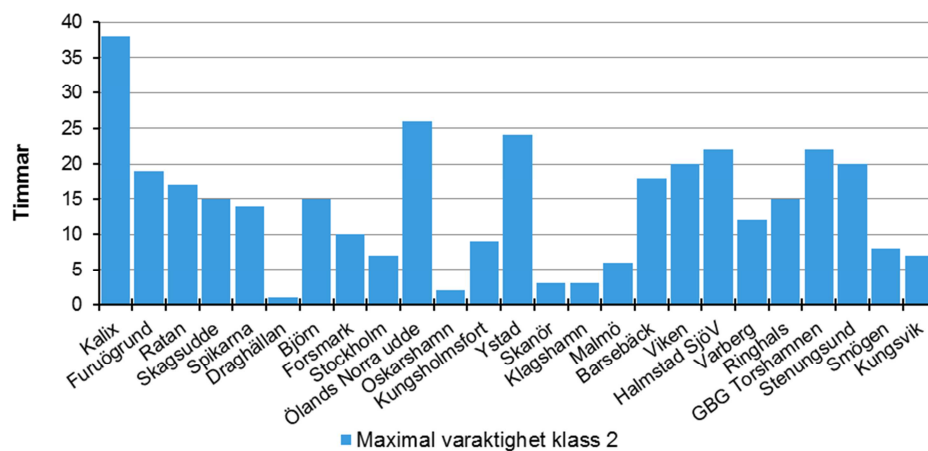
Antalet händelser separerades också på samma sätt; vattenståndet måste sjunka under 10 respektive 25 cm under klass 1 eller klass 2 för att en ny händelse ska kunna inträffa. Vidare inkluderade antalet klass 1-händelser inte antalet klass 2-händelser.

I figur 11 visas ett exempel på hur händelser separerades och varaktigheter bestämdes. Under 10 dagar i januari 1984 äger två klass 2-händelser och 1 klass 1-händelse rum vid Kalix. Den första klass 2-händelsen pågår i 6 timmar och den andra klass 2-händelsen pågår i 38 timmar. Klass 1-händelsens varaktighet är 20 timmar.



Figur 11. Illustration av hur händelser separeras. Två klass 2-händelser och en klass 1-händelse vid mätstationen Kalix 9-19 januari 1984.

Den maximala varaktigheten för en klass 2-händelse var 38 timmar (figur 11 och 12, Kalix). Varaktigheten är fördelad på båda sidor om det högsta uppmätta vattenståndet, och eftersom stormfloder även under 100 eller 120 cm kan ha höga nettohöjningar och därmed vara av intresse i denna studie, bedöms 48 timmar före storm vara en lämplig tid att exkludera ur perioden över vilken nivå före storm beräknas. Analysen av vattenståndsdynamik visade även att det finns månader då upp till tre olika klass 2-tillfällen registrerats (bilaga 3). Därmed bekräftades att en period om 7 dygn, med start 2 dygn före den högsta uppmätta nivån under stormfloden, är lämplig att använda för havsnivå före storm. Om längre tidsperioder används är sannolikheten större att föregående stormfloder inkluderas i medelvärdet.



Figur 12. Den maximala varaktigheten för varningsklass 2-tillfällen vid mätstationerna (se även bilaga 3).

- Valet, att bestämma havsnivå före storm som medelvärde över 7 dygn och att utesluta tidsperioden 48 timmar före den högsta uppmätta nivån under stormfloden, stöds av varaktighetsanalysen.

4.3 Analys av stormfloder

För att få med all intressant information framtogs initialt de cirka 250 högsta stormfloderna, nettohöjningarna och havsnivåerna före storm för varje mätstation. Detta datamaterial låg därefter till grund för de vidare analyser som genomfördes.

Ett så pass omfattande datamaterial medför att även mycket låga högvattenhändelser har inkluderats. I vissa fall är till och med nivån före storm högre än den "stormflod" som tagits fram i urvalet. Det beror på att inom den 7-dygnsperiod över vilken

medelvärdesbildning sker har en eller flera högvattenhändelser inträffat som varit högre än startpunkten.

Eftersom händelser över klass 1-nivå har inträffat upp till 12 gånger under en och samma månad (bilaga 3) är det sannolikt att en period om 2 + 7 dygn före en stormflod innefattar ett eller flera sådana tillfällen. Klass 1-tillfällen är inte så intressanta ur ett stormflodsperspektiv eftersom de är mycket lägre än de höga vattenstånden som vi framförallt är ute efter. De är i stället en indikation på ett allmänt förhöjt vattenstånd vid stationen eller i kustområdet, vilket kan leda till en ovanligt hög stormflod. Dock kan även klass 2-tillfällen inträffa mer än en gång inom 9 dygn vid vissa stationer. För andra stationer har vattenståndet aldrig nått upp i klass 2-nivå (bilaga 3). En lämplig tumregel är således att alltid utgå från det högsta vattenståndet inom den period över vilken beräkningarna ska genomföras.

För att inte inkludera orealistiskt höga havsnivåer före storm i analysen, sattes kravet att den stormflod från vilken beräkningarna utgår måste vara den högsta inom perioden om sammanlagt nio dygn. Därmed kommer inga högre stormfloder, än den som nettohöjningen baseras på, att ingå i perioden över vilken medelvärdesbildning sker för havsnivån före storm.

