

EXTREMVATTENSTÅND I HAPARANDA

TITEL

Extremvattenstånd i Haparanda

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

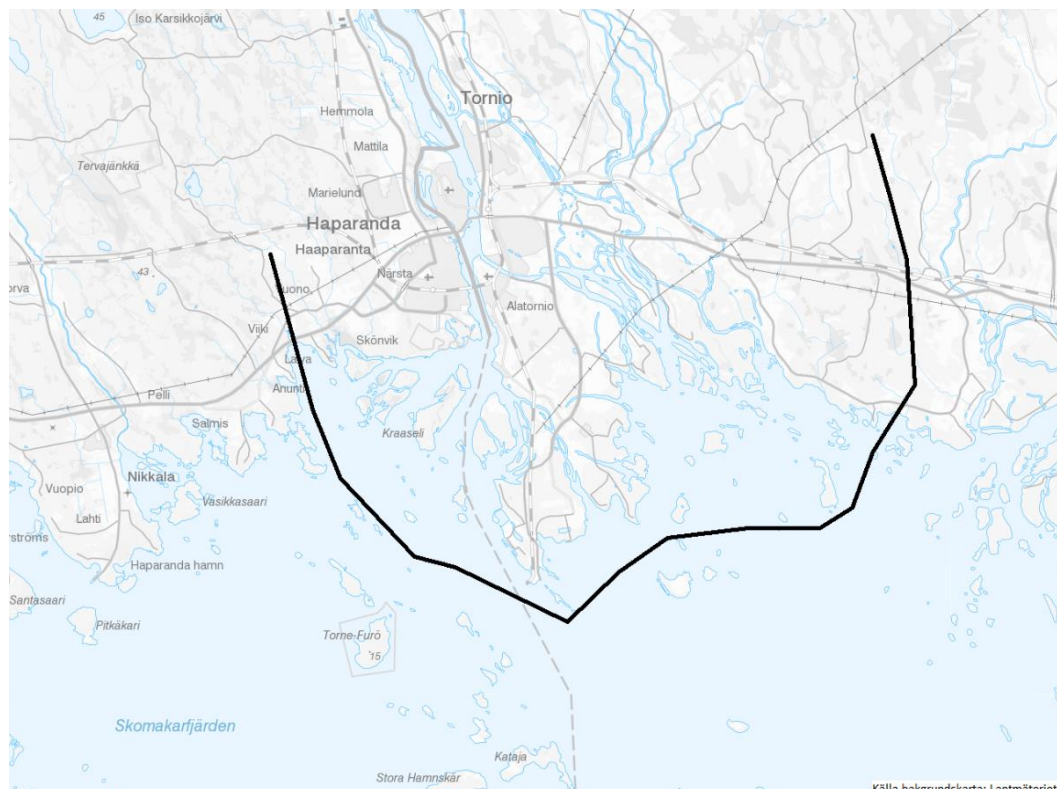
DIARIENUMMER

2018/955/9.5

Version	Datum		Utfört av
01	2018-08-14	Granskad	Signild Nerheim, SMHI
02	2018-09-25	Rättat skrivfel	Lasse Johansson. SMHI
03	2018-11-27	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.



Figur 1. MSB:s område i Haparanda.

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	159	163	234
konfidensintervall 95 %	107 till 211	106 till 219	-

Tabell 1. Haparanda. 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 kustområdet 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	149	153	Avsnitt 3.2
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	26	26	SMHI Klimatologi 41, 2017
global höjning, 1995-2100	74	74	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-90	-90	SMHI Klimatologi 41, 2017
TOTAL	159	163	

Tabell 2. Haparanda. 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	13	17
mätning	3	3
kombinerad osäkerhet	27	29

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

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

högsta nettohöjning	126	SMHI Klimatologi 45, 2017
högsta vattenstånd före storm i Östersjön	74	SMHI Klimatologi 45, 2017
medelvattenstånd i RH2000 år 1995	26	SMHI Klimatologi 45, 2017
global höjning, 1995-2100 (övre percentil)	98	Church m.fl. 2013
landhöjning, 1995-2100	-90	SMHI Klimatologi 45, 2017
TOTAL	234	

