

EXTREMVATTENSTÅND I KARLSHAMN

TITEL

Extremvattenstånd i Karlshamn

FÖRFATTARE

Lasse Johansson, SMHI

UPPDRAGSGIVARE

MSB

651 81 KARLSTAD

KONTAKTPERSON

Anna Jansson

MSB

651 81 KARLSTAD

E-post anna.jansson@msb.se

PROJEKTANSVARIG

Lasse Johansson

Telefon 031-751 89 92

E-post lasse.johansson@smhi.se

DIARIENUMMER

2018/955/9.5

Version

01

02

03

Datum

2018-09-18

2018-09-25

2018-11-26

Granskad

Rättat skrivfel

MSB återkoppling

Utfört av

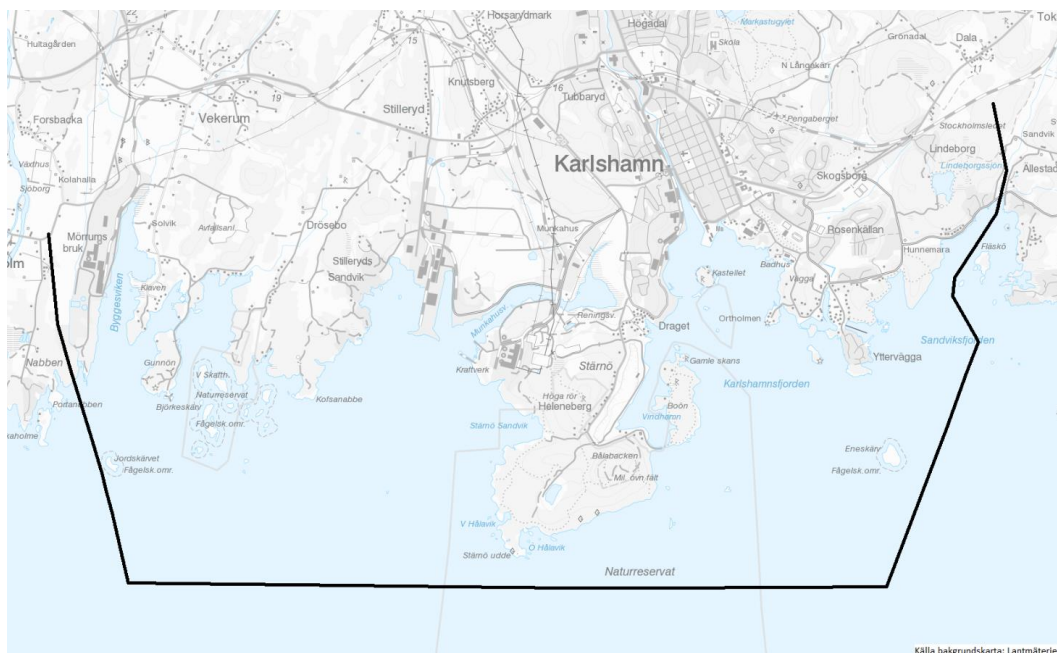
Signild Nerheim, SMHI

Lasse Johansson, SMH

Lasse Johansson, SMHI

1 Bakgrund

MSB har givit SMHI i uppdrag att skatta höga vattenstånd för ett antal platser i Götaland samt Haparanda och Stockholm. Skattingarna ska modernisera och höja noggrannheten i de nivåer som användes i översynen av områden med betydande översvämningsrisk inom förordningen om översvämningsrisker (SFS 2009:956) och som beskrivs i MSB1152-januari 2018. RCP 8,5 ska användas för 100-, 200-års återkomstvärden och extremnivå. Landhöjningen ska inkluderas. Nivåerna ska anges i RH2000.



Figur 1. MSB:s område i Karlshamn.

2 Resultat

De beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning är:

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
skattat värde år 2100	186	190	251
konfidensintervall 95 %	135 till 238	139 till 242	-

Tabell 1. Karlshamn. Återkomstvärden i centimeter i RH2000 för återkomstperioden 100 och 200 år, samt ett högsta beräknat vattenstånd. Landhöjningen ingår. Konfidensintervallet innehåller det riktiga värdet med sannolikheten 95 %. Högsta beräknade vattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram i SMHI:s havsnivåprojekt.

Resultatet är skattade återkomstvärden för återkomstperioderna 100 och 200 år med tillhörande konfidensintervall gällande år 2100. Osäkerheten i det skattade värdet uttrycks med ett 95-procentigt konfidensintervall. Detta ska tolkas så att konfidensintervallet med sannolikheten 95 procent innehåller det riktiga värdet. Det skattade värdet och konfidensintervallet måste justeras i takt med ny kunskap, nya observationer och hur utsläppet av växthusgaser utvecklas.