- Utgå från det högsta vattenståndet inom en 9-dygnperiod

4.4 Högsta beräknade havsvattenstånd

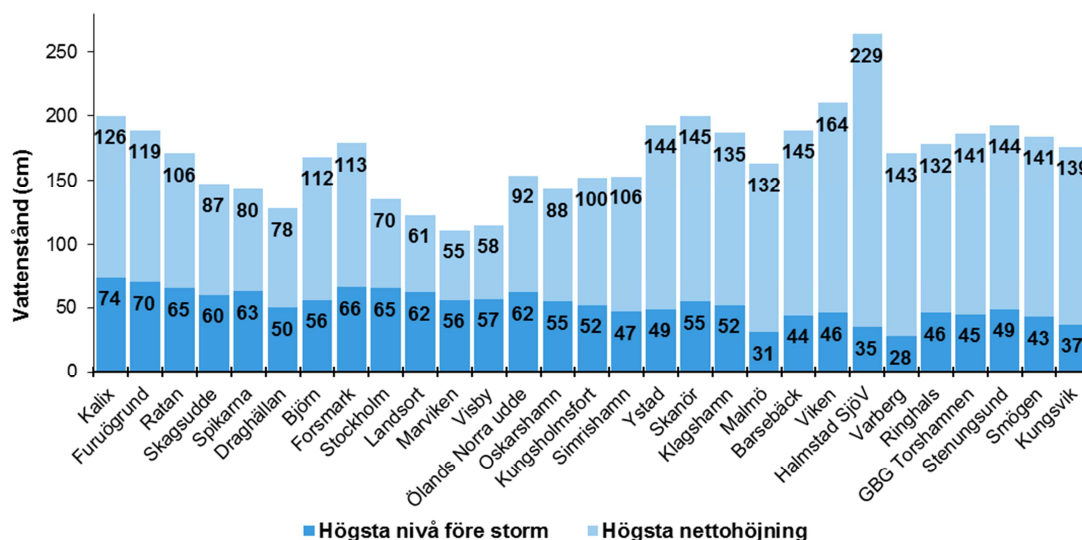
I denna analys har kriterierna, som beskrivits i de föregående kapitlen, använts för att empiriskt kunna skatta de högsta havsvattenstånd som skulle kunna äga rum i olika områden längs Sveriges kust. Stormflodens komponenter bestäms enligt:

$$\text{stormflod} = \text{havsnivå före storm} + \text{nettohöjning}$$

Stormflod avser det högsta uppmätta havsvattenståndet under respektive högvattenhändelse och 9-dygnperiod. Varje stations havsnivå före storm bestäms genom att medelvärdesbilda vattenståndet vid aktuell station över en period om 7 dygn, med start 2 dygn före respektive stormflod.

Nettohöjningen tas fram genom att dra bort havsnivå före storm från den uppmätta stormflodsnivån.

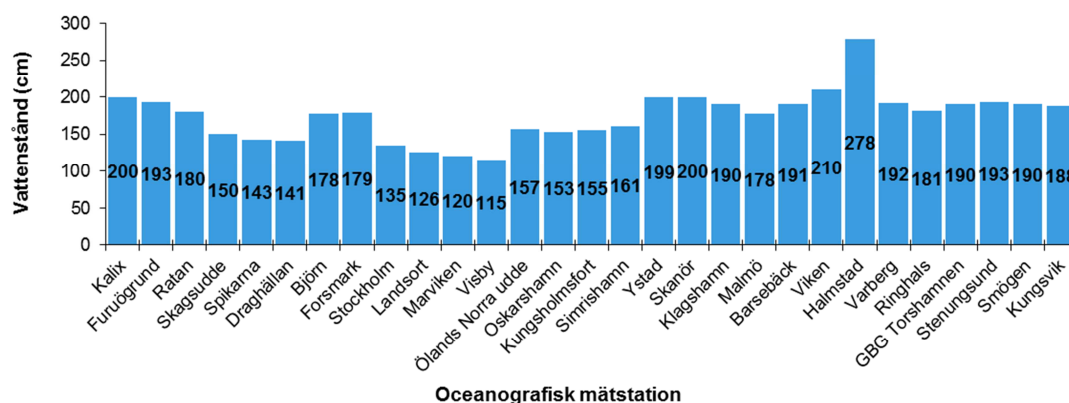
För varje enskild oceanografisk station har högsta havsnivå före storm och högsta nettohöjning framtagits (figur 13). Det högsta beräknade havsvattenståndet för varje oceanografisk station bestäms som *kustområdets* högsta havsnivå före storm plus mätstationens högsta nettohöjning (figur 14). Kustområdets högsta havsnivå före storm har använts, eftersom samvariationen för just denna parameter är stor längs varje kuststräcka, och för att vi söker en övre gräns för den beräknade högsta stormfloden. För mätstationen Visby användes stationens individuella högsta havsnivå före storm. Stationen är belägen långt ifrån övriga mätstationer vid fastlandskusten och därför är inte kustområdets högsta havsnivå före storm representativt för Visby. Data för respektive mätstation visas i tabell 2.



Figur 13. Högsta havsnivå före storm och högsta nettohöjning för varje enskild station. Värdena för respektive parameter ses i figuren. Sjöfartsverkets mätare vid Halmstad är belägen i hamnen för att visa nivåerna lokalt, och avviker därför kraftigt från övriga stationer i samma kustområde.

