



**Framtida extrema
vattennivåer i Falkenberg
– en demonstrations-
modellering**

Rapport från projekt Hav möter Land



Hav möter Land
Klimat vatten samhällsplanering tillsammans

Rapportnummer: 8

Rapportnummer hos Länsstyrelsen: 2013:21

ISSN: 1403-168X

Författare: Karin Borenäs och Sture Lindahl, SMHI

Utgivare: Hav möter Land, Länsstyrelsen i Västra Götalands län

Bilder: Omslagsfot Claes Hillén. Bildmaterial delvis ur Länsstyrelsens rapport 2011:84 "Klimatanalys för Västra Götalands län"

Ämnesord: Havsvattenstånd, extrema vattennivåer, Ätran, klimatförändringar

Rapporten finns på www.havmoterland.se

Sammanfattning

Falkenberg drabbas vid tillfällena av att ån Ätran, som rinner genom staden, svämmar över. I ett framtida klimat kan dessa händelser komma att ändras till storlek och frekvens. Här har en demonstrationsmodellering utförts för att uppskatta framtida extrema vattennivåer i ån. Syftet har varit att ge prov på hur en sådan modellering skulle kunna se ut och vilka faktorer som man måste ta hänsyn till.

För att beräkna dagens extrema vattennivåer i Ätran har havsvattenstånd och vattenföring med 100 års återkomsttid använts.

För framtida extrema vattennivåer har vi även medräknat effekten av den globala ökningen av havets medelvattennivå, landhöjningen, den lokala effekten av ändrade tryck- och vindförhållanden, samt framtida 100-årsvärden för vattenföringen.

De värden som använts är alla behäftade med ett visst mått av osäkerhet. Hur stora de olika osäkerhetsintervallen är diskuteras dock inte här. Utifrån det begränsade material som fanns för att sätta upp modellen, samt för kalibrering och verifiering, har extrema vattennivåer i Ätran genom Falkenberg beräknats.

De resultat som erhållits från demonstrationsmodellen och som presenteras här ska inte ska användas som planeringsunderlag.



Figur 1. Ätran i Falkenberg

Bakgrund

Falkenberg drabbas vid tillfällena av att Ätran, som rinner genom staden, svämmar över och förorsakar problem med vattenfyllda gator och källare. I ett framtida klimat med ändrade havsvattennivåer och flöden skulle dessa händelser kunna inträffa oftare och de högsta vattennivåerna i Ätran skulle kunna öka. Inom projektet ”Hav möter Land” har vi genomfört en demonstrations-modellering för Ätran genom Falkenberg för innevarande århundrade med hänsyn tagen till dessa faktorer.

Vi har använt begreppet demonstrationsmodellering eftersom syftet enbart varit att ge prov på hur en modellering av framtida vattennivåer i Ätran, där den rinner genom Falkenberg, skulle kunna göras. Det som saknats för att kunna utföra en mer precis modellering av nuläget är bland annat en lång tidsserie för havsvattennivån utanför Falkenberg. Dessutom krävs en grundligare kalibrering och verifiering av modellen vilket inte rymts inom projektet. Modelleringen av framtida vattennivåer innefattar ett flertal osäkra faktorer men vi kommer inte diskutera storleken på dessa osäkerheter. Vi vill därför understryka att de resultat som redovisas här enbart ska ses som exempel på möjliga utfall och att de **inte** kan eller ska användas som planeringsunderlag.

