

EXTREMVATTENSTÅND I FALSTERBO

TITEL

Extremvattenstånd i Falsterbo

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

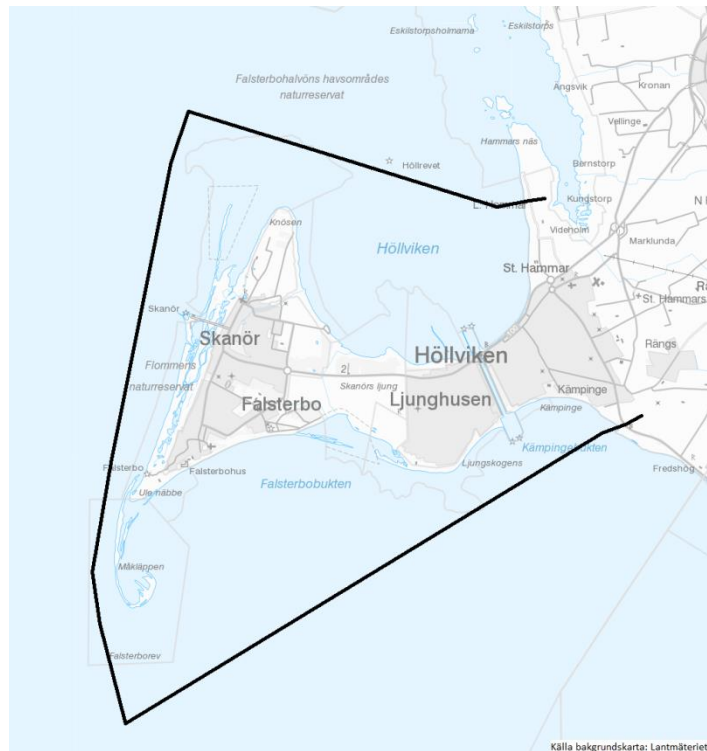
2018/955/9.5

Version	Datum		Utfört av
01	2018-11-26	Granskad	Maria Andersson, SMHI
02	2018-12-07	MSB återkoppling	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.

I Figur 1 visas det geografiska område som specificerats av MSB för Falsterbo.



Figur 1. MSB:s område i Falsterbo.

2 Resultat

Beräknade återkomstvärden i höjdsystemet RH2000 för år 2100 inklusive landhöjning anges i Tabell 1.

	100 år	200 år	Högsta beräknade havsvattenstånd
Skattat värde år 2100	227	234	302
Konfidensintervall 95 %	180 till 274	186 till 283	-

Tabell 1. Falsterbo. 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, kombinerat med värdet för FN:s angivna övre percentil för RCP 8,5.

Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 anges i Tabell 2 nedan.

	100 år	200 år	
Återkomstvärde i medelvattenstånd	149	156	Avsnitt 3.1.1
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (median)	74	74	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-8	-8	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	227	234	

Tabell 2. Posterna i beräkningen av återkomstvärden år 2100 för Malmö norr om bron. TOTAL är värdena som anges i Tabell 1.

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 kuststräckan inom det markerade området i Figur 1. Skillnaderna i vattenstånd mellan olika platser vid högvatten kan vara runt tio centimeter.

Den kombinerade osäkerheten, från vilken konfidensintervallen i Tabell 1 är beräknade, består av osäkerheten i klimatprognosen, osäkerheten i extremvärdesberäkningen samt osäkerheten i mätningen, se Tabell 3.

Osäkerhetskälla	100 år	200 år
Klimatprognos	23	23
Extremvärdesberäkning	7	9
Mätning	3	3
Kombinerad osäkerhet	24	25

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

Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 anges i Tabell 4 nedan.

	Högsta beräknade havsvattenstånd	
Högsta nettohöjning Skanör	145	SMHI Klimatologi 45, 2017
Högsta vattenstånd före storm i Öresund söder om bron	55	SMHI Klimatologi 45, 2017
Medelvattenstånd i RH2000 år 1995	12	SMHI Klimatologi 41, 2017
Global havsnivåhöjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl., 2013
Landhöjningseffekt, 1995-2100	-8	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	302	

Tabell 4. Posterna i beräkningen av högsta beräknade havsvattenstånd år 2100 för Falsterbo. TOTAL är värdet som anges i Tabell 1. Högsta beräknade havsvattenstånd är ett värde definierat utifrån metodik som tagits fram inom SMHI:s havsnivåprojekt.

