

EXTREMVATTENSTÅND I LANDSKRONA

TITEL

Extremvattenstånd i Landskrona

FÖRFATTARE

Signild Nerheim, 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

Datum

2018-10-01

2018-11-26

Granskad

MSB återkoppling

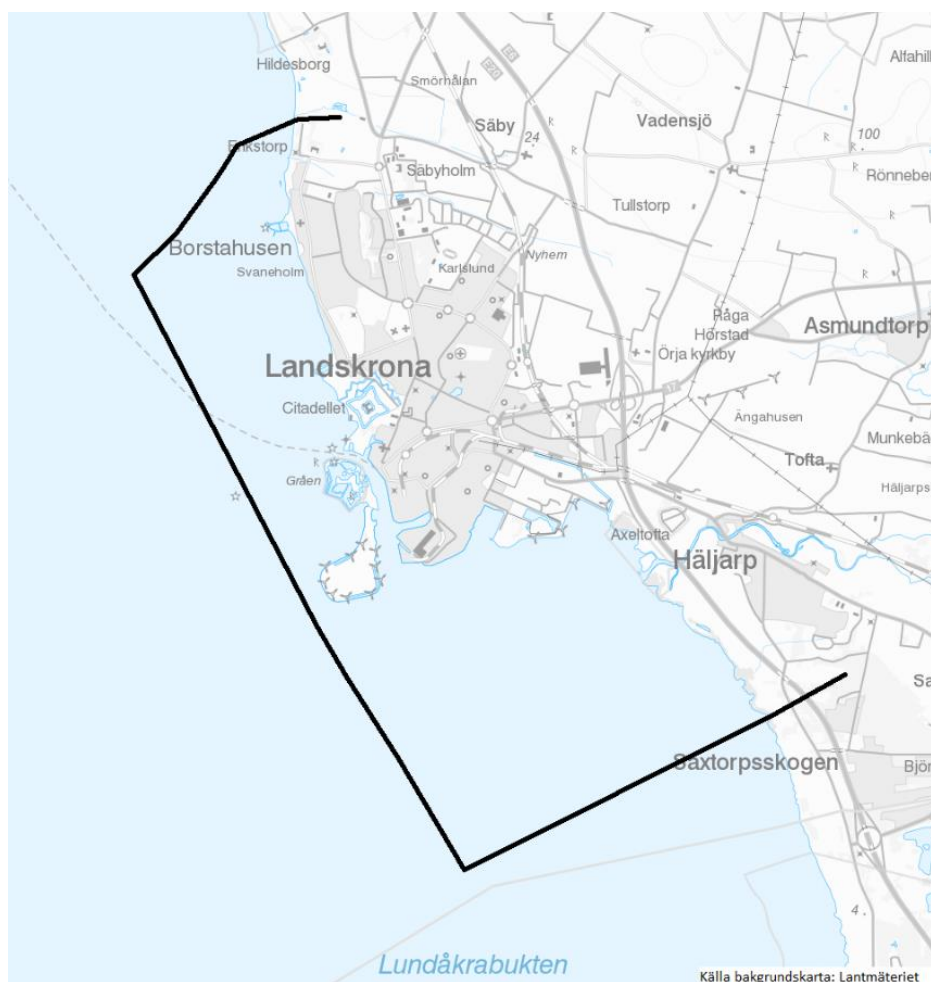
Utfört av

Maria Andersson, SMHI

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. Skattningarna 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 Landskrona.

2 Resultat

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

	100 år	200 år	högsta beräknade vattenstånd
skattat värde år 2100	234	245	305
konfidensintervall 95 %	180 till 289	189 till 301	-

Tabell 1. Landskrona. 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 skall 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 kustområdet i Figur 1. Skillnaderna i vattenstånd mellan olika platser vid högvatten kan vara runt 5 cm.