Ätran, studerat område

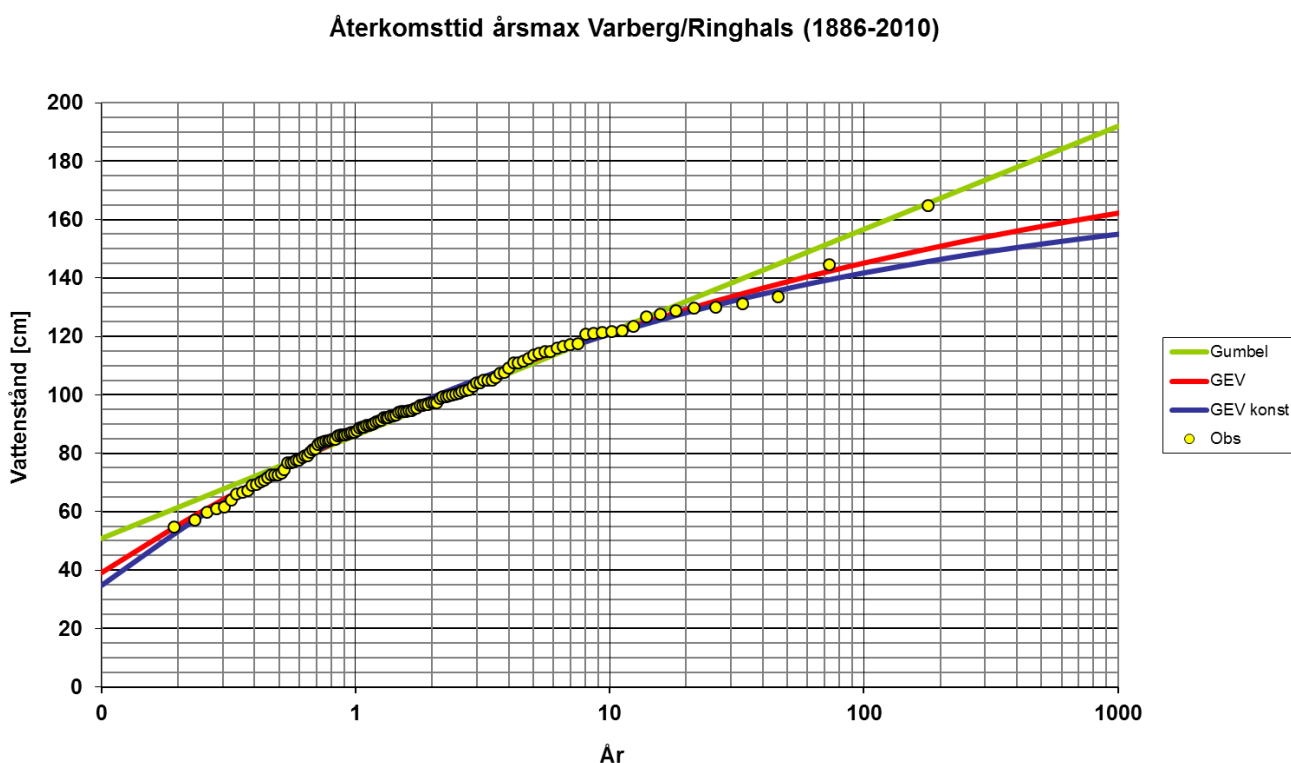
Ätran, som har sina källor i norra Småland, växer efterhand till ett av Hallands största vattendrag och rinner genom Falkenberg innan den mynnar i havet. Det område som har ingått i den här analysen sträcker sig från Laxbron i öster ut till havet, se figur 1. Från Laxbron och nedströms flyter Ätran ganska lugnt fram till en fors, Garvareforsen. Därefter kommer ett relativt lugnflytande parti längs Ågatan fram till forsens under Tullbron. Från Tullbron och ut genom hamnen till havet är loppet sedan brett med ganska låga strömhastigheter.

Havsvattennivåer

Historiska nivåer

Havsvattennivån mäts av SMHI vid ett antal platser runt Sveriges kust sedan lång tid tillbaka. De registrerade värdena ligger till grund för beräknade återkomsttider för olika havsvattennivåer.

Eftersom Falkenberg inte hör till de orter där registrering av havsvattennivån skett har vi använt oss av den närmaste stationen, vilken är den i Varberg/Ringhals. I figur 2 visas återkomsttider vid Varberg/Ringhals baserat på maximala årsvärden. I beräkningarna som följer har vi för extremvärde använt oss av 100-årsvärdet (dvs. återkomsttid en gång vart hundra år i medeltal) för havsvattennivån över medelvattennivån vid Varberg/Ringhals.



Figur 2. Återkomsttid för årsmaximum vid Varberg/Ringhals. (ref. 1)