Högsta beräknade havsvattenstånd under dagens förhållanden och i ett möjligt framtida klimat illustreras i en karttjänst som finns tillgänglig på smhi.se, under Klimat.

För att bedöma det högsta möjliga havsvattenståndet för en plats vid Sveriges kust behöver hänsyn även tas till eventuell ytterligare tidvatteneffekt och andra lokala förhållanden eftersom olika fenomen ofta samverkar vid extrema vattenstånd (se Schöld m.fl., 2017). Gäller bedömningen framtida förhållanden måste även förändringen av medelvattenståndet bestämmas för avsedd plats och tidshorisont. Man måste också vara medveten om att resultatet är att betrakta som en övre gräns för det vattenstånd som hade kunnat uppträda under de väderhändelser som inträffat under mätperioden. De extremnivåer som presenteras är att betrakta som mycket sällsynta men ändå fullt möjliga stormfloder i samband med en, med avseende på havsvattenståndet, mycket svår storm. Metoden kan inte användas för att exempelvis bedöma om mer extrema stormar kommer att inträffa i ett framtida klimat.



Figur 14. Det högsta beräknade havsvattenståndet (cm över medelvattenstånd). Sjöfartsverkets mätare vid Halmstad är belägen i hamnen för att visa nivåerna lokalt, och avviker därför kraftigt från övriga stationer i samma kustområde.

Tabell 2. Högsta observerade havsnivå före storm och högsta observerade nettohöjning vid storm för respektive station. Högsta beräknade havsvattenstånd i dagens klimat är beräknad som kustområdets högsta observerade havsnivå före storm adderad med stationens högsta observerade nettohöjning. Siffrorna avser dagens klimat. Mätstationen Visby ligger långt från de övriga mätstationerna i kustområdet Östersjön. Därför används stationens egna högsta havsnivå före storm istället för kustområdets.

Station	Högsta observerade havsnivå före storm	Högsta observerade nettohöjning	Högsta beräknade havsvattenstånd	Station	Högsta observerade havsnivå före storm	Högsta observerade nettohöjning	Högsta beräknade havsvattenstånd
Kalix	74	126	200	Simrishamn	47	106	161
Furuögrund	70	119	193	Ystad	49	144	199
Ratan	65	106	180	Skanör	55	145	200
Skagsudde	60	87	150	Klagshamn	52	135	190
Spikarna	63	80	143	Malmö	31	132	178
Draghällan	50	78	141	Barsebäck	44	145	191
Björn	56	112	178	Viken	46	164	210
Forsmark	66	113	179	Halmstad SjöV	35	229	278
Stockholm	65	70	135	Varberg	28	143	192
Landsort	62	61	126	Ringhals	46	132	181
Marviken	56	55	120	Göteborg Torshamnen	45	141	190
Visby	57	58	115	Stenungsund	49	144	193
Ölands norra	62	92	157	Smögen	43	141	190
Oskarshamn	55	88	153	Kungsvik	37	139	188
Kungsholmsfort	52	100	155				

4.5 Tillgång till mätdata i empiriska analyser

I beräkningarna har SMHI:s dataserier på 25 – 130 år analyserats. Medellängden på analyserade mätdataserier är knappt 70 år. Eftersom höga vattenstånd inte är lika vanliga på alla platser längs kusten (se bilaga 3 samt Schöld m.fl., 2017) är det svårt att ge ett entydigt svar på hur långa mätdataserier som krävs för denna typ av analys. För att kunna ta fram en empirisk övre gräns för vattenståndet vid olika platser längs kusten, krävs dock att ett antal högvattenhändelser måste ha inträffat för att det ska finnas något material att analysera. För kortare mätdataserier är det tydligt att en empirisk metod kommer betydligt längre än statistisk beräkning av återkomsttid.

Uppstuvning i ett kustområde före en stormhändelse, det som ger havsnivån före stormen, är en trög process som styrs av det storskaliga vädret och byggs upp under en längre tid. Dessa processer påverkar därmed större områden på regional skala (Johansson m.fl., 2017). Detta innebär att analyser av samvariation och havsnivåer före storm vid närliggande mätstationer, kan bidra med information om hur höga utgångslägen som skulle kunna uppstå även på platser med kortare mätdataserier inom samma kustområde. Därmed kompletteras det analyserade materialet vid sådana lokaler. I delar av Östersjön

är havsnivån före storm en lika betydande stormflodskomponent som nettohöjningen (se figur 13 och Schöld m.fl., 2017).

Jämförelser med nettohöjningar och högsta beräknade havsvattenstånd vid olika mätstationer, inom aktuellt kustområde, kan också ge insikt i huruvida registrerade högvattenhändelser på platser med kortare mätdataserier är representativa vid beräkningar av extremvattenstånd. Nettohöjningar av vattenståndet har kort varaktighet och påverkas av lokala effekter. De varierar därför mer på lokal skala än havsnivå före storm (Johansson m.fl., 2017). Trots det förekommer tydlig samvariation inom kustområden även för stormfloder. Därmed kan det på platser med korta mätdataserier vara lämpligare att använda det högsta beräknade havsvattenståndet inom kustområdet för att vara på den säkra sidan.