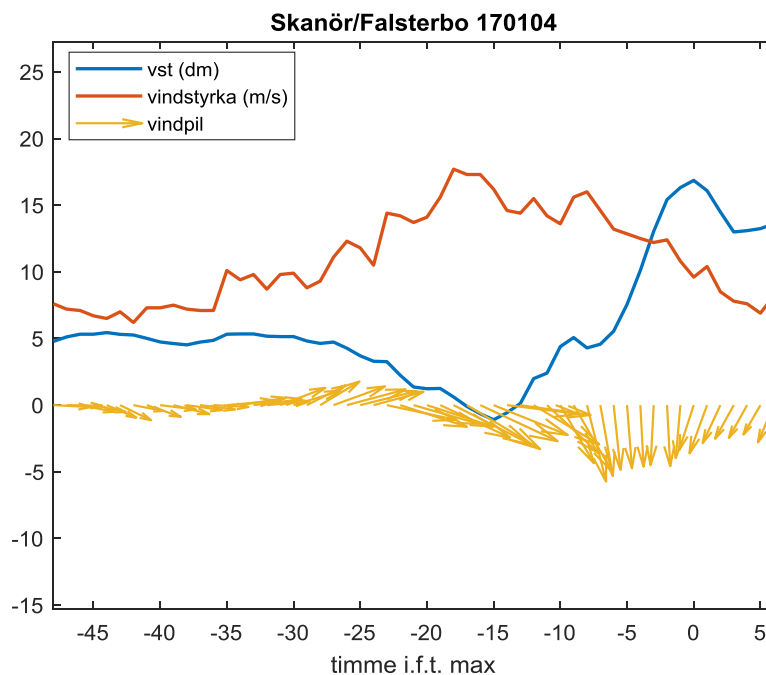
3 Metod

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 klimatscenarierna, 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 Hydrografi

Förloppet under ett typiskt extremt högvatten i Falsterbo illustreras av Figur 2. Den vågräta axeln visar tiden. Inledningsvis, ett par dygn innan vattenståndsmax, är vinden svag, runt 5 m/s och vattenståndet cirka 50 cm (5 dm). Södra Östersjön har alltså redan innan vattenståndshändelsen en nivå väl över sitt medelvattenstånd. En västlig vind blåser upp under ett tiotal timmar. Vinden för vattnet österut i Östersjön, varvid vattenståndet sjunker i väster, runt Skåne. Vinden i Falsterbo kulminerar vid västnordvästlig kuling 17 m/s 17 timmar före högvatten. Samtidigt, är vattenståndet i Skanör som lägst, ungefär -1 dm. Sedan avtar vinden sakta och vrider mot norr. Vattnet, som pressats österut i södra Östersjön och snedställt vattenytan så att den lutar uppåt från väster mot öster, strömmar nu tillbaka västerut. Vattenståndet höjs alltså trots att vinden avtagit. När vattenståndet kulminerar har vinden den beskedliga styrkan 10 m/s. Detta högvatten, 16,9 dm, var det högsta i Skanör sedan SMHI:s mätningar började 1992.



Figur 2. Exempel på en högvattenhändelse i januari 2017. På x-axeln visas tiden i timmar. Maxvattenstånd infaller vid $t = 0$. Vattenståndet i Skanör i RH2000 visas i decimeter för enkel jämförelse med vindstyrka och vindpilar för Falsterbo. Samliga observationer är timvärden.

Sammanfattningsvis gäller för att en högvattenhändelse i Sydsååne ska bli extrem:

- Östersjön måste ha ett tillräckligt högt bakgrundsvattenstånd innan händelsen.
- En västlig vind av tillräcklig styrka och varaktighet ska snedställa vattenytan i södra Östersjön.
- Vinden ska avta tillräckligt och/eller byta riktning, så att vattnet kan strömma tillbaka och snedställa vattenytan åt andra hållet, dvs. med den höga ytan söder om Skåne.