Framtida nivåer

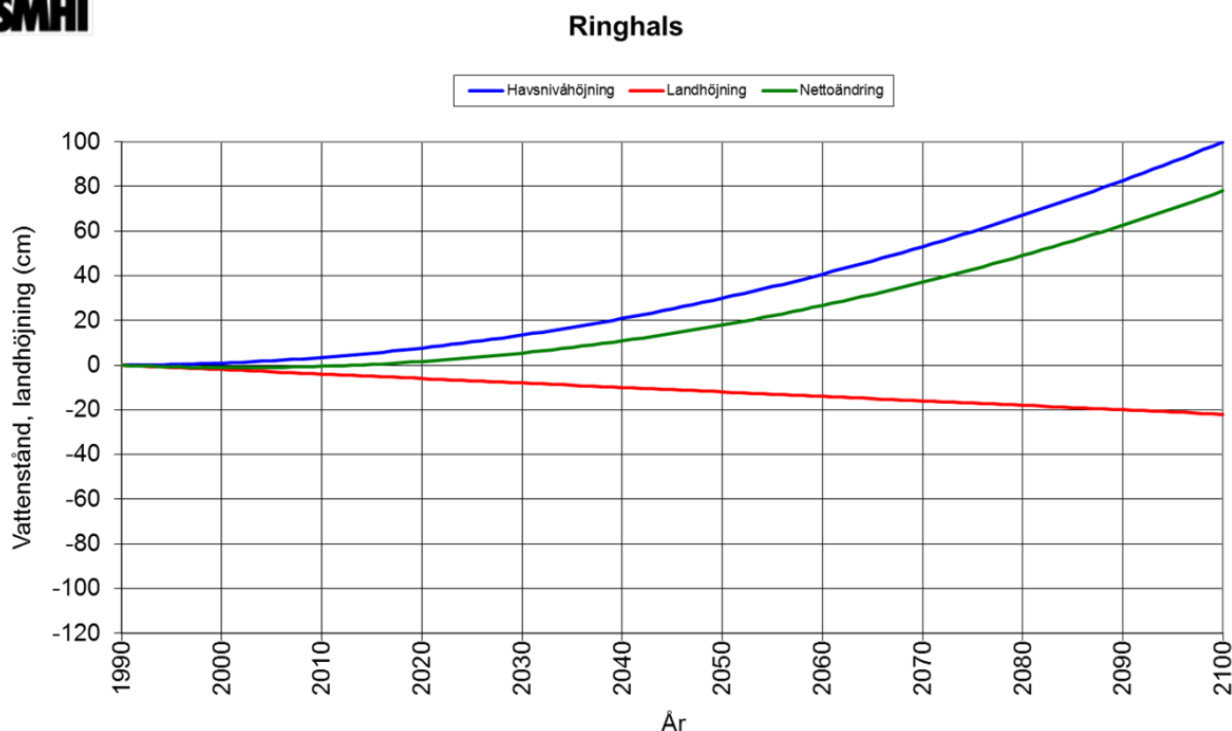
Det framtida medelvattenståndet ges av

- Den framtida globala medelvattennivån (inklusive avsmältning av landis)
- Landhöjningen
- Lokala ändringar på grund av ändrade tryck- och vindfält.

I de beräkningar som gjorts har SMHI:s uppskattningar av den framtida medelvattennivåhöjningen vid Ringhals använts (figur 3). Den är baserad på en förmodad höjning av den globala medelvattennivån på 1 m år 2100 minus den lokala landhöjningen (ref. 1). Hur stor den lokala ändringen p.g.a. ändrade tryck- och vindfält kan bli är mycket osäkert. Här har vi räknat med en ökning av medelvattennivån med 5 cm fram till år 2100 (baserat på ref. 2). Den största förändringen står alltså den uppskattade globala havsnivåhöjningen för.

Framtida extrema havsvattennivåer ges av den sammanlagda effekten av de tre ovan nämnda faktorerna, samt 100-årsvärdet av havsvattennivån över medelvattenståndet. I brist på bättre uppskattningar kommer vi anta att 100-årsvärdet inte ändras fram till 2100.

SMHI



Figur 3. Den beräknade havsnivåhöjningen vid Ringhals fram till år 2100. (ref. 1)