Skattningen av medelvattenståndet 2100 och osäkerheterna förknippade med detta baseras på FN:s klimatpanels femte rapport, AR5. Det scenario som MSB specificerat, RCP 8,5, har använts.

Resultatet gäller för kuststområdet i Figur 1. Skillnaderna i vattenstånd mellan olika platser vid högvatten kan vara högst några centimeter.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 i Tabell 1 är:

	100 år	200 år	
återkomstvärde i medelvattenstånd	114	118	Avsnitt 3.2.3
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	14	14	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	- 16	- 16	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	186	190	

Tabell 2. Karlshamn. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100. TOTAL är värdena i Tabell 1.

Den totala osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 1 är beräknade, består av tre komponenter enligt följande tabell:

osäkerhetskälla	100 år	200 år
klimatprognos	23	23
extremvärdesberäkning	8	9
mätning	10	10
kombinerad osäkerhet	26	27

Tabell 3. Karlshamn. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd, centimeter.

Posterna i beräkningen av ”Beräknat högsta havsvattenstånd” i Tabell 1 är:

högsta nettohöjning Karlshamn*	100	SMHI Klimatologi 45, 2017
högsta vattenstånd före storm i Östersjön	55	SMHI Klimatologi 45, 2017
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	14	SMHI Klimatologi 45, 2017
global höjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	- 16	SMHI Klimatologi 45, 2017
TOTAL	251	

Tabell 4. Karlshamn; *samma värden som för Karlskrona. Posterna i beräkningen av ”beräknat högsta havsvattenstånd”. TOTAL är värdet i Tabell 1.

3 Metod

Resultaten bygger på antagandet att fördelningen av extrema vattenstånd är stationär, det vill säga densamma i framtiden som idag. Det är liktydigt med att anta att vädret, i synnerhet ovädren, kommer att ha samma statistiska egenskaper som idag. Stormarna antas ha samma styrkor, banor, utveckling m.m. som nu. Det är förenligt med klimatscenerierna, vilka för vårt land inte förutsäger ett signifikant annorlunda ovädsklimat än nu.

Resultatet fås genom att de väderorsakade högvattnen överlagras det förändrade globala medelvattenståndet, justerat för landhöjningen på lokalen.

3.1 Det globala medelvattenståndet år 2100

För detta uppdrag ska FN:s klimatpanels scenario RCP 8,5 för år 2100 användas. Scenariot är behäftat med en osäkerhet som diskuteras utförligt i Church m.fl. 2013. I kapitel 13, s. 1140:

”För RCP 8,5 är den troliga ökningen till 2100 av det globala medelvattenståndet 0,52 till 0,98 m [jämfört med perioden 1986-2005] med en takt av 8–16 mm/år under perioden 2081-2100”.

I samma kapitel, s. 1139 fotnot 2: *”Ett troligt intervall är det i vilket värdet ligger med en sannolikhet på 66-100 %.”*

Vårt uppdrag är att leverera användbara uppgifter till MSB, närmare bestämt konkreta värden på extremvattenståndet år 2100. För att åstadkomma detta gör vi på följande sätt:

- Vi antar att medelvattenståndet 2100, kallat X, är en stokastisk variabel.
- Vi väljer den lägre sannolikheten i klimatpanelens trolighetsdefinition: 66 %.
- X är alltså en normalfördelad stokastisk variabel vilken med sannolikheten 66 % ligger i intervallet 52-98 cm vilket betyder att den har standardavvikelsen $\sigma = 23$ cm.
- X har väntevärdet 74 cm, vilket är mittenvärdet i tabell 13.5 s. 1182 i Church m.fl. 2013.
- Standardavvikelsen ska användas som mått på osäkerheten i 2100 års medelvattenstånd. Den ska kombineras med övriga osäkerheter till en total osäkerhet i återkomstvärdena för återkomstperioderna 100 och 200 år.
- Värdet $\sigma = 23$ cm är en av de tolkningar som klimatpanelens uppgifter tillåter. Det är en försiktig tolkning. Det är inte den enda tolkningen.

Skattningarna av förväntat värde och osäkerheterna bygger på de uppgifter FN ger nu, 2018, och som SMHI ansluter sig till.