En viktig poäng är också att om det har inträffat ett eller flera extremt höga vattenstånd vid en mätstation, som i fallet med Halmstad, kan detta ge insikt i hur högt ett vattenstånd kan bli vid en mätstation, trots att där enbart finns begränsad tillgång till mätdata. Detta belyser också vikten av att ha insikt i att de analyser som presenteras i denna rapport är empiriska och därmed begränsade av den mätdata som finns tillgänglig. En hittills oöverträffad stormflod kan inträffa var som helst längs kusten och denna kan då bidra med ökad kunskap kring de högsta havsvattenstånd som skulle kunna inträffa i dagens klimat.

5 Slutsatser

Generellt ger en teoretisk estimering av extrema vattenstånd en stormflod som är omkring 20-40 cm högre än observerat maximum i olika kustområden. Längs västkusten och i Öresund kan till denna siffra läggas omkring 15 cm för att ta hänsyn till tidvattnet (Schöld m.fl., 2017). Vid planering för extrema stormfloder i ett framtida klimat måste hänsyn också tas till eventuella förändringar i de vädersystem som föranleder höga havsvattenstånd och till framtida förändringar av medelvattenståndet orsakat av den globala klimatförändringen (Schöld m.fl., 2017 och Nerheim m.fl., 2017).

6 Referenser

- Emery, W.J. and Thomson, R.E. (1998) *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. Elsevier Science. pp. 617-624
- Hupfer, P., Harff, J., Sterr, H. und Stigge, H.-J. (2003) 3.3 Ursachen und Besonderheiten. *Die Küste* 66 Ostseeheft: *Die Wasserstände an der Ostseeküste - Entwicklungen - Sturmfluten – Klimawandel*: 122-193. <http://www.kfki.de/de/die-kueste/katalog?id=d02da6b16bf84cfcbcdc87cc81160ae1>
- Johansson, L., Gyllenram, W. och Nerheim, S. (2017) *Lokala effekter på extrema havsvattenstånd*. SMHI Oceanografi Nr 125.
- Nerheim, S., Asp, M., Eklund, D. och Södling, J. (2013) *Pilotstudie: Metoder för att ta fram extrema havsvattenstånd med låg sannolikhet*. SMHI Rapport Nr 2013-46 .
- Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G. och Sjöström, Å. (2017) *Framtida havsnivåer i Sverige*. SMHI Klimatologi Nr 48.
- Schöld, S., Hellström, S., Ivarsson, C.-L., Kållberg, P., Lindow, H., Nerheim, S., Schimanke, S., Södling, J. och Wern, L. (2017) *Vattenståndsdynamik längs Sveriges kust*. SMHI Oceanografi Nr 123.
- Södling, J. och Nerheim, S. (2017) *Statistisk metodik för beräkning av extrema havsvattenstånd*. SMHI Oceanografi Nr 124.

7 Bilagor

Bilaga 1 – Översikt över oceanografiska mätstationer.

**Fram till år 1959 finns data som icke-digitaliserade diagram vilka inte har analyserats.*

***Data från mätstationen vid Stenungsund analyseras för både Kattegatt och Skagerrak.*

Kustområde	Stationsnamn	ID	Lat WGS84	Lon WGS84	Timvärden tillgängliga
Bottenviken	Kalix	2157	65°41'49"N	23°05'46"E	1974 -
	Furuögrund	2055	64°54'57"N	21°13'50"E	1916 -
	Ratan	2056	63°59'10"N	20°53'42"E	1891 -
Bottenhavet	Skagsudde	2321	63°11'26"N	19°00'45"E	1982 -
	Spikarna	2061	62°21'48"N	17°31'52"E	1968 -
	Draghällan	2062	62°20'00"N	17°28'00"E	1897 - 1969
S. Bottenhavet	Björn	2067	60°38'00"N	17°58'00"E	1891 - 1978
	Forsmark	2179	60°24'31"N	18°12'39"E	1975 -
Östersjön	Stockholm	2069	59°19'27"N	18°04'54"E	1889 -
	Landsort Norra	2507	58°46'08"N	17°51'32"E	2004 -
	Landsort	2073	58°45'00"N	17°52'00"E	1886 – 2006
	Marviken	2076	58°33'13"N	16°50'14"E	1964 -
	Visby	2080	57°38'21"N	18°17'04"E	1960 -
	Ölands Norra udde	2083	57°21'58"N	17°05'50"E	1961 -
	Oskarshamn	2085	57°16'30"N	16°28'41"E	1960 -
S. Östersjön	Kungsholmsfort	2088	56°06'19"N	15°35'22"E	1886 -
	Simrishamn	2320	55°33'27"N	14°21'28"E	1982 -
	Ystad	2093	55°25'00"N	13°49'00"E	1886 – 1987
	Skanör	30488	55°25'00"N	12°49'46"E	1992 -
	Klagshamn	2095	55°31'20"N	12°53'37"E	1929 -
Öresund	Malmö	2098	55°37'00"N	13°00'00"E	1924 – 1963
	Barsebäck	2099	55°45'23"N	12°54'12"E	1992 -
	Viken	2228	56°08'32"N	12°34'45"E	1976 -
Kattegatt	Halmstad	35115	56°38'59"N	12°50'33"E	2009 -
	Varberg	2104	57°06'00"N	12°13'00"E	1886 – 1982
	Ringhals	2105	57°14'59"N	12°06'45"E	1967 -
	Göteborg Klippan	2108	57°41'00"N	11°54'00"E	1887* – 1978
	Göteborg Torshamnen	2109	57°41'05"N	11°47'26"E	1967 -
	Stenungsund**	2110	58°05'36"N	11°49'57"E	1962 -
Skagerrak	Smögen	2111	58°21'13"N	11°13'04"E	1910 -
	Kungsvik	2130	58°59'48"N	11°07'38"E	1973 -

Bilaga 2 – Mätstationernas korrelation

Resultat för de 24 oceanografiska mätstationer där data finns tillgängliga för perioden 2010-01-01 till 2015-12-31. Färgkodning och markerade områden visar de stationer som placerats i samma kustområde. Korrelationskoefficientens värde alltid inom intervallet -1 till +1. Färgkodning på siffrorna indikerar från hög (grön) till låg eller negativ (röd) korrelation. På nästkommande sida finns korrelationsanalyser för mätstationer där data inte finns tillgängliga för 2010-2015.