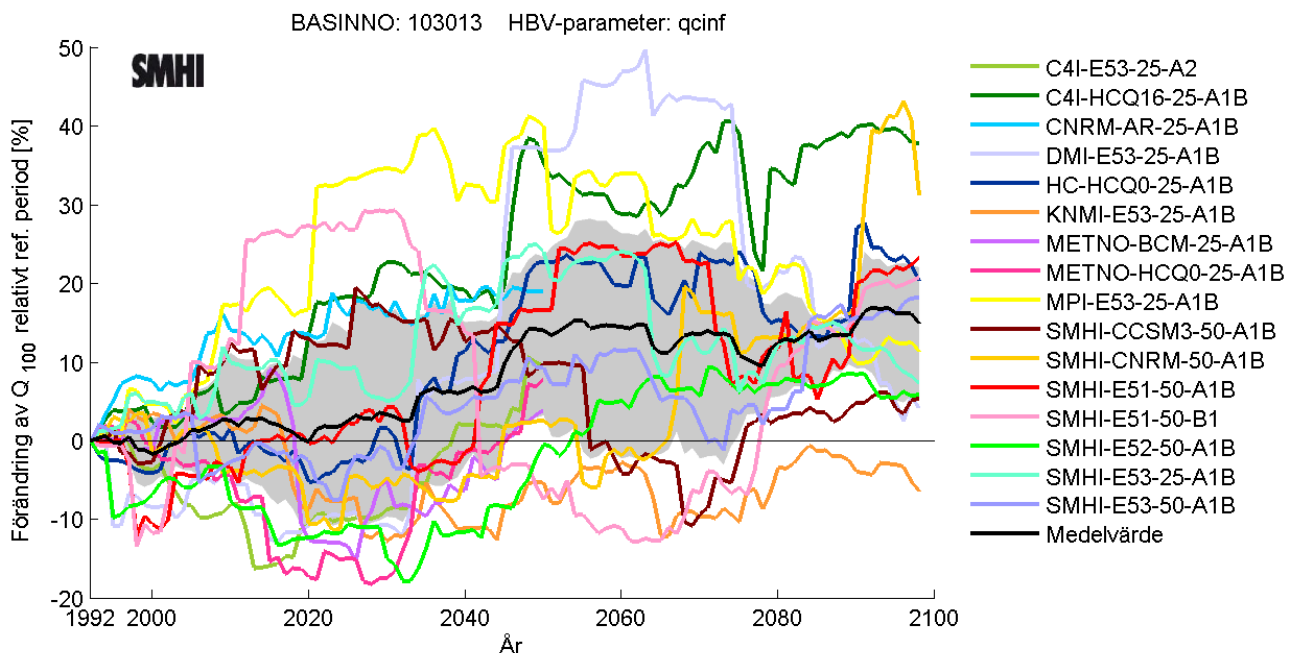
Flöden i Ätran

Historiska flöden

Medelvattenföringen i Ätran är $51 \text{ m}^3/\text{s}$. Som extremvärde använder vi 100-årsvärdet för vattenföringen vilket är $340 \text{ m}^3/\text{s}$.

Framtida flöden

Hur stort det framtida 100-årsvärdet blir för vattenföringen i Ätran är osäkert. I figur 4 visas de projicerade förändringarna fram till år 2100 som erhållits för 16 olika klimatsimuleringar. Som framgår är spridningen stor och en del modeller visar även att storleken på de extrema flödena minskar. Vi har i denna rapport utgått från medelvärdet av de 16 modellresultaten (den svarta kurvan).



Figur 4. Beräknade förändringar av 100-årsflödet i Ätran baserade på 16 olika klimatsimuleringar. (ref.1)

Extrema vattennivåer i Ätran

Dagens extrema vattennivå i Ätran beräknas utifrån den sammanlagda effekten av 100-årsvärdet för havsvattennivån över medelvattenståndet och dagens 100-årsvärde för flödet i Ätran. För framtida extrema nivåer måste ändringen av såväl medelvattenståndet, beskrivet i 3.2, som 100-årsvärdet av flödet tas med i beräkningen. Dessa värden ligger till grund för den lokala demonstrationsmodellering av framtida extrema vattennivåer i Ätran genom Falkenberg som utförts.

Lokal modellering av Ätran

Beräkningsmetod

Beräkningarna är genomförda med modellpaketet Hec-Ras (ref. 3). Hec-Ras löser energiekvationen och beräknar friktionsförluster och tilläggsförluster som kommer av t.ex. avsmalning och vidgning av ett vattendrag. Topografin i vattendraget beskrivs av ett antal tvärsektioner från havet och upp till Laxbron. Tvärsektionerna har hämtats från en generaliserad **demonstrationsmodell** som SMHI har för området. Efter ett besök i Falkenberg hösten 2011 har några av sektionerna justerats utifrån iakttagelser som har gjorts på platsen. Maxdjupet i sektionerna ut genom hamnen har satts till 3 m. Under den nivån bedömer vi att det finns ett saltare vatten som inte påverkar beräkningarna med Hec-Ras modellen.

Beräkningsmodellen har körts stationärt, det vill säga utan tidsberoende förlopp som variation av vattenföringen (flödet) under beräkningarnas gång. Modellen räknar då, utgående från ett konstant vattenstånd i havet utanför Falkenbergs hamn och ett konstant flöde i Ätran, ut nivån i alla tvärsektionerna. Nivån i en viss sektion ges av utgångsvattenståndet i havet + de förluster av lägesenergi som har räknats ut fram till den aktuella sektionen.

Modellverifiering

I samband med besöket i Falkenberg gjordes några iakttagelser av vattennivåer. Flödet i Ätran kunde också tas fram med hjälp av SMHI:s mätningar uppströms Falkenberg. Dessutom fick SMHI uppgifter från Falkenberg kommun om nivåer vid en hög, känd, vattenföring i Ätran senare under året (14 december 2011).

Dessa uppgifter har legat till grund för den begränsade kalibrering och verifiering som gjorts för denna demonstrationsmodell.

Effekter av forsar

Inom beräkningsområdet finns två forsar. Så länge en fors behåller sin karaktär av äkta fors med mycket oregelbundna vattenrörelser hindrar den ”signaler” nedströms ifrån att sprida sig uppströms i vattendraget. En sådan signal kan vara

vattenståndet i havet som då inte har effekt på vattennivåerna uppströms forsen. Man har en så kallad bestämmande sektion i forsen. Om forsen förlorar sin karaktär och blir dämnd av vattennivåer nedströms ifrån förlorar den funktionen som bestämmande sektion och vattenståndet i havet påverkar nivåerna även uppströms forsen. Sådana ändringar förekommer i Ätran genom Falkenberg med ökande havsvattenstånd och flöden.