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

	100 år	200 år	
återkomstvärde i medelvattenstånd	163	174	Avsnitt 3.2
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	9	9	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-12	-12	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	234	245	

Tabell 2. Landskrona. 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	12	14
mätning	10	10
kombinerad osäkerhet	28	29

Tabell 3. Landskrona. Osäkerheter uttryckta som standardavvikelser i vattenstånd, centimeter. Eftersom det inte finns data av hög kvalitet i Landskrona har osäkerheten för mätning skattats till 10 cm.

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

högsta nettohöjning Landskrona	164	Framtaget utifrån SMHI Klimatologi 45, 2017
högsta vattenstånd före storm i Öresund	46	SMHI Klimatologi 45, 2017
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	9	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-12	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	305	

Tabell 4. Landskrona. Posterna i beräkningen av ”beräknat högsta havsvattenstånd”. TOTAL är värdet i Tabell 1. Landskrona. 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.

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 från observationer

3.2.1 Observationer

Det saknas mätningar av god kvalitet från Landskrona. SMHI:s mätningar mellan 1959 och 1982 gjordes tre gånger per dag, vilket betyder att det är stor sannolikhet att man underskattat vattenståndsmaxima. Vi har därför tittat på andra samband och hittar ett bra samband mellan Barsebäck och Helsingborg för åren 2009-2017. Sambandet indikerar att vattenståndet vid Landskrona har stora likheter med såväl vattenståndet vid Helsingborg som vid Barsebäck. Då mätserien vid Barsebäck är längre, och Barsebäck ligger närmast Landskrona har Barsebäck-data använts för att bygga en statistisk modell representativ för Landskrona. Modellen har därefter använts för att beräkna återkomstvärden för Landskrona. Modellen utgår ifrån samband mellan observationer vid Barsebäck och Viken samt geostrofisk vind (Wern och Barring, 2009). Vattenståndet vid Helsingborgs hamn mäts av Sjöfartsverket, med hög kvalitet.



Figur 2. Övre pil visar SMHI:s pegel i Viken, mellersta pilen visar Sjöfartsverkets pegel i Helsingborg och nedersta pilen visar SMHI:s pegel i Barsebäck.

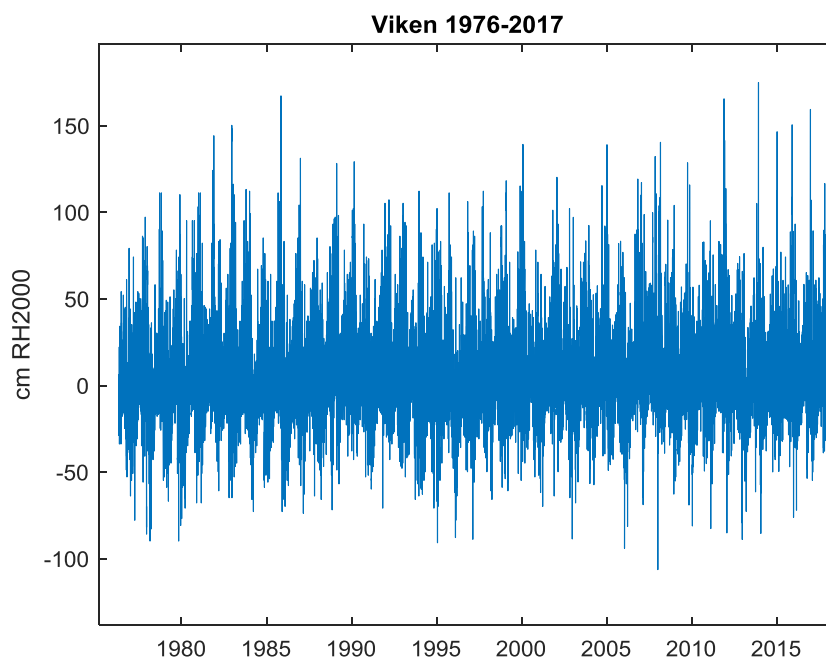
3.2.2 Observationer vid Viken

SMHI har en pågående observationsserie av vattenstånd vid Viken som startade 22 april 1976. Observationerna är av hög kvalitet. Fram till 1986 användes en diagramskrivare för timvärden, men från 1986 finns både automatisk mätare och diagramskrivare.