	Kalix	Furuögrund	Ratan	Skagsudde	Spikarna	Forsmark	Stockholm	Landsort N	Marviken	Visby	Öland	Oskarshamn	Kungsholmsfort	Simrishamn	Skanör	Klagshamn	Barsebäck	Viken	Halmstad SjöV	Ringhals	GBG T	Stenungsund	Smögen	Kungsvik
Kalix	1.00																							
Furuögrund	0.99	1.00																						
Ratan	0.97	0.99	1.00																					
Skagsudde	0.89	0.93	0.95	1.00																				
Spikarna	0.85	0.90	0.93	0.99	1.00																			
Forsmark	0.72	0.79	0.84	0.92	0.95	1.00																		
Stockholm	0.63	0.70	0.76	0.86	0.89	0.95	1.00																	
Landsort N	0.60	0.67	0.73	0.84	0.87	0.93	0.99	1.00																
Marviken	0.57	0.64	0.70	0.81	0.84	0.91	0.98	0.99	1.00															
Visby	0.58	0.65	0.70	0.81	0.83	0.90	0.96	0.98	0.98	1.00														
Öland	0.48	0.55	0.61	0.73	0.77	0.87	0.95	0.97	0.97	0.97	1.00													
Oskarshamn	0.46	0.53	0.59	0.71	0.75	0.85	0.94	0.96	0.97	0.96	0.99	1.00												
Kungsholmsfort	0.34	0.40	0.45	0.57	0.61	0.71	0.82	0.85	0.87	0.88	0.92	0.93	1.00											
Simrishamn	0.23	0.28	0.33	0.43	0.47	0.58	0.70	0.73	0.77	0.77	0.84	0.85	0.97	1.00										
Skanör	0.14	0.18	0.21	0.30	0.33	0.41	0.54	0.57	0.61	0.62	0.68	0.69	0.87	0.93	1.00									
Klagshamn	0.22	0.26	0.30	0.40	0.43	0.51	0.63	0.66	0.70	0.70	0.75	0.76	0.89	0.92	0.97	1.00								
Barsebäck	0.38	0.43	0.47	0.53	0.55	0.62	0.64	0.63	0.61	0.62	0.63	0.60	0.52	0.42	0.32	0.50	1.00							
Viken	0.39	0.43	0.46	0.49	0.50	0.54	0.51	0.50	0.46	0.46	0.44	0.41	0.26	0.13	0.01	0.20	0.91	1.00						
Halmstad SjöV	0.40	0.43	0.46	0.49	0.49	0.50	0.47	0.46	0.42	0.42	0.39	0.35	0.21	0.08	-0.03	0.13	0.75	0.85	1.00					
Ringhals	0.55	0.58	0.60	0.62	0.61	0.57	0.51	0.50	0.45	0.45	0.38	0.34	0.17	0.03	-0.09	0.08	0.73	0.87	0.81	1.00				
GBG T	0.57	0.59	0.60	0.61	0.60	0.55	0.47	0.46	0.41	0.41	0.33	0.30	0.13	-0.02	-0.13	0.00	0.59	0.75	0.72	0.96	1.00			
Stenungsund	0.55	0.56	0.57	0.57	0.56	0.50	0.42	0.41	0.36	0.36	0.28	0.25	0.08	-0.05	-0.16	-0.05	0.48	0.65	0.64	0.90	0.98	1.00		
Smögen	0.52	0.54	0.55	0.55	0.53	0.47	0.38	0.37	0.33	0.33	0.25	0.22	0.06	-0.06	-0.17	-0.07	0.42	0.59	0.60	0.86	0.96	0.98	1.00	
Kungsvik	0.53	0.55	0.55	0.55	0.53	0.46	0.37	0.36	0.32	0.32	0.23	0.20	0.05	-0.08	-0.18	-0.09	0.41	0.59	0.59	0.86	0.95	0.97	0.99	1.00

Bottenhavet 1968 – 1969

Spikarna Draghällan	
Spikarna	1.00
Draghällan	0.98 1.00

Södra Bottenhavet 1975 – 1978

Björn Forsmark	
Björn	1.00
Forsmark	0.99 1.00

Östersjön 2004-2006

	Landsort	Landsort N	Stockholm	Marviken	Visby	Öland
Landsort	1.00					
Landsort N	0.99	1.00				
Stockholm	0.98	0.99	1.00			
Marviken	0.98	0.99	0.98	1.00		
Visby	0.97	0.98	0.96	0.98	1.00	
Öland	0.96	0.97	0.96	0.98	0.97	1.00