Kunskapsutvecklingen inom detta område är snabb. Allt fler observationer blir tillgängliga och används och mycket annat arbete på att förbättra skattningarna utförs. Den politiska utvecklingen i världen gör att en del tidigare scenarier blir mindre troliga, andra mer troliga. Möjligen måste helt nya scenarier tas fram för att motsvara de utsläpp av växthusgaser som verkligen sker. FN:s klimatpanels nästa skattning av klimatförändringar väntas hösten 2019. Vi förväntar att nya, förbättrade skattningar då kommer att föras fram. Värdena i denna rapport kan då behöva revideras.

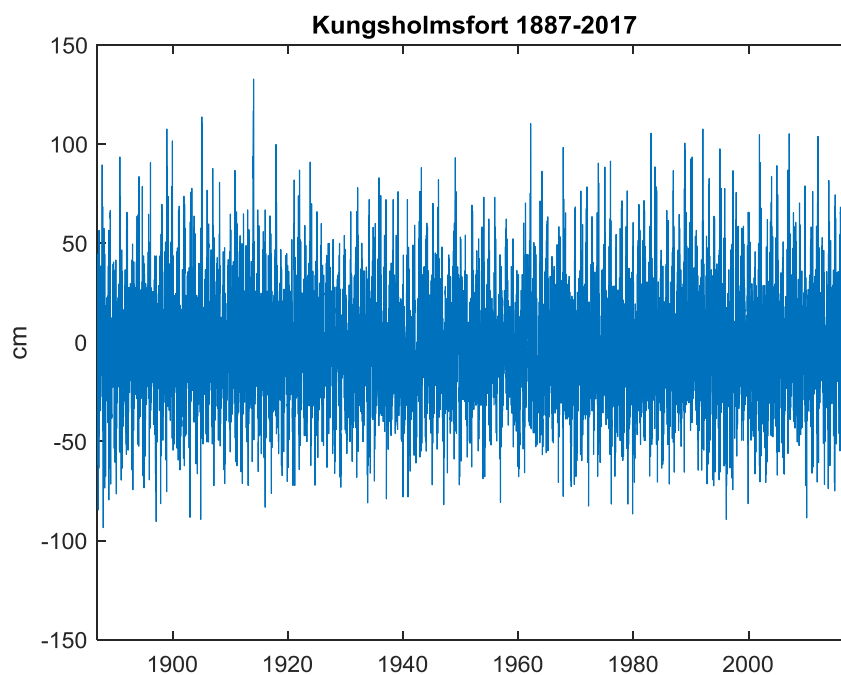
3.2 Återkomstvärden

Vi har använt Sjöfartsverkets observationer i Karlshamn och SMHI:s observationer på Kungsholmsfort i Karlskrona. Vi har även undersökt SMHI:s observationer i Simrishamn, och kan konstatera att samvariationen mellan Karlshamn och Karlskrona är starkare än den mellan Karlshamn och Simrishamn. Dessutom är Karlskronatidsserien mycket längre.

3.2.1 Observationer vid Kungsholmsfort i Karlskrona

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd i Karlskrona, närmare bestämt vid Kungsholmsfort, fyra kilometer söder om Karlskrona centrum. Observationerna startade 1 december 1886. De är av hög kvalitet. Pegeln är placerad i en pegelbrunn vilken eliminerar störningar från vågor samt skyddar den från väder och vind. Pegeln har hindrats att frysa, vilket ger en nästan avbrottsfri observationsserie. Dataåterbäringen är 99,55 %, nästan inga data saknas alltså. Det medför att resultaten inte påverkas av statistiska betingningsfel. Pegeln är upprepade gånger inmätt i rikets höjdsystem. Det betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

I Figur 2 visas havsvattenståndet för hela observationsperioden 1887-2017 (131 år). Det högsta uppmätta vattenståndet är 132,8 cm och observerades kl. 20 den 9:e januari 1914. Siffrorna är uttryckta i lokalt medelvattenstånd.



Figur 2. Havsvattenstånd vid Kungsholms fort 1887-2017. Höjdsystem: Lokalt medelvattenstånd.