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 100 %, inga data saknas. 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 3 visas havsvattenståndet för hela observationsperioden 1976-2017 (41 år). Det högsta uppmätta vattenståndet är c:a 175 cm och observerades den 6:e december 2013. Det lägsta var -106 cm och registrerades den 5:e januari 2008. Siffrorna är uttryckta i RH2000, som skiljer sig några cm från lokalt medelvattenstånd.

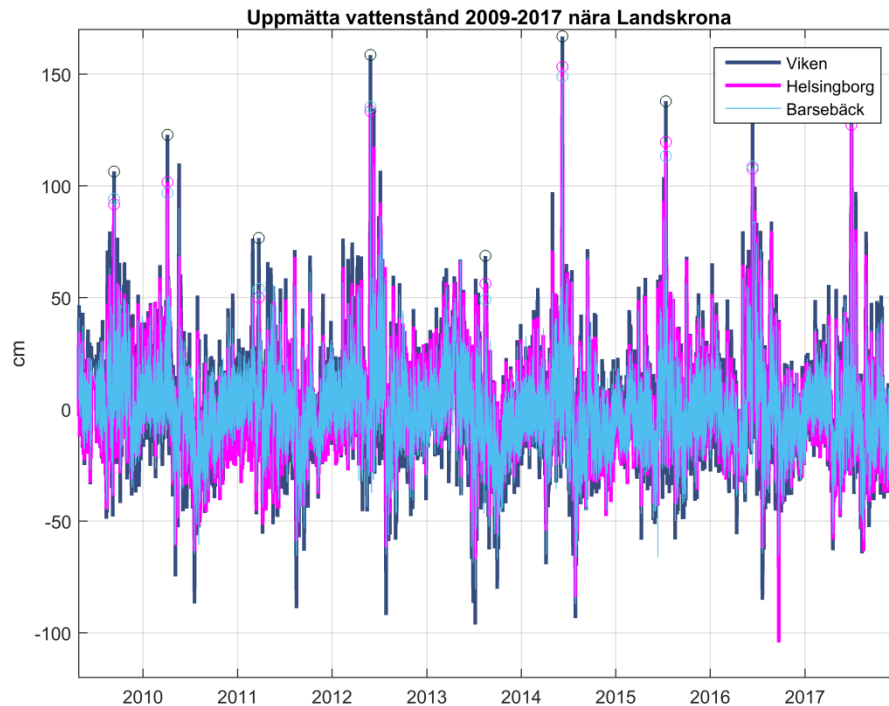


Figur 3. Havsvattenstånd vid Viken 1976-2017. Höjdsystem: RH2000.

3.2.3 Observationer i Helsingborg och Barsebäck

Det finns mätstationer norr och söder om Landskrona. Sjöfartsverkets pegel ligger i Helsingborgs hamn, precis utanför resecentrum norr om Scandlines terminal. Den har mätt vattenstånd sedan 2009. Pegeln ligger drygt 10 km ifrån mätstationen vid Viken. SMHI:s pegel i Barsebäcks hamn ligger drygt 10 km söder om Landskrona.

Figur 4 visar vattenståndet vid Viken, Helsingborg och Barsebäck 2009-2017, samt årens högsta vattenstånd vid de tre stationerna. Generellt är höga vattenstånd i Viken högre än samtida vattenstånd i Helsingborg, medan höga vattenstånd i Barsebäck liknar samtida vattenstånd i Helsingborg. I medeltal skiljer det en centimeter mellan de två södra stationerna. Detta är en god indikation på att både värden från Helsingborg och värden från Barsebäck lämpar sig för Landskrona.