Västerhavet 1967 – 1969

		GBG		GBG	
	Varberg	Ringhals	K	T	Stenungsund Smögen
Varberg	1.00				
Ringhals	0.99	1.00			
GBG K	0.97	0.97	1.00		
GBG T	0.93	0.94	0.94	1.00	
Stenungsund	0.91	0.92	0.94	0.95	1.00
Smögen	0.85	0.87	0.89	0.93	0.94 1.00

Södra Östersjön 1982 – 1987

	Ystad	Simrishamn	Kungsholmsfort	Klagshamn
Ystad	1.00			
Simrishamn	0.95	1.00		
Kungsholmsfort	0.95	0.94	1.00	
Klagshamn	0.96	0.91	0.91	1.00

Malmö* 1957 – 1963

	Ystad	Klagshamn	Malmö	Varberg
Ystad	1.00			
Klagshamn	0.92	1.00		
Malmö	0.47	0.53	1.00	
Varberg	0.09	0.19	0.70	1.00

* Malmö går tyvärr inte att verifiera mot andra stationer i Öresund då mätdata inte överlappar. Därför jämförs stationen istället med Södra Östersjön och Kattegatt för att säkerställa att stationen inte samvarierar i hög utsträckning med dessa områden.

Bilaga 3 – Mätstationernas vattenståndsdynamik

Resultat från analys av vattenståndsdynamik vid mätstationerna. Period och analyserad period är den tidsrymd inom vilken timvärden analyserats, därefter redovisas de satta klassgränserna och antalet klass 1- och klass 2-tillfällen totalt under hela perioden, i medeltal per år och maximalt under samma månad, den maximala tid under vilken en händelse pågick och när den händelsen ägde rum samt varaktigheten i medeltal per tillfälle och månad med längst varaktighet.

