

# EFFEKTER ORSAKADE AV EXTREMA VATTENSTÅND OCH VÅGOR I LUNDÅKRABUKTEN – SITUATIONEN IDAG OCH I ETT FRAMTIDA SCENARIO

Impact of extreme sea levels and waves in the bay of Lundåkra  
– present situation and future scenarios

av *KARIN VENDT*<sup>1</sup> och *SANDRA OTTOSSON*<sup>2</sup>

1 Engelbrektsgratan 11, 211 33 Malmö

e-post: *karin.vendt@gmail.com*

2 Södra Förstadsgatan 49, 211 43 Malmö

e-post: *sandra\_ottosson100@hotmail.com*



## Abstract

We are living in a time where we are being frequently reminded of the threat of a drastic climate change. Understanding the complexity of the climate remains a major challenge when trying to predict the consequences of this change. Nevertheless, there are today enough results from numerous studies to create a reasonable idea of possible future climate scenarios. The research is driven by an increasing demand on future predictions by policymakers. Around the coast of Sweden, municipalities have started the preparatory work to investigate the possible local impacts from an accelerated climate change and its consequences. Landskrona city, located at the western coast of Skåne, is one of Sweden's coastal communities that have initiated the work of planning for how to manage a future elevated sea level. In this study, carried out as a Master thesis at Lund University, the impact of a future sea level rise has been estimated with focus on the bay of Lundåkra, south of Landskrona. The results show that a sea level rise represents a major threat to the region and its protected nature values.

*Key words* – Lundåkra bay, Natura 2000, wave runup, erosion, flooding, sea levels, climate change, bottom profiles

## Sammanfattning

Vi lever i en tid där hotet om ett klimat i drastisk förändring ständigt gör sig påmint. Förståelsen för klimatets komplexitet utgör fortfarande en stor utmaning i försöken att förutsäga klimatförändringarnas konsekvenser. Trots det finns det idag tillräckliga resultat från otaliga studier för att bygga sig en någorlunda föreställning om förväntade framtida klimatscenarier. Forskningen drivs av en allt större efterfrågan på framtidsprognoser från beslutsfattare. Runt om i Sveriges kustkommuner har arbeten påbörjats för att förbereda planeringsunderlag för hur man ska kunna anpassa sig till en framtida accelererande klimatförändring och dess konsekvenser. Landskrona stad, lokaliserad vid Skånes västra kust, utgör en av Sveriges kustkommuner som har kommit igång med att planera en hantering av en framtida förhöjd havsnivå. I denna studie, som gjorts som ett examensarbete vid Lunds Tekniska Högskola, har de uppskattade effekterna av en framtida havsnivå fokuserats till ett naturområde i Lundåkrabukten, söder om Landskrona. Resultaten visar att en stigande havsnivå utgör ett stort hot mot området och dess skyddade naturvärden.

## Inledning

Lundåkrabukten sträcker sig från södra Landskrona ner till Barsebäck i Kävlinge kommun (Figur 1). Området utgörs av strandängar med en väldigt flack topografi. Bukten kännetecknas även av de i norra delarna vidsträckt grundna strandbottnarna. I norra delen av bukten, söder om Saxåns utlopp, finns ett ur naturskyddssynpunkt särskilt viktigt område. Här är strandängarna som flackast och utsätts för regelbundna översvämningar då det bildas grundna vattenfyllda kar på ängarna. Detta specifika strandlandskap utgör en särskilt gynnsam miljö för områdets rödlistade fåglar och andra djurarter. Längs denna viktigaste del av bukten går motorvägen E6 mycket nära kusten och ökar områdets utsatthet vid en förhöjd havsnivå då det riskerar att bli inklämt mellan kusten och motorvägen. De långa bottnarna, som är delvis täckta av ålgräs, utgör en värdefull yngel- och födoplatz för fisk. Bottnarnas ekosystem bidrar även med föda till områdets fåglar. Bukten är för sina naturvärden skull listad som både Natura 2000- och Ramsarområde. Den norra delen är även ett naturreservat.

Denna studie har utgått från ambitionen att ta reda på hur framtida stigande havsnivåer kan tänkas komma att påverka naturområdena i Lundåkrabukten. Frågan har även ställts om det finns någon del av bukten som är mer utsatt än andra och som därför skulle behövas observeras noggrannare. Slutligen har vi velat ge förslag på vilka åtgärder som skulle kunna vidtas för att bevara



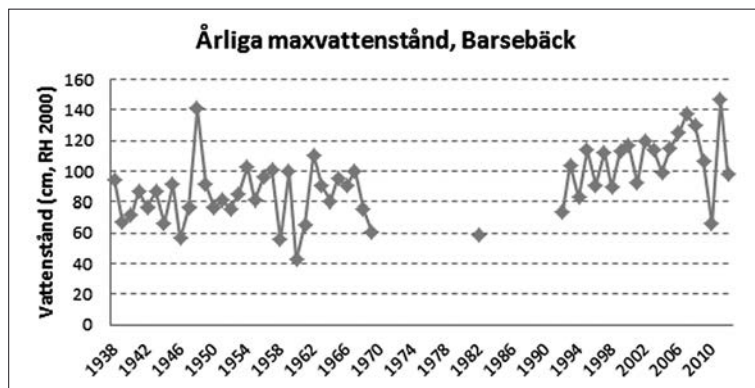
Figur 1. Kartbild över Öresund där Lundåkrabukten är markerad med en svart ring (Eniro.se 2013).