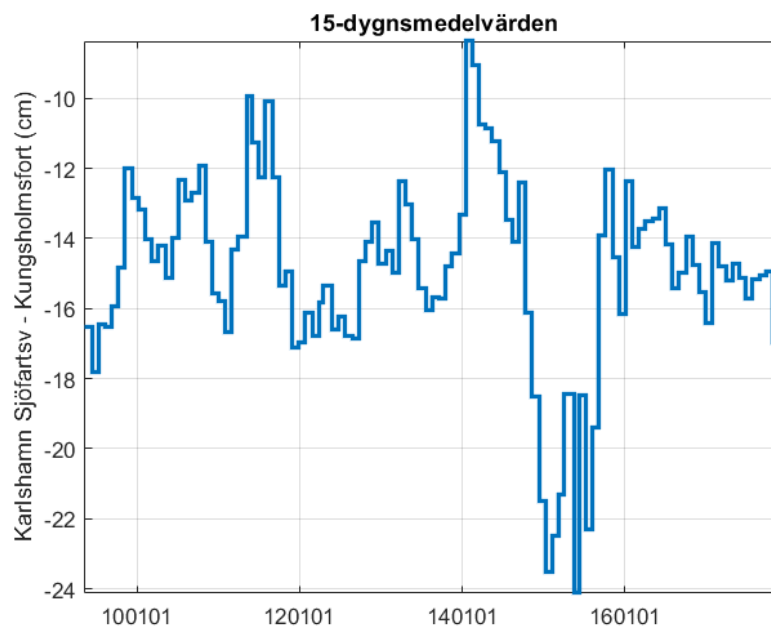
3.2.2 Observationer i Stillerydshamnen i Karlshamn

Sjöfartsverkets pegel är belägen längst ut på kajen i Stillerydshamnen, Figur 3. Mätningen startade sommaren 2009. Pegeln är inte inmätt i något höjdsystem. Nollnivån kan ha justerats uppåt och nedåt under mätperioden. När tidsserien med timvärden rensats från felaktiga observationer måste den ensas med en höjdbestämd mätplats. Vi har ensat Karlshamn med Kungsholmsfort 42 km österut. För detta ändamål har vi beräknat medelvärden under 15 dygn för de båda platserna. Det är osannolikt att det skulle finnas en skillnad i vattenstånd mer än ett par centimeter under en så lång tid, samtidigt som 15 dygn är tillräckligt kort för att upplösa en plötslig förskjutning av Sjöfartsverkets mätning, vilket sker när nollnivån flyttas.

I Figur 4 ser vi att Karlshamnspegeln nollnivå ligger cirka 15 centimeter under Karlskronapegelns. Eftersom Karlskronaobservationerna är i höjdsystem RH2000, ska 15 centimeter läggas till observationerna i Karlshamn för att även dessa ska vara ungefärligen i RH2000. Figur 4 visar också en osäkerhet i värdena, främst i perioden 2014-2016, på runt ± 10 centimeter, vilken vi lägger till som en post i osäkerhetsberäkningen, Tabell 3.



Figur 3. Vindpilen visar pegelns belägenhet i sydost på kajen i Stillerydshamnen.



Figur 4. Vattenståndsskillnaden Karlshamn-Kungsholmsfort under 15-dygnsperioder. Observationerna från Kungsholmsfort är i höjdsystem RH2000.

3.2.3 Beräkning av återkomstvärden

För att dra bästa nytta av båda mätlokalerna, använder vi mätningarna i Karlskrona för att fastställa hur mycket nollpunkten i Karlshamn avviker från nollnivån i RH2000, under hypotesen att medelvattenståndet är detsamma i RH2000 i Karlskrona och Karlshamn. Karlshamnmätningen justeras till rätt nivå. Sedan används den justerade mätningen för att ta fram ett samband mellan högvatten i Karlshamn och SMHI:s långa serie i

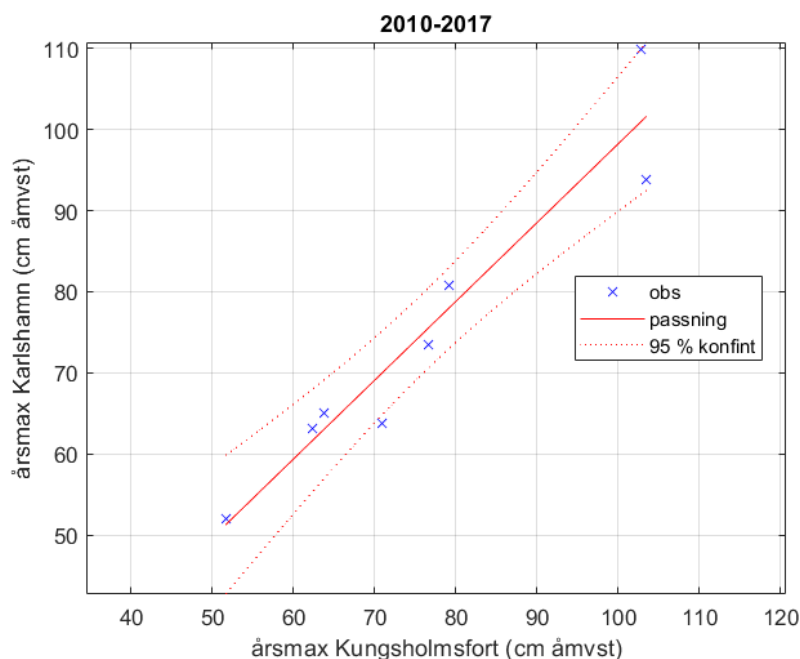
Karlskrona. Med hjälp av sambandet transformeras, ”flyttas”, observationerna i Karlskrona till Karlshamn. Till sist beräknar vi på gängse sätt återkomstvärden för olika återkomsttider.