Station	Period	Analyserad period (år)	Klass 1	Klass 2	Totalt antal klass 1	Totalt antal klass 2	Medelantal klass 1 per år	Medelantal klass 2 per år	Max antal klass 1 per månad	Max antal klass 2 per månad	Max varaktighet klass 1	Max varaktighet klass 2	Medel varaktighet klass 1	Medel varaktighet klass 2	Månad med längst varaktighet klass 1	Månad med längst varaktighet klass 2
Kalix	1974-2016	43	79.5	119.5	244	24	5.9	0.6	9 st okt 1983	2 st jan 1975	95 h 1989-02-04	38 h 1984-01-13	15.5	8.8	185h feb 1989	44h jan 1984
Furuögrund	1916-2016	101	79.5	119.5	171	8	1.7	0.1	8 st dec 2011	1 st feb 1962	92 h 1989-02-04	19 h 1984-01-14	16.5	9.7	187h dec 2011	19h jan 1984
Ratan	1891-2016	126	79.5	119.5	157	2	1.3	0	8 st dec 2011	1 st jan 1984	79 h 2005-01-10	17 h 1984-01-14	13.8	15	138h jan 2005	17h jan 1984
Skagsudde	1982-2016	35	64.5	99.5	68	5	2.7	0.2	7 st dec 2011	2 st dec 2011	117 h 2005-01-15	15 h 2002-02-22	24	6	268h jan 2005	15h feb 2002
Spikarna	1968-2016	49	64.5	99.5	149	5	3.1	0.1	9 st jan 2007	1 st jan 1975	247 h 1983-01-23	14 h 1984-01-13	19.5	6.8	315h jan 1983	14h jan 1984
Draghällan	1897-1969	73	64.5	99.5	70	1	1	0	5 st dec 1913	1 st dec 1913	78 h 1903-02-25	1 h 1913-12-04	11.7	1	105h dec 1917	1h dec 1913
Björn	1891-1978	88	64.5	99.5	145	8	1.7	0.1	5 st feb 1894	1 st feb 1894	87 h 1913-12-03	15 h 1894-02-12	9.5	4.9	194h dec 1913	15h feb 1894
Forsmark	1975-2016	42	64.5	99.5	148	10	3.6	0.2	11 st jan 2007	2 st jan 2007	83 h 1983-01-29	10 h 1983-01-18	11.6	3	212h jan 2007	10h jan 1983
Stockholm	1889-2016	128	64.5	99.5	129	3	1	0	8 st jan 2007	1 st jan 1983	117 h 1983-01-27	7 h 2007-01-21	11.6	5	246h jan 2007	7h jan 2007
Landsort Norra	2004-2016	13	64.5	99.5	15	0	1.3	0	7 st jan 2007	0 st	156 h 2007-01-17	0 h	16.7	0	209h jan 2007	0
Landsort	1886-2006	121	64.5	99.5	59	0	0.5	0	8 st dec 1913	0 st	248 h 1983-01-27	0 h	18.6	0	254h jan 1983	0
Marviken	1964-2016	53	64.5	99.5	48	0	0.9	0	6 st jan 2007	0 st	205 h 1983-01-28	0 h	13.6	0	158h jan 1983	0
Visby	1960-2016	57	64.5	99.5	19	0	0.3	0	4 st jan 1983	0 st	143 h 1983-01-30	0 h	26.2	0	163h jan 1983	0
Ölands Norra udde	1961-2016	56	64.5	99.5	99	5	1.9	0.1	9 st jan 2007	1 st nov 1973	161 h 2007-01-18	26 h 1983-01-18	18.6	5.8	251h jan 2007	26h jan 1983
Oskarshamn	1960-2016	57	64.5	99.5	86	1	1.5	0	12 st jan 2007	1 st jan 1983	157 h 1983-01-30	2 h 1983-01-18	12.2	2	177h jan 2007	2h jan 1983
Kungsholmsfört	1886-2016	131	79.5	119.5	79	1	0.6	0	6 st jan 2007	1 st jan 1914	53 h 1913-12-29	9 h 1914-01-09	6.8	9	71h dec 1913	9h jan 1914
Simrishamn	1982-2016	35	79.5	119.5	39	0	1.1	0	6 st jan 2007	0 st	27 h 1983-01-19	0 h	6.2	0	61h jan 2007	0
Ystad	1886-1987	102	79.5	119.5	162	6	1.6	0.1	7 st dec 1913	1 st dec 1898	45 h 1899-12-05	24 h 1913-12-30	6.4	8.7	59h dec 1899	24h dec 1913
Skånör	1992-2016	25	79.5	119.5	45	4	1.9	0.2	7 st jan 2007	1 st feb 1993	15 h 2007-01-24	3 h 2001-11-16	4.3	1.5	50h jan 2007	3h nov 2001
Klagshamn	1929-2016	88	79.5	119.5	119	8	1.4	0.1	6 st jan 2007	1 st feb 1934	18 h 1957-11-29	3 h 1988-11-29	2.9	0.7	34h jan 2007	3h okt 1967
Malmö	1924-1963	40	79.5	119.5	98	5	2.6	0.1	4 st jan 1925	2 st dec 1925	22 h 1949-01-30	6 h 1948-10-23	4.9	1.6	30h jan 1954	6h okt 1948
Barsebäck	1982-2016	35	79.5	119.5	58	3	2.4	0.1	8 st jan 1993	1 st jan 2007	26 h 1999-02-05	18 h 2013-12-06	3.7	6.7	28h jan 2015	18h dec 2013
Viken	1976-2016	41	79.5	119.5	171	17	4.3	0.4	10 st jan 1993	2 st nov 1981	32 h 1999-02-04	20 h 2013-12-06	4.3	5.8	44h jan 1993	20h dec 2013
Halmstad SjöV	2009-2016	8	79.5	119.5	41	11	5.8	1.6	8 st nov 2015	3 st nov 2015	63 h 2009-11-09	22 h 2015-01-10	4.8	5.1	67h nov 2009	25h jan 2015
Varberg	1886-1982	97	79.5	119.5	189	13	2.1	0.1	4 st dec 1921	3 st dec 1921	39 h 1912-12-14	12 h 1921-12-17	5.8	3.8	39h dec 1912	23 h dec 1921
Ringhals	1967-2016	50	79.5	119.5	116	9	2.5	0.2	5 st jan 1984	1 st dec 1982	36 h 1981-11-24	15 h 2015-01-10	5.7	4	51h jan 1993	15h jan 2015
GBG Torshammen	1967-2016	50	79.5	119.5	178	10	3.7	0.2	7 st jan 1993	1 st nov 1981	29 h 1984-01-01	22 h 2015-01-10	4.5	4.6	64h jan 1993	22h jan 2015
Stenungsund	1962-2016	55	79.5	119.5	319	20	6.3	0.4	9 st jan 1984	2 st nov 1981	31 h 1984-01-01	20 h 2015-01-10	4.1	3.9	57h jan 1984	20h jan 2015
Smögen	1910-2016	107	79.5	119.5	374	12	3.5	0.1	10 st jan 1993	2 st dec 1921	38 h 1911-02-23	8 h 1920-11-16	3.6	2.3	78h jan 1993	8h nov 1920
Kungsvik	1973-2016	44	79.5	119.5	233	13	5.4	0.3	12 st jan 1993	2 st jan 2005	25 h 1990-01-17	7 h 1985-11-06	3.4	1.2	80h jan 1993	7h nov 1985

SMHIs publiceringar

SMHI ger ut sju rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Report Meteorology and Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985
KLIMATOLOGI	2009

I serien KLIMATOLOGI har tidigare utgivits:

- 1 Lotta Andersson, Julie Wilk, Phil Graham, Michele Warburton (University KwaZulu Natal) (2009)
Local Assessment of Vulnerability to Climate Change Impacts on Water Resources in the Upper Thukela River Basin, South Africa – Recommendations for Adaptation
- 2 Gunn Persson, Markku Rummukainen (2010)
Klimatförändringarnas effekter på svenskt miljömålsarbete
- 3 Jonas Olsson, Joel Dahné, Jonas German, Bo Westergren, Mathias von Scherling, Lena Kjellson, Fredrik Ohls, Alf Olsson (2010)
En studie av framtida flödesbelastning på Stockholms huvudavloppssystem
- 4 Markku Rummukainen, Daniel J. A. Johansson, Christian Azar, Joakim Langner, Ralf Doescher, Henrik Smith (2011)
Uppdatering av den vetenskapliga grunden för klimatarbetet. En översyn av naturvetenskapliga aspekter
- 5 Sten Bergström (2012)
Framtidens havsnivåer i ett hundraårsperspektiv – kunskapssammanställning 2012
- 6 Jonas Olsson och Kean Foster (2013)
Extrem korttidsnederbörd i klimatprojektioner för Sverige
- 7 FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Effekter, anpassning och sårbarhet. Bidrag från arbetsgrupp 2 (WG 2) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014)
- 8 Att begränsa klimatförändringar. FNs klimatpanel – Sammanfattning för beslutsfattare. Bidrag från arbetsgrupp 3 (WG 3) till den femte utvärderingen (AR 5) från Intergovernmental Panel on Climate Change (2015)
- 9 Erik Kjellström SMHI. Reino Abrahamsson, Pelle Boberg. Eva Jernbäcker Naturvårdsverket. Marie Karlberg, Julien Morel Energimyndigheten och Åsa Sjöström SMHI (2014)
Uppdatering av det klimatvetenskapliga kunskapsläget
- 10 Risker och konsekvenser för samhället av förändrat klimat – en kunskapsöversikt (2014)
- 11 Gunn Persson (2015)
Vägledning för användande av klimatscenarier
- 12 Lotta Andersson, Anna Bohman, Lisa van Well, Anna Jonsson, Gunn Persson och Johanna Farelus (2015)
Underlag till kontrollstation 2015 för anpassning till ett förändrat klimat
- 13 Gunn Persson (2015)
Sveriges klimat 1860-2014. Underlag till Dricksvattenutredningen

14. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström, Emil Björck, Joel Dahné, Lena Lindström, Daniel Nordborg, Jonas Olsson, Lennart Simonsson och Elin Sjökvist (2015)
Sveriges framtida klimat. Underlag till Dricksvattensutredningen
15. Elin Sjökvist, Jenny Axén Mårtensson, Joel Dahné, Nina Köplin, Emil Björck, Linda Nylén, Gitte Berglöv, Johanna Tengdelius Brunell, Daniel Nordborg, Kristoffer Hallberg, Johan Södling, Steve Berggreen-Clausen (2015)
Klimatscenarier för Sverige - Bearbetning av RCP-scenarier för meteorologiska och hydrologiska effektstudier
16. Elin Sjökvist, Gunn Persson, Jenny Axén Mårtensson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson och Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Dalarnas län – enligt RCP-scenarier
17. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Värmlands län – enligt RCP-scenarier
18. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Örebro län – enligt RCP-scenarier
19. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västmanlands län – enligt RCP-scenarier
20. Elin Sjökvist, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson (2015)
Framtidsklimat i Uppsala län – enligt RCP-scenarier
21. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Stockholms län – enligt RCP-scenarier
22. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Södermanlands län – enligt RCP-scenarier
23. Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Östergötlands län – enligt RCP-scenarier
24. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västra Götalands län – enligt RCP-scenarier
25. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Jönköpings län – enligt RCP-scenarier
26. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Kalmar län – enligt RCP-scenarier
27. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Kronobergs län – Enligt RCP-scenarier

28. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Hallands län – enligt RCP-scenarier
29. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Skåne län – enligt RCP-scenarier
30. Alexandra Ohlsson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Anna Johnell, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Blekinge län – enligt RCP-scenarier.
31. Gunn Persson, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Gotlands län – enligt RCP-scenarier
32. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Norrbottens län – enligt RCP-scenarier
33. Gitte Berglöv, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Linda Nylén, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västerbottens län – enligt RCP-scenarier
34. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Jämtlands län – enligt RCP-scenarier
35. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Västernorrlands län – enligt RCP-scenarier
36. Linda Nylén, Magnus Asp, Steve Berggreen-Clausen, Gitte Berglöv, Emil Björck, Jenny Axén Mårtensson, Alexandra Ohlsson, Håkan Persson, Elin Sjökvist (2015)
Framtidsklimat i Gävleborgs län – enligt RCP-scenarier
37. Jonas Olsson, Weine Josefsson (red.) (2015) Skyfallsuppdraget - ett regeringsuppdrag till SMHI
38. Gunn Persson, Linda Nylén, Steve Berggreen-Clausen, Peter Berg, David Rayner och Elin Sjökvist (2015)
Från utsläppsscenarier till lokal nederbörd och översvåmningsrisker
39. Anna Eklund, Jenny Axén Mårtensson, Sten Bergström och Elin Sjökvist.(2015)
Framtidens vattentillgång i Mälaren, Göta älv, Bolmen, Vombsjön och Gavleån. Underlag till Dricksvattenutredningen
40. Anna Bohman (Centrum för klimatpolitisk forskning, CSPR) vid Linköpings universitet, Lotta Andersson, SMHI och CSPR, Linköpings universitet samt Åsa Sjöström, SMHI. (2016)
Förslag till en metod för uppföljning av det nationella klimatanpassningsarbetet. Redovisning av ett regeringsuppdrag December 2016
41. Karttjänst för framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust
42. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Anna Johnell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Vättern
Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden

43. Anna Eklund, Anna Johnell, Linda Tofeldt, Johanna Tengdelius-Brunell, Maria Andersson, Cajsa-Lisa Ivarsson, Jonas German, Elin Sjökvist och Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperaturer och is i Hjälmaren
Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden
44. Anna Eklund, Linda Tofeldt, Anna Johnell, Maria Andersson, Johanna Tengdelius-Brunell, Jonas German, Elin Sjökvist, Maria Rasmusson, Ulrika Harbman, Elinor Andersson (2017)
Vattennivåer, tappningar, vattentemperatur och is i Väneren Beräkningar för dagens och framtidens klimatförhållanden



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 NORRKÖPING
Tel 011-495 80 00 Fax 011-495 80 01

ISSN 1654-2258