de hotade naturvärdena i framtiden. De framtida scenarier som vi har studerat i undersökningarna har baserats på en rekommendation från SMHI om en 1 m höjning av den globala havsnivån fram till år 2100 (Nerheim & Hammarklint, 2010). Forskning som ligger till grund för den rekommendationen finns sammanfattad i IPCCs senaste rapport, AR4, som släpptes 2007 (IPCC, 2007). Studier som tillkommit sedan dess har sammanställts på eget uppdrag av SMHI (Rummukainen och Källén, 2009). Den tänkta ökningen på 1 m anses i sammanhanget som en måttlig prognos då en mer extrem ökning på 1.6 meter kan förväntas enligt nyare forskning från AMAP, Arctic Monitoring and Assessment Program (2011). Denna artikel är en sammanfattning av vårt examensarbete, för mer detaljerad information hänvisas till (Ottosson & Vendt, 2013)

## Metodik

### Tillgänglig data

Framtida havsnivåer i Lundåkrabukten har uppskattats genom att undersöka mönster i en serie av vattenståndsdatabaser från SMHI som började mätas i Barsebäck 1938. Under en lång period var mätstationen ur bruk och därför finns en stor lucka i dataserien mellan 1970 och 1991. Trots den bristfälliga dataserien har variationer i havsnivån kunnat analyseras. Klimatvariationer i allmänhet undersöks med hjälp av olika statistiska fördelningar som beskriver olika mönster av hur exempelvis havsvattenstånd varierar med tiden. Genom att anpassa dataserien till en viss statistisk fördelning kan man definiera variationernas mönster och utifrån det mönstret uppskatta hur ofta en viss havsnivå återkommer. I denna studie har på så vis återkomsttider för olika havsvattenstånd uppskattats. När det gäller att anta framtida havsvattenstånd finns det två parallella utvecklingar av havsvattenstånden att ta hänsyn till. Det är inte endast den antagna globala ökningen av havsytans medelnivå på 1–1,6 meter som antas ha inverkan på de framtida havsvattenstånden. Då vi har analyserat de årliga maximala vattenstånden i dataserien från 1938 har en snabbare ökning av dessa värden observerats (Figur 2). Enligt den observerade trenden har dessa årliga extremvattenstånd ökat med nästan en halv cm per år sedan 1938. Vad som ligger bakom den ökningen har inte undersökts här men det kan ses som en indikation på att dagens stormar bjuder på mer extrema väderförhållanden än tidigare. Det skulle kunna spekuleras vidare kring om den väntade accelererande förändringen av klimatet i framtiden skulle leda till en starkare trend av ökande extremvattenstånd. I det här fallet har det däremot förenklat antagits att den observerade trenden kommer hålla i sig, vilket i sin tur innebär att skillnaden mellan medelvattenytan och ex-



Figur 2. Dataserie av uppmätta årliga maxvattenstånd i Barsebäck.

tremvattenståndet år 2100 är cirka 0,4 m högre än vad den är idag. Framtida extremvattenstånd har alltså baserats på dagens nivåer och därefter har en ökning lagts till dels av en global medelvattenyta och dels av en lokal ökning av det årliga extremvattenståndet med en halv cm per år. Till år 2100 innebär det alltså att extremvattenståndet når 1,4–2 m högre än idag.

### Topografi

För att bestämma topografin i området användes land- och bottendata som samlats in genom s.k. laserscanning – en metod där land och havsbottenytor scannas med hjälp av laser från ett flygplan (likt ett ekolod ifrån ett fartyg). Samtidigt bestäms positionen för de avskannade ytorna med hjälp av GPS-positionering. Laserscanningen har utförts separat av Landskrona och Kävlinge kommun vid olika tidpunkter. När det gäller landdata finns utöver kommunernas egna databaser lantmäteriets Nya Nationella Höjddatamodell (NNH) att tillgå. Det är ett pågående projekt där man med hjälp av laserscanning konstruerat en rikstäckande höjddatamodell i form av ett rutnät där varje ruta har en sida på 2 meter. Insamlad land- och bottendata har kunnat fogas ihop i skarvarna med hjälp av programvaran Fledermaus (QPS, Zeist, Nederländerna). På så vis har en heltäckande höjddatamodell över det studerade området erhållits. Utifrån denna topografiska modell har därefter landhöjder längs en hel kustprofil kunnat extraheras, från en punkt ute på djupt vatten till stranden och långt upp på land.

## Resultat

### Översvämningsanalys