Beräkningsfall

Utgångspunkt för beräkningarna har varit dagens havsvattenstånd med 100 års återkomsttid och vattenföringen i Ätran med motsvarande frekvens.

Både havsvattenståndet och flödet har räknats upp i tjugoårsintervaller med hänsyn till klimatförändringar fram till 2100 och beräkningar har genomförts för de fallen. Uppräkningarna av havsvattenståndet och flödet är gjorda enligt SMHI:s normala metoder för att uppskatta effekter av klimatförändringar (se tidigare kapitel och ref. 1).

Som utgångsvärde har havsvattenståndet med 100 års återkomsttid satts till 1,5 m i det använda höjdsystemet RH70. Det kan anses motsvara cirka 1,6 m i relation till havets medelvattenyta. Värdena baseras på vattenståndsregistreringar vid Ringhals (se figur 2).

Utgångsflödet i Ätran genom Falkenberg har satts till 340 m³/s. Siffran grundar sig på mätningar och beräkningar som är utförda av SMHI.

Uppräkningarna ger som exempel havsvattennivån 1,6 m (RH70) och flödet 360 m³/s år 2040. Motsvarande värden 2100 är 2,3 m (RH70) och 390 m³/s.

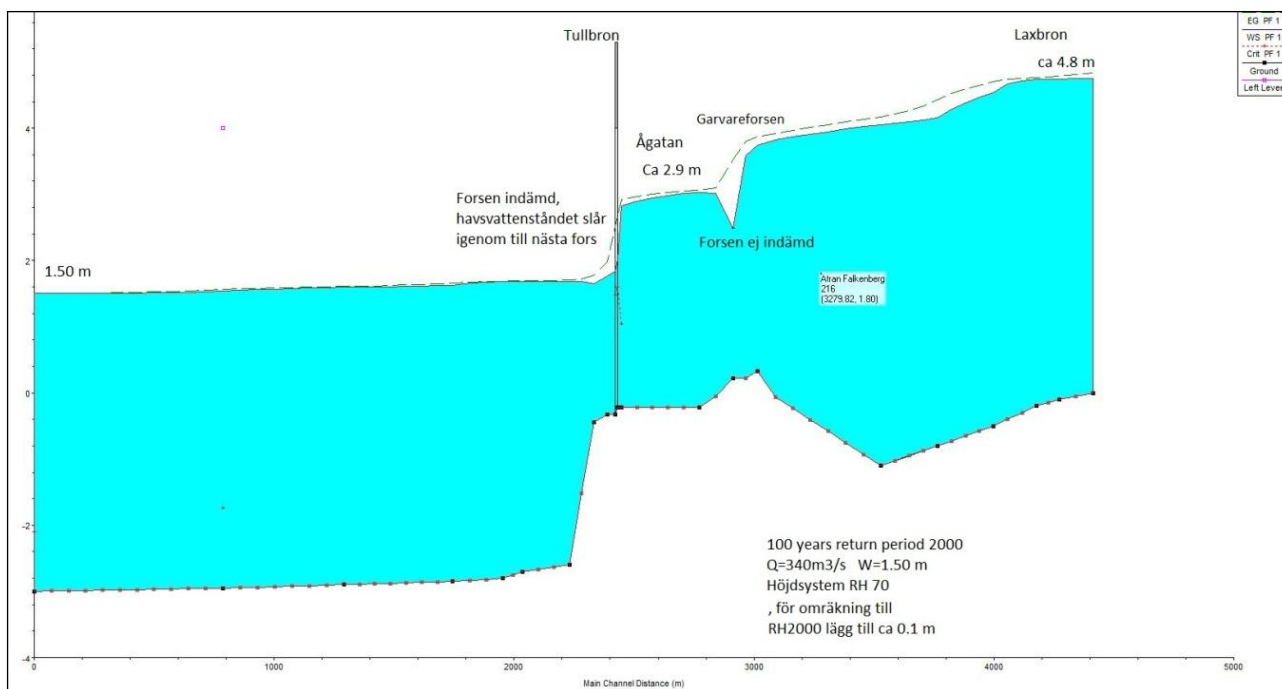
Resultat

I figur 5 presenteras beräkningsresultaten för utgångsförhållandena med dagens havsvattenstånd och flöde.

Resultaten visar en startnivå på 1,5 m i havet. Vid Ågatan har nivån stigit till 2,9 m. Nivån vid Laxbron är 4,8 m.