Förutom det nyss nämnda förloppet, som omfattar hela södra Östersjön på tidsskalan dygn, tillkommer lokala förlopp i Höllviken och söder om Falsterbonäset. I dessa grunda områden, noll till fem meters djup, ger vinden lokalt en så kallad vinduppstuvning. Det innebär att vattnet, av vindens pålandskomponent, förs mot land varvid vattenståndet där stiger. Vid en vind med frånlandskomponent sjunker vattenståndet istället. Processen är snabb, vilket innebär att vattenståndet på någon timme reagerar på en ändring i vindens pålandskomponent.

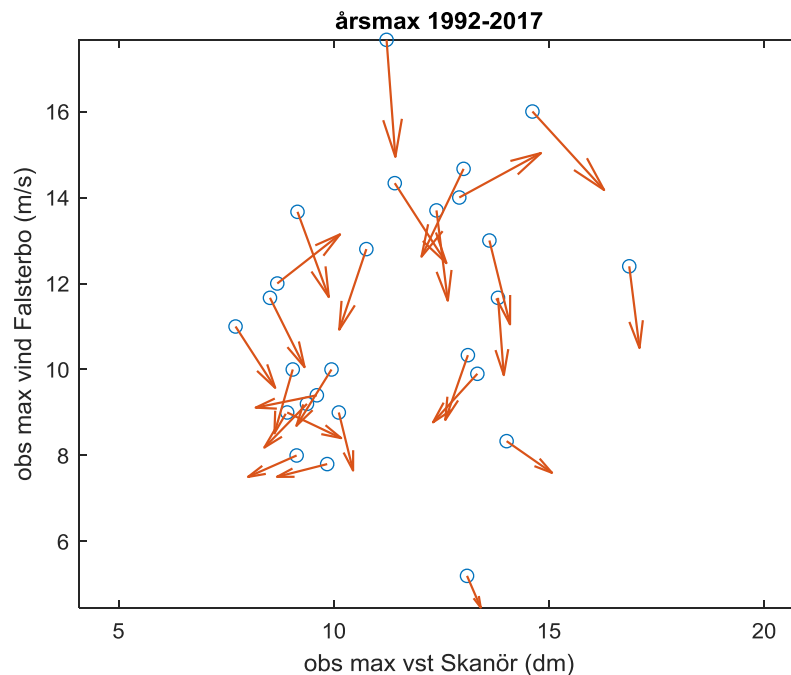
Som vi såg tidigare är ett extremt högvatten i södra Skåne en följd av stark västvind under föregående dygn, men vid själva högvattentillfället är vinden svagare. Att detta är en regel avslöjar Figur 3. Vi ser observerat årshögsta vattenstånd i Skanör (i decimeter för lagom skalor) på x-axeln, och observerad starkaste vind i Falsterbo inom tre timmar från maxvattenståndet. Det finns även en vindpil för varje händelse. Först och främst ser vi att alla högvattenhändelser sker vid nordlig vind eller vind med tydlig nordkomponent. Vi har sett att högvatten följer på hård västvind, vilken i sin tur beror på lågtryckspassage norr om Skåne. När lågtrycket passerat avtar vinden och vrider till nord (och kallluft strömmar ner på lågtryckets ”baksida”). Att vi vid högvatten ser svagare vind och nordlig vindriktning är alltså följdriktigt.

Vinden vid högvatten är 5 till 17 m/s, medel 11 m/s, under de 26 åren 1992-2017. För Falsterbonäset betyder det:

- att extremhögvattenståndet i Skanör är oberoende av vindstyrkan
- att den lokala vinduppstuvningseffekten är svag eftersom vinden är svag (högst kuling) vid extremhögvatten
- att eftersom vinden är nordlig vid extremhögvatten ger den en vattenståndshöjning längs Höllvikens södra strand och en -sänkning på Falsterbonäsets sydstrand

Vi har skattat vinduppstuvningen runt Falsterbonäset dels med överslagsberäkningar för vinduppstuvning, dels med en numerisk modell som drivs med observerad vind i Falsterbo. Vi konstaterar att vinduppstuvningseffekten uppgår till runt ± 10 cm. Den är således av samma storleksordning som andra osäkerheter i sammanhanget. Det finns således ingen mening att justera beräknade återkomstvärden i Skanör för vinduppstuvningen för att få fram extremvattenståndet på andra platser runt Falsterbonäset. Det skulle inte öka noggrannheten i återkomstvärdena.