Figur 4. Vattenståndet vid Viken (SMHI), Helsingborg (Sjöfartsverket) och Barsebäck (SMHI) 2009-2017. Vattenståndet anges relativt lokalt medelvattenstånd. Årsmax för de båda stationerna visas som cirklar, svarta för Viken, rosa för Helsingborg och turkosa för Barsebäck.

Timvis mätningar i Barsebäck startade 1992. Dataåterbäringen 1993 och framåt är 99,3 %. 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.

Mätaren i Helsingborg är inte inmätt i RH2000. Vid analyserna har därför ett lokalt medelvattenstånd tillämpats. Det innebär att man drar bort en eventuell trend som finns i serierna.

3.2.4 Beräkning av återkomstvärden

Beräkning av återkomstvärden för Landskrona har gjorts genom att anpassa årsmax från Barsebäck till årsmax i Viken.

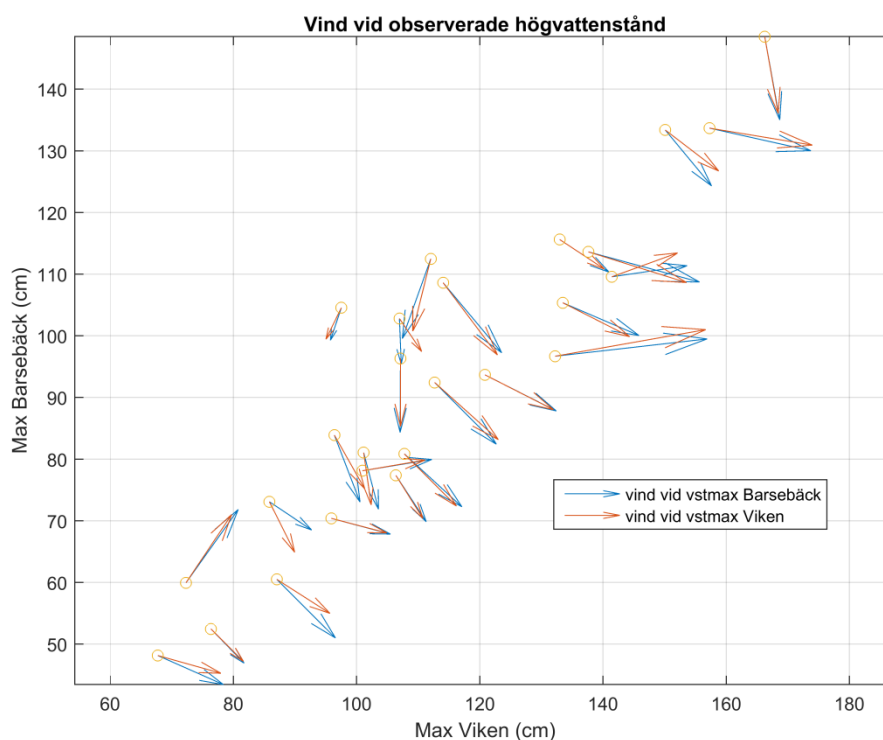
Förutom vattenståndet i Viken använder vi den geostrofiska vinden i vår modell, då det visar sig att den förbättrar modellens noggrannhet. Den geostrofiska vinden beräknades från lufttrycksobservationer i Lund, Göteborg och Visby från 1879 till 2017, gjorda i huvudsak, tre gånger per dygn: kl. 06, 12 och 18 UTC.

Mot användandet av den geostrofiska vinden kan man anföra att den har ganska låg tidsupplösning (tre per dygn, vilket vi interpolerat till timvärden), samt att den representerar ett medelvärde över inlandsområdet i triangeln med hörn på nämnda orter.

För användandet av denna vind talar att den inte störs av lokala förhållanden, vilket alla marknära vindobservationer gör, samt att den finns och har mätts på samma sätt ända sedan 1879.