Det samband vi använt visas i Figur 5. Högvatten i form av årsmax i Karlshamn mot samtidigt (inom ± 6 timmar) högvatten i Karlskrona visas. Sambandet bygger på åtta observationspar (årsmax) vilket givetvis är ett litet stickprov. Det är inte uteslutet att ett mycket högre vattenstånd skulle lyda ett avvikande samband, men något sådant har inte observerats under de åtta observationsår vi har till vårt förfogande. För att något mer underbygga det funna sambandet har vi även provat ett delvis annat urval, nämligen oberoende maxvärden över ett tröskelvärde. Vi finner i princip samma samband som för årsmax, vilket ger sambandet ytterligare något stöd.

Vi har undersökt huruvida de prognoserade högvattnen i Karlshamn stämmer bättre med de observerade om (förutom vattenståndet i Karlskrona) även vinden vid och före observerat vattenståndsmax inkluderas. Observerad vind från SMHI:s stationer på Hanö och i Skillinge har undersökts. Att inkludera vinden på Hanö ger en viss förbättring, som emellertid upphävs av att tidsserierna skulle bli mycket kortare.

Vattenståndsobservationer i Karlskrona finns från 1887 medan pålitliga vindobservationer från Hanö finns från 1960-talet. En något bättre prognos av högvattnen i Karlshamn skulle alltså ge ett mycket mindre antal av dem, vilket i slutändan skulle ge sämre noggrannhet på återkomstvärdena.

Vi har även undersökt om så kallade omanalysdata skulle kunna användas. Omanalysdata är en sorts efterhandsprognoser av väderelement – däribland vind – som bygger på hela observationsmaterialet vid varje tidpunkt såsom lufttryck, temperaturer med mera. Vi har närmare bestämt studerat omanalysprodukten ERA-20C som framställs på det europeiska vädercentret. Den omfattar perioden 1900-2010 och slutar alltså tyvärr samtidigt som vattenståndsmätningen i Karlshamn börjar varför den inte är användbar.



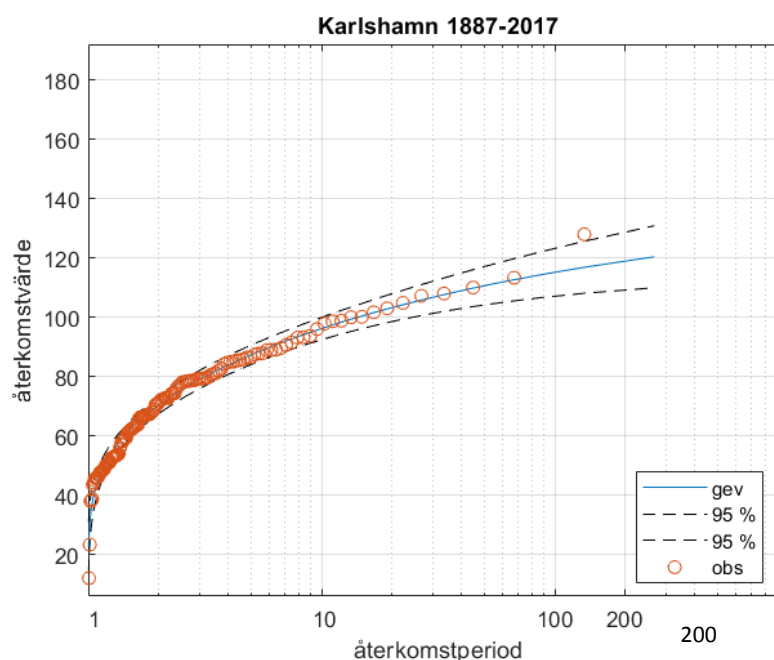
Figur 5. Samband mellan årsmax i Karlshamn och samtidigt d:o i Karlskrona.