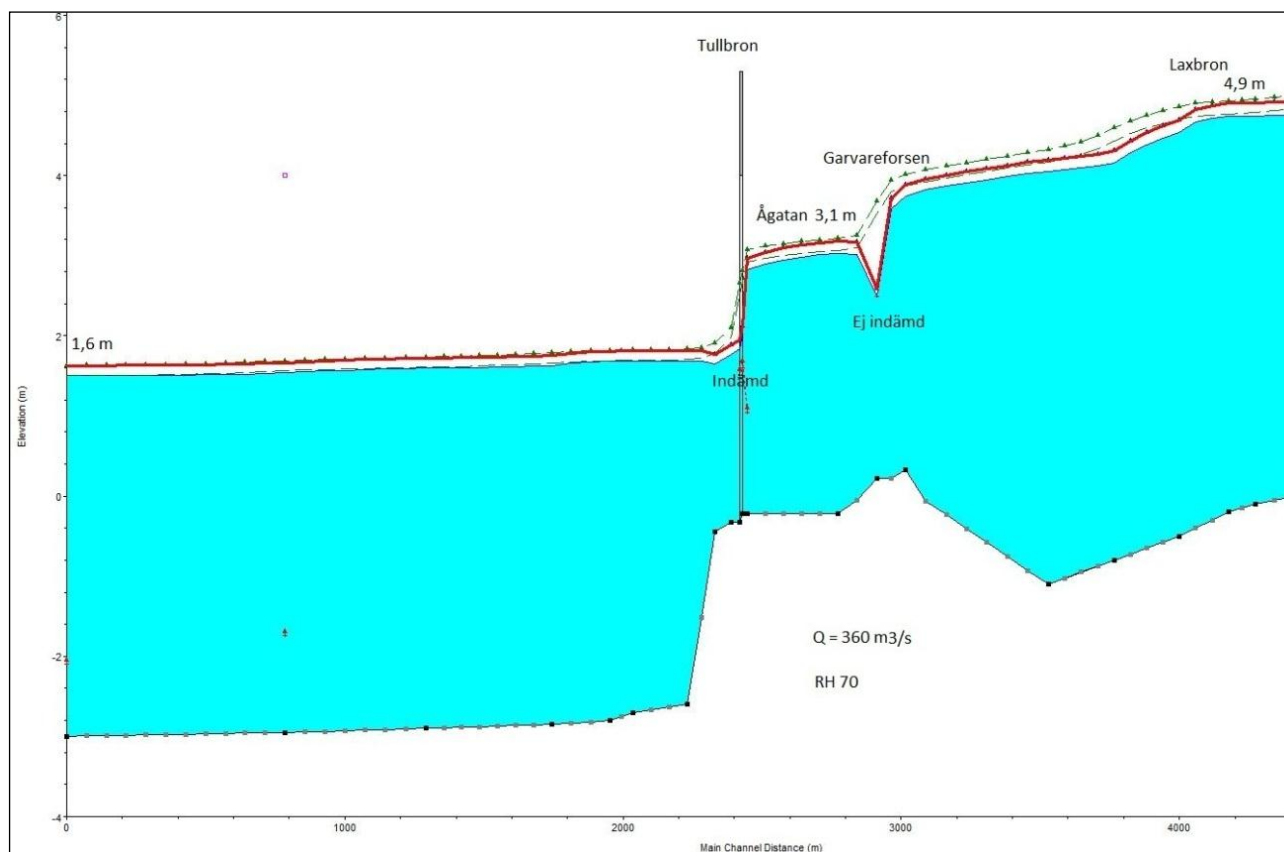
Den beräknade nivån stiger sakta från havet mot Tullbron. Vid Tullbron lyfts nivån en dryg meter, men beräkningarna visar att forsen under bron är indämd och inte är en bestämmande sektion. Det aktuella havsvattenståndet påverkar då tillsammans med flödet nivåerna även uppströms bron, vid Ågatan.

Nästa forsen, Garvareforsen, är däremot inte indämd vilket innebär att vattennivåerna uppströms den är oberoende av havsvattenståndet och enbart skapas av flödet från forsen och uppåt till Laxbron.