Tabell 4. Haparanda. 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

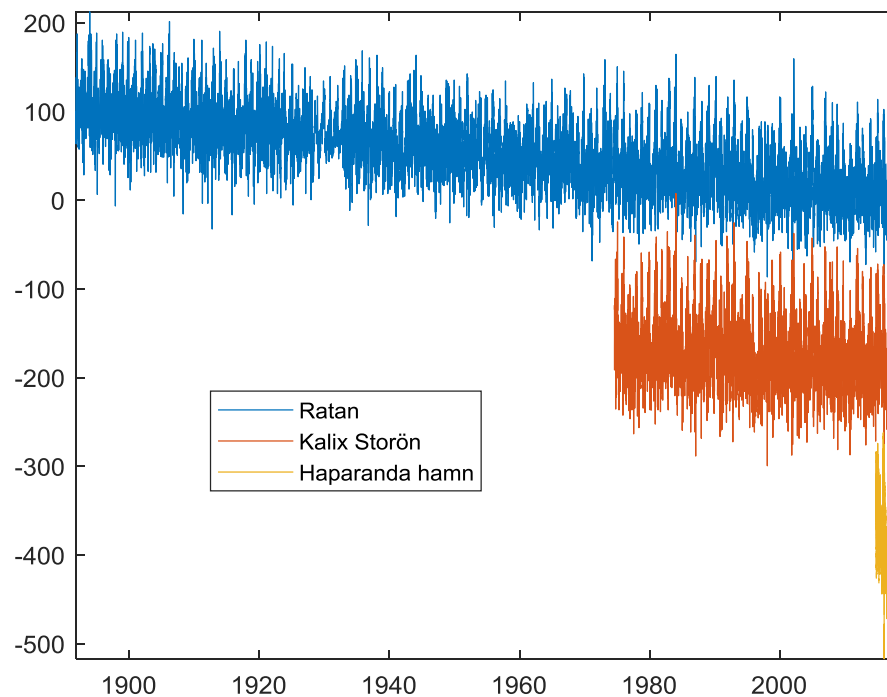
3.2.1 Observationer

SMHI har tre pglar i området: Ratan, start 1891, Kalix, start 1974, och en tillfällig mätning i Haparanda hamn, start hösten 2014 slut våren 2017.

Peglarna i Ratan och Kalix inhyses fasta byggnader och har underhållits väl. Nivåerna är inmätta i rikets vid mättillfället gällande höjdsystem (RH00, RH70 och RH2000), och därefter med jämna mellanrum kontrollerade. Peglarna har därtill hindrats att frysa. Observationerna är därför av mycket hög kvalitet; korrekta och kompletta.

Pegeln i Haparanda var en mobil pegel av mer provisorisk karaktär. Den har en osäkerhet i höjd på ett par centimeter.

En översiktlig bild av mätserierna ser man i Figur 2.



Figur 2. Tidsserierna av vattenstånd från Ratan, Kalix och Haparanda. Serierna har förskjutits lodrätt från varandra så att man ska se deras respektive längd.

3.2.2 Beräkning av återkomstvärden

Observationsserien i Haparanda är bara 2,5 år och alldeles för kort för att beräkna återkomstvärden på. Istället har vi undersökt serierna i Kalix, 43 år, och Ratan, 125 år, för att se med vilken av dem man bäst kan approximera högvattenstatistiken i Haparanda.

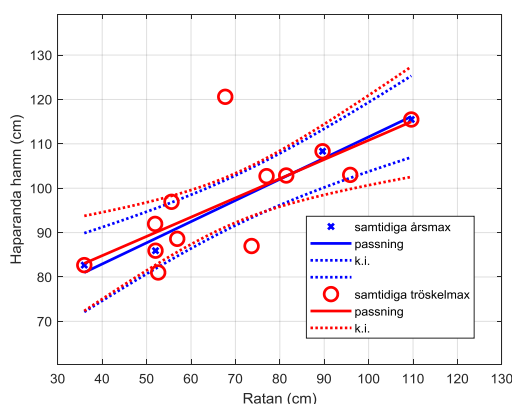
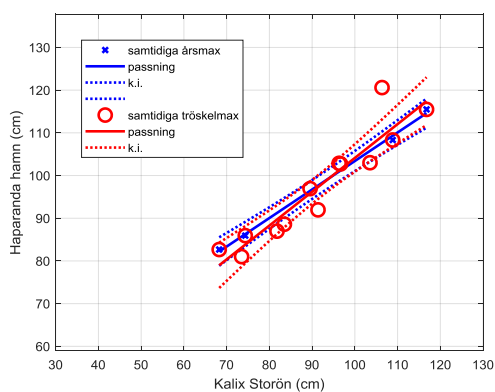
För att göra detta tar vi den korta observationsserien i Haparanda och skattar sambandet mellan högvatten i Haparanda och högvatten i Kalix. Med hjälp av sambandet kan vi räkna om, ”förflytta”, högvattnen i Kalix till Haparanda. Vi får på så sätt en mycket större mängd högvatten i Haparanda, men skattade, inte observerade. Till sist beräknar vi återkomstvärden baserat på de skattade högvattnen. Resultatet är återkomstvärden för olika återkomstperioder i Haparanda.

Vi gör på samma sätt för paret Haparanda-Ratan. Vi väljer därefter det av paret Haparanda-Kalix eller Haparanda-Ratan som ger minst osäkerhet, vilken beror av sambandens styrka och tidsseriernas längd. Detaljer och exempel på detta återfinns i Johansson m.fl. (2018).