Figur 6 visar passningen av fördelningsfunktionen, en Weibullfördelning med tre parametrar, till observationerna. Vi har använt ett brutet år, juli till följande juni.

Återkomstvärdet är 114 cm över medelvattenstånd för återkomsttiden 100 år. Ett 95-procentigt konfidensintervall är 107-122 cm, vilket betyder att det med sannolikheten 95 % innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid är återkomstvärdet 118 cm och konfidensintervallet 109-126 cm. Återkomstvärdet ökar alltså svagt med ökande återkomsttid.

Valet av fördelningsfunktion är i viss mån godtyckligt. Man tar vanligen den man tycker passar bäst, men det är sällan ett entydigt val. I SMHI:s rapport ”Framtida havsnivåer i Sverige” (Nerheim m.fl., 2017) kan man se att återkomstvärdet beror på vilken variant man väljer. Konfidensintervallens vidd varierar likaså. Det finns även olika sätt att passa den valda fördelningen till det föreliggande stickprovet, och de ger skilda resultat.



Figur 6. Beräknat återkomstvärde vid olika återkomsttid, blå kurva. Streckade kurvor anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Ringarna visar observerade årsmax. Höjdsystem: Lokalt medelvattenstånd.

3.3 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Karlshamn är 1,5 mm/år. Landhöjningen är beräknad av Lantmäteriet med nya landhöjningsmodellen NKG2016LU (se SMHI Klimatologi 41, 2017).

3.4 Högsta beräknade havsvattenstånd

Högsta beräknade havsvattenstånd togs fram till Klimatologirapport nummer 48 (Nerheim m.fl. 2018). Metodiken beskrivs i detalj i Schöld m.fl. (2018). Värdena avser inte högsta möjliga havsvattenstånd som någonsin kan inträffa, utan representerar värden med mycket låg sannolikhet.

Ett högvattenstånd kan förenklat delas in i tre komponenter: Medelvattenståndet, ett genomsnittligt vattenstånd för en viss tidperiod, ofta en till några veckor, och en kortvarig händelse som beror på en tillfällig vädersituation under några dagar, ofta ett lågtryck med tillhörande kraftiga vindar.

Medelvattenståndet hanteras separat. Kvar blir då det genomsnittliga vattenståndet, utgångsläget, kallat havsnivå före storm, och stormhöjningen. I Schöld m.fl. analyserades ett stort antal höga vattenstånd med avseende på vattenstånd före storm och stormhöjning för alla SMHI:s längre tidsserier för vattenstånd.

Beräknat högsta havsvattenstånd definieras som:

Den högsta stormhöjningen observerad på en plats plus det högsta genomsnittliga vattenståndet före stormen för havsbassängen.

Eftersom observationsserien från Karlshamn är så kort och eftersom överensstämmelsen mellan Karlshamn och Karlskrona är så god, har vi tagit högsta beräknade vattenstånd för Karlskrona, 155 cm över medelvattenståndet (Schöld m fl. 2017), att gälla även för Karlshamn.

4 REFERENSER

Church, J.A., Clark, P.U., Cazenave, A., Gregory, J.M., Jevrejeva, S., Levermann, A., Merrifield, M.A., Milne, G.A., Nerem, R.S., Nunn, P.D., Payne, A.J., Pfeffer, W.T., Stammer, D. and Unnikrishnan, A.S. (2013) Sea Level Change. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1137–1216, doi:10.1017/ CBO9781107415324.026.

Johansson L., Gyllenram, G., Nerheim, S. (2018) Lokala effekter på extrema havsvattenstånd. SMHI Oceanografi 125.

Nerheim, S., Schöld, S., Persson, G. och Sjöström, Å. (2017) Framtida havsnivåer i Sverige. SMHI Klimatologi Nr 48.

Schöld, S., Ivarsson, C.-L., Nerheim, S. och Södling, J. (2017) Beräkning av högsta vattenstånd längs Sveriges kust. SMHI Klimatologi Nr 45.

Simpson, M.J.R., Nilsen, J.E.Ø., Ravndal, O.R., Breili, K., Sande, H.P., Kierulf, H., Steffen, H., Jansen, E., Carson, M., and Vestøl, Ø. (2015) Sea Level Change for Norway. Norwegian Centre for Climate Services, NCCS report no 1/2015.

SMHI (2017) Framtida medelvattenstånd längs Sveriges kust. Klimatologi Nr 41.