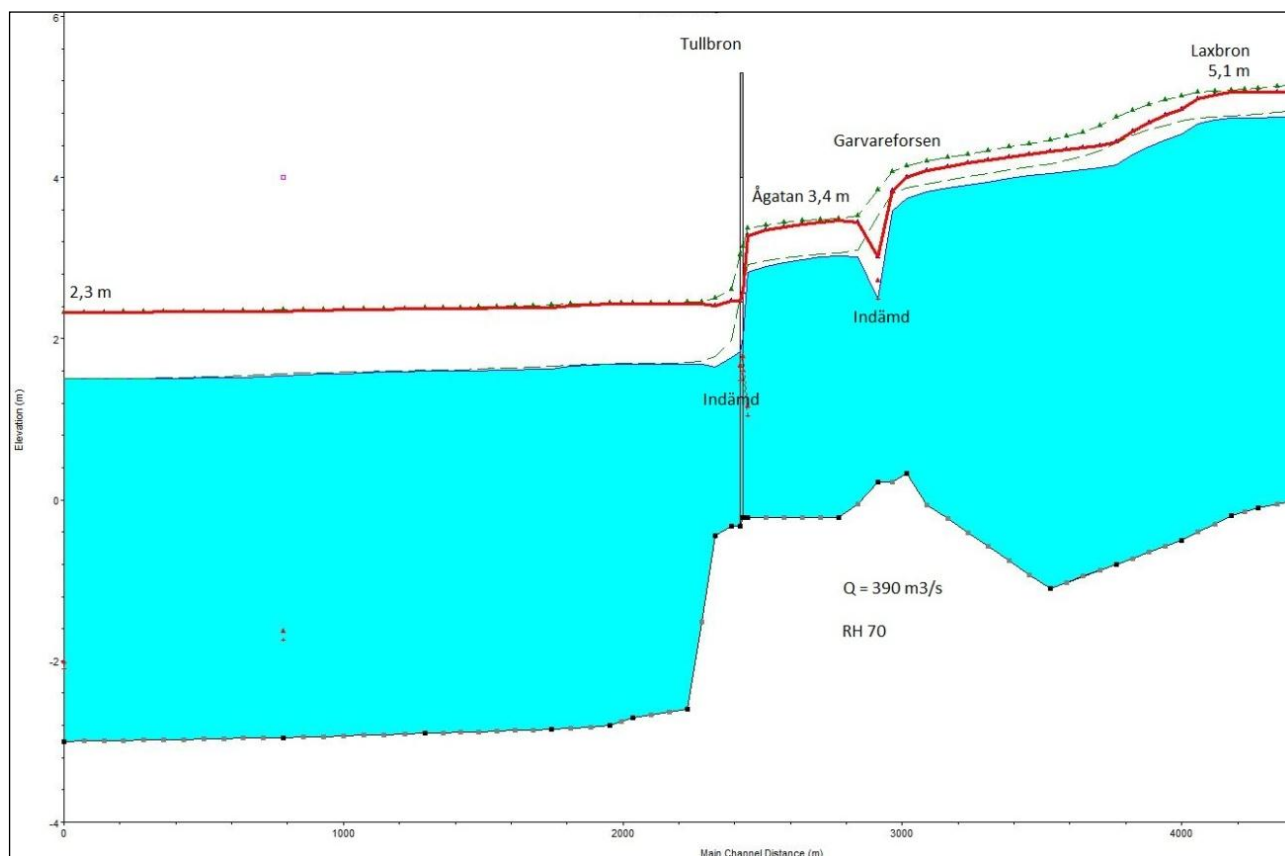
Figur 5. Längdsnitt genom Ätran, från havet till vänster till Laxbron till höger. Beräknade nivåer för utgångsfallet. Streckad linje visar energinivån.

I figur 6 presenteras resultat av beräkningar för år 2040. Resultaten för det året är markerade som en röd linje. Under den ligger utgångsfallet kvar som jämförelse. Startvattenståndet är 1,6 m. Vid Ågatan har nivån nu stigit till 3,1 m och vid Laxforsen till 4,9 m. Fortfarande är Garvareforsen en bestämmande sektion, dvs. ej indämd. Det innebär att nivåerna ovanför forsen bara styrs av vattenföringen i Ätran uppströms forsens läge.



Figur 6. Längdsnitt genom Ätran, från havet till vänster till Laxbron till höger. Röd linje visar beräknade nivåer 2040. Utgångsfallet i blått. Streckade linjer visar energinivåer.

Figur 7 är en sammanställning av beräkningarna för år 2100. Resultaten för det året är markerade som en röd linje. Under den ligger utgångsfallet kvar som jämförelse. Startvattenståndet är 2,3 m. Vid Ågatan har nivån nu stigit till 3,4 m och vid Laxforsen till 5.1 m. Garvareforsen är indämd och det innebär att havsvattenståndet tillsammans med flödet styr nivåerna hela vägen från havet till Laxbron. Enligt modellberäkningarna kommer indämningen av Garvareforsen att ske runt år 2060.



Figur 7. Längdsnitt genom Ätran, från havet till vänster till Laxbron till höger. Röd linje visar beräknade nivåer 2100. Utgångsfallet i blått. Streckade linjer visar energinivåer.