I Figur 3, övre, ser vi högvatten i Haparanda mot samtidigt högvatten i Kalix. ("Samtidigt" innebär i detta sammanhang inom sex timmar och markerar att högvattnen tillhör samma väderhändelse – de hände med andra ord inte under olika oväder.) I bilden ser vi de enskilda värdena och deras regressionslinjer. De fyra blå kryssen är maxima under de fyra åren 2014-2017, varav det första och det sista var ofullständiga. Den blå linjen är således *inte pålitlig* som skattare av regressionsambandet. Istället tar vi ur Haparandaserien ut alla maxima över en viss tröskel, vilken vi satt till 80 cm. Vi kräver också att tidsavståndet mellan två högvatten ska vara minst fem dygn för att säkerställa att de inte tillhör samma väderhändelse. Vi får då de tolv röda ringarna, regressionslinjen samt dess konfidensintervall.

Vi antar nu att sambandet mellan tröskelmaxvärdena Haparanda-Kalix även gäller för årsmaxvärdena i samma stationspar. Vi får ett visst stöd för detta i Figur 3 eftersom den blå årsmaxlinjen ligger i det röda konfidensintervallet, vilket betyder att den röda och den blå linjen inte representerar signifikant olika samband. Men eftersom den blå linjen baseras på så ytterst få obsar är stödet svagt.

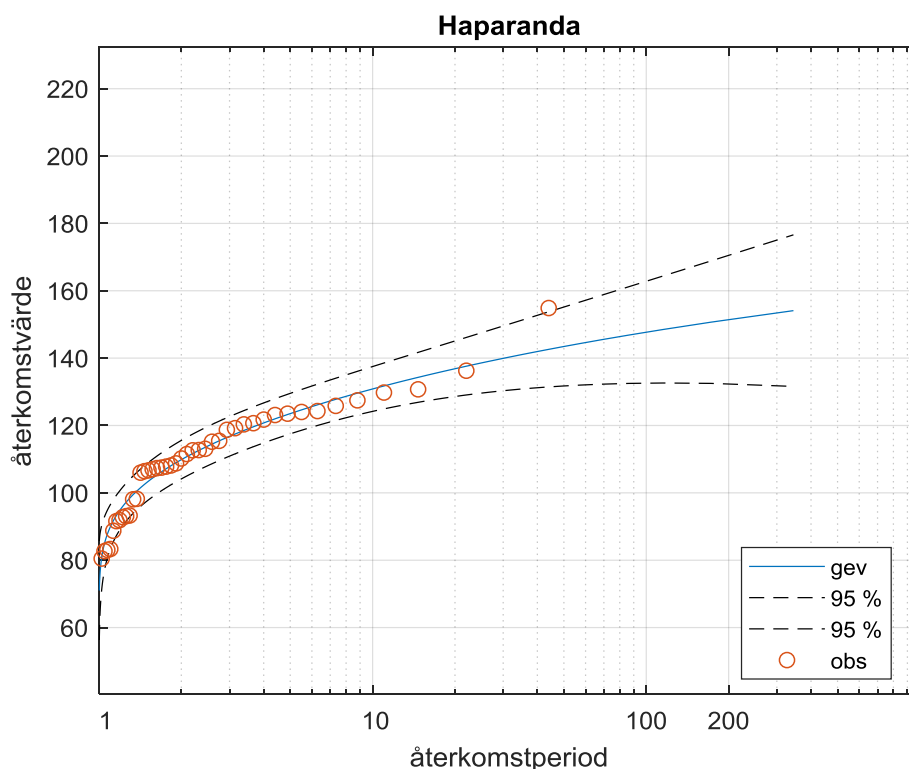
Figur 3, undre, visar motsvarande för paret Haparanda-Ratan. Vi ser som väntat ett annat samband (lutningen på linjerna), och bredare konfidensintervall, dvs. ett osäkrare samband.



Figur 3. Den övre bilden visar vattenståndet i Haparanda mot det i Kalix. Blå kryss (4 st) visar samtidiga årsmax, röda ringar samtidiga tröskelmax (12 st). Heldragna är regressionslinjerna för respektive data, prickade linjer anger 95 % konfidensintervall för regressionslinjerna. Undre bilden gäller Haparanda mot Ratan.

Vi väger den mindre osäkerheten i sambandet Haparanda-Kalix mot det större antalet observationer från Ratan och kan då konstatera att Kalix-serien kommer att ge det minst osäkra resultatet.

Vi räknar alltså om årsmax från Kalix till årsmax i Haparanda. Därefter passar vi de senare till några olika extremvärdesfördelningar. Vi finner en acceptabel passning till en generaliserad extremvärdesfunktion (Weibullfallet), Figur 4.



Figur 4. 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 absoluta landhöjningen i Haparanda är 8,6 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.

Högsta beräknade havsvattenstånd för Haparanda 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.