Det starkaste skälet att använda den geostrofiska vinden är att det visar sig att den förbättrar noggrannheten i vår modell för vattenståndet i Barsebäck. Figur 5 visar

vindpilar för den geostrofiska vinden samtidigt som observerade årshögsta vattenstånd vid Viken och Barsebäck. Det är vindens nordliga komponent som mest påverkar vattenståndet i Helsingborg.



Figur 5. På x-axeln visas årshögsta vattenstånd vid Viken, med samtidigt vattenstånd i Barsebäck på y-axeln, gula ringar. Pilarna visar geostrofisk vind vid samma tid. Pil nedåt = nordlig vind. Pil åt höger = västvind osv.

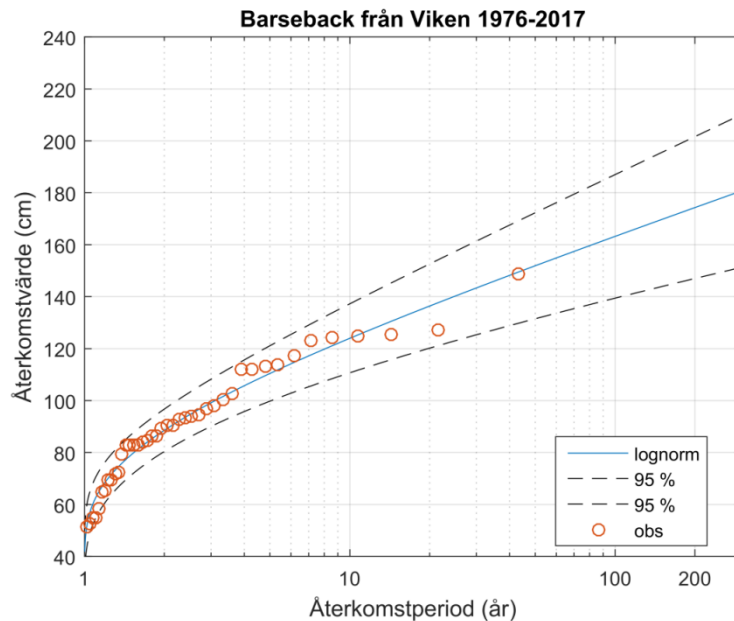
För att undersöka höga havsvattenstånd görs sedan en statistisk analys av mätserien. I Figur 6 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för högt vattenstånd.

Återkomstvärdet är 163 cm över medelvattenstånd för återkomsttiden 100 år. Ett 95-procentigt konfidensintervall är 140-188, vilket betyder att det med sannolikheten 95 % innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid är återkomstvärdet 174 cm och konfidensintervallet 148-203 cm. Återkomstvärdet ökar alltså svagt med ökande återkomsttid.

Figur 6 visar passningen av fördelningsfunktionen för Helsingborg, en lognormal fördelning, till observationerna. Notera att konfidensintervallet som visas i figuren gäller för de värden för Barsebäck som beräknats från regressions sambandet Viken-Barsebäck. Det beräknade konfidensintervallet beaktar även den skattade osäkerheten för mät noggrannhet. Vi har använt ett brutet år; juli till följande juni.

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 varierar beroende på vilken variant man väljer. Konfidensintervallets 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 Landskrona är 1,1 cm/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.

Högsta beräknade havsvattenstånd över medelvattenståndet för Landskrona har tagits fram utifrån det skattade värdet för Viken som är 210 cm över medelvattenståndet. Detta ger troligtvis ett något högt (c:a 10 cm) värde för Landskrona. Det beräknade högsta vattenståndet i Barsebäck är c:a 20 cm lägre än för Viken, men baseras på en kortare mätserie. Den statistiska modellen lämpade sig i det här fallet dåligt för att ta fram ett justerat värde.

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.
- Wern, L. och Barring, L. (2009) Sveriges vindklimat 1901-2008: Analys av trend i geostrofisk vind. (Meteorologi). SMHI.