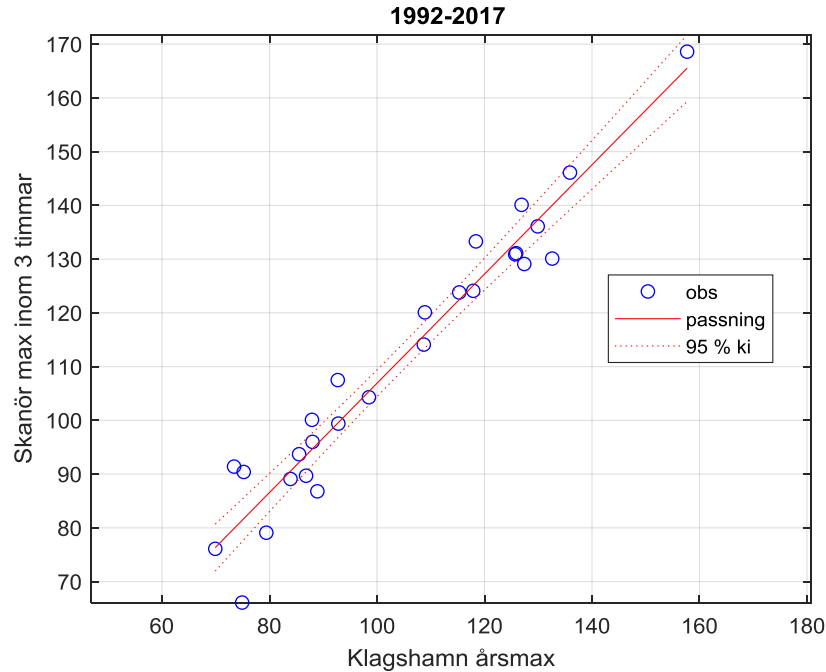
- Slutsatsen är att vi kan bortse från vinduppstuvning och anta att högvattennivån vid extremvattenstånd är densamma, inom 10 cm, som i Skanör.



Figur 3. Årsmax av vattenstånd i Skanör i RH2000, x-axeln, mot vindstyrka i Falsterbo inom 3 timmar från maxvattenstånd y-axeln. (Vattenståndet i dm för lagom skalor.) Pilarna visar vindriktningen (och styrkan) vid maxvattenstånden.

3.1.1 Återkomstvärden för vattenstånd i Falsterbo

SMHI har vattenståndsobservationer sedan 1992 i Skanör och sedan 1931 (med avbrott) från Klagshamn, tolv kilometer norr om Skanör. Eftersom tidsserien från Klagshamn är längre skulle vi få ett större observationsmaterial och säkrare återkomstvärden om vi kunde använda observationerna därifrån. Vi kan göra så, vilket vi finner efter att undersöka sambandet mellan årsmax i Skanör och i Klagshamn, Figur 4. Vi finner ett enkelt och stabilt samband, väsentligen: Skanör = Klagshamn + 5 cm (i RH2000). Medelfelet i denna regression är 6 cm. Om vi tillför vinden som förklarare minskar medelfelet något (till 5 cm), men vi har pålitliga vindobservationer endast sedan 1970, vilket betyder att stickprovet ”beräknade årsmax av vattenstånd i Skanör” skulle minska i storlek. Vi tjänar alltså på att avstå vindens svagt förbättrande inverkan på beräkningen, till förmån för ett större stickprov att beräkna återkomstvärden på.