Särskilt figur 7 visar att effekten av havsvattenståndet är störst nedströms Tullbron och att den avtar successivt upp genom vattendraget. Om havsvattennivån hypotetiskt skulle sättas 0,3 m högre än i figuren skulle den beräknade nivån bli cirka 0,1 m högre vid Ågatan och cirka 0,01 m högre vid Laxbron.

Resumé

Demonstrationsmodelleringen ger att den extrema vattennivån vid Ågatan i Falkenberg kan komma att öka med cirka 0,2 m fram till år 2040 och med 0,5 m fram till år 2100 jämfört med dagens extremvärde.

Redan nu kan havsvattennivån slå igenom i området mellan Tullbron och Garvareforsen. Från och med 2060 beräknas även Ätran uppströms Garvareforsen kunna påverkas av havsvattennivån vid extrema förhållanden.

Det bör poängteras igen att resultatet vi presenterar i ovanstående övning bara är ett av många möjliga. Förutom att modellen i sig inte är kalibrerad och verifierad fullt ut så tillkommer en rad osäkerheter man måste ta hänsyn till. Det gäller till exempel den framtida globala medelvattennivån där olika studier ger olika skattningar på hur mycket den kan komma att höjas. Osäkerheten när det gäller framtida extrema flöden illustreras i Figur 4 där de olika modellsimuleringarna ger en mycket spridd bild. Andra osäkerheter ligger i eventuella lokala förändringar i tryck- och vindfält. I vårt exempel har vi också antagit att det framtida 100-årsvärdet för havsvattennivån är detsamma som idag vilket är ovisst. För att kunna göra en bedömning om framtida extrema vattennivåer måste alla dessa osäkerheter beaktas och någon typ av osäkerhetsintervall anges.

Vi vill därför återigen understryka att de redovisade beräkningarna på intet sätt kan ligga till grund för planeringsarbete.

Referenser

- Ref. 1 Klimatanalys för Västra Götalands län, SMHI Rapport Nr 2011-45, Gunn Persson, Johan Andréasson, Dan Eklund, Kristoffer Hallberg, Signild Nerheim, Elin, Sjökvist, Lennart Wern och Sofia Åström
- Ref. 2 Meier, H.E.M, H. Andersson, H, . Dieterich, C., Eilola, E., Gustafsson, B., Höglund, A., Hordoir, R. and S. Schimanke, 2011. Transient scenario simulations for the Baltic Sea Region during the 21st century. SMHI, Rapport Oceanografi Nr 108.
- Ref. 3 www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/



Havmeter Land

Om projekt Hav möter Land

Klimat, vatten, samhällsplanering tillsammans

Hav möter Land samlar 26 organisationer i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak.



Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser.

Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap.

I projektet arbetar kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter tillsammans. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

Hjälp gärna till på www.havmoterland.se.



Partners

Länsstyrelsen i Västra
Götalands län
Østfold fylkeskommune
Artdatabanken
Aust-Agder fylkeskommune
Buskerud fylkeskommune
Falkenbergs kommun
Fylkesmannen i Aust-Agder
Fylkesmannen i Buskerud
Fylkesmannen i Telemark
Fylkesmannen i Vestfold
Fylkesmannen i Østfold
Göteborgs universitet
Havs- och vattenmyndigheten

Kungsbacka kommun
Larvik kommune
Lysekils kommun
Länsstyrelsen i Hallands län
Nøtterøy kommune
Orust kommun och
projekt 8 fjordar
Region Halland
SMHI
Sotenäs kommun
Telemark fylkeskommune
Vestfold fylkeskommune
Västra Götalandsregionen
Århus Universitet

Framtida extrema vattennivåer i Falkenberg – en demonstrationsmodellering

En demonstrationsmodellering har utförts för att uppskatta framtida extrema vattennivåer i Ätran där den rinner genom Falkenberg.

Syftet har varit att ge prov på hur en sådan modellering skulle kunna se ut och vilka faktorer som man måste ta hänsyn till.



Hav möter Land

Projekt Hav möter Land samlar 26 kommuner, regioner, universitet och statliga myndigheter i Sverige, Norge och Danmark. Vi samarbetar om klimat, vatten och samhällsplanering för Kattegat och Skagerrak. Våra resultat är användbara för beslutsfattare, planläggare, forskare och förvaltare av naturresurser. Klimatet förändrar våra möjligheter att bo och livnära oss här. Vi tar fram gemensam kunskap för gemensam beredskap. EU är med och finansierar projektet genom Interreg IVA.

www.havmoterland.se



Hav möter Land



EUROPEISKA UNIONEN
Europeiska regionala
utvecklingsfonden



Interreg IVA
ÖRESUND – KATTEGAT – SKAGERRAK