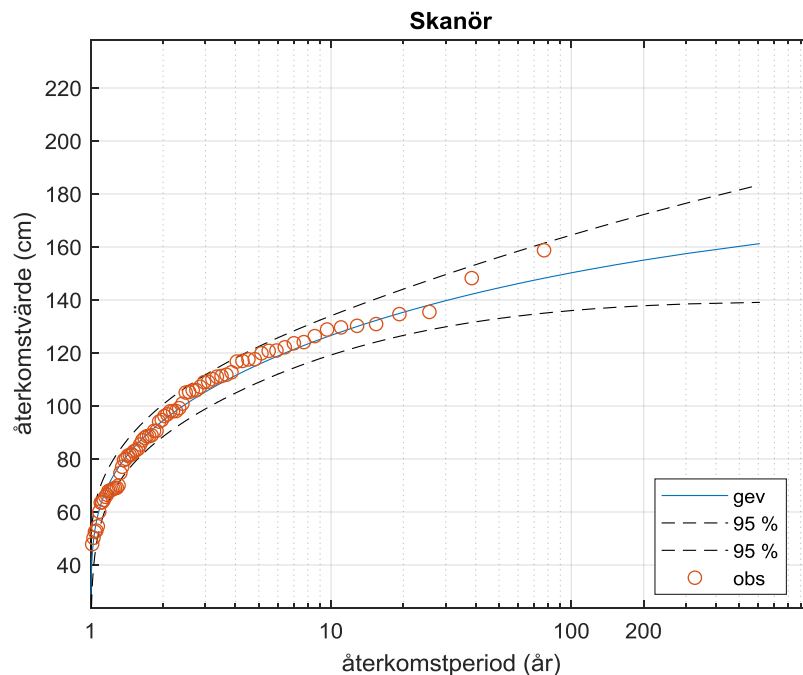
Figur 4. Högsta vattenstånd i Skanör inom tre timmar från årsmax i Klagshamn, ringar, med regressionslinjen och 95 % konfidensintervall för denna. (Om vi istället söker fram högsta vattenstånd i Klagshamn inom tre timmar från årsmax i Skanör får vi väsentligen samma samband.)

För att beräkna återkomstvärden för Falsterbo använder vi regressionen ovan för att beräkna årsmax i Skanör från årsmax i Klagshamn. Eftersom vinduppstuvningen är obetydlig approximerar vi alla högvatten runt Falsterbo med dem i Skanör. På detta sätt begränsas vi inte av vindobsarnas begränsning bakåt i tiden, utan kan använda alla tillgängliga årsmax i Klagshamn.

I Figur 5 visas skattningen av återkomstvärde mot återkomsttid för höga vattenstånd. Den fördelningsfunktion som passar bäst till observationerna är en generaliserad extremvärdesfördelning ”gev”. Årsmax har beräknats från brutna år; juli-juni.

Återkomstvärdet för 100 års återkomsttid är 149 cm över medelvattenståndet. Ett 95-procentigt konfidensintervall är 137-163 cm, vilket betyder att det med 95 % sannolikhet innehåller det verkliga återkomstvärdet.

För 200 års återkomsttid är återkomstvärdet 156 cm över medelvattenståndet och ett 95-procentigt konfidensintervall 138-173 cm.



Figur 5. Beräknade återkomstvärde vid olika återkomsttider (blå). Streckade linjer anger ett 95-procentigt konfidensintervall. Cirklarna visar årsmax vid Skanör beräknade från årsmax i Klagshamn 1931-2017 utom 1937-1943, 1946-1953, 1956 1958. Återkomstvärdena anges relativt medelvattenståndet.

3.2 Observationer i Falsterbotrakten

3.2.1 Skanör

SMHI utför mätningar av vattenståndet i Skanör sedan februari 1992.

Datatillgängligheten är 98,8 %. Som högst har vattenståndet vid Skanör uppmätts till 154 cm relativt medelvattenytan och inträffade den 4 januari 2017.

3.2.2 Klagshamn

Mätningarna i Klagshamn startade i november 1929. Data från 1931 används i denna analys. På grund av mätavbrott i Klagshamn under vintermånaderna har följande år utelämnats ur analysen: 1937-1943, 1946-1953, 1956 och 1958.

Som högst har vattenståndet vid Klagshamn uppmätts till 147 cm relativt medelvattenytan och inträffade den 4 januari 2017.

Peglarna i Skanör och Klagshamn består av en brunn i betong förbunden med havet via ett rör som mynnar några meter under havsytan. Konstruktionen gör att kortperiodiska vågrörelser dämpas och möjliggör att mäta vattenståndet även vid is. Peglarna är vid upprepade tillfällen inmätta i rikets höjdsystem vilket betyder att nollpunkten är känd och verifierad.

3.3 Landhöjning

Den avvägda landhöjningen i Vellinge kommun är 0,08 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. (2017). 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 för Skanör är 200 cm över medelvattenståndet (Schöld m.fl. 2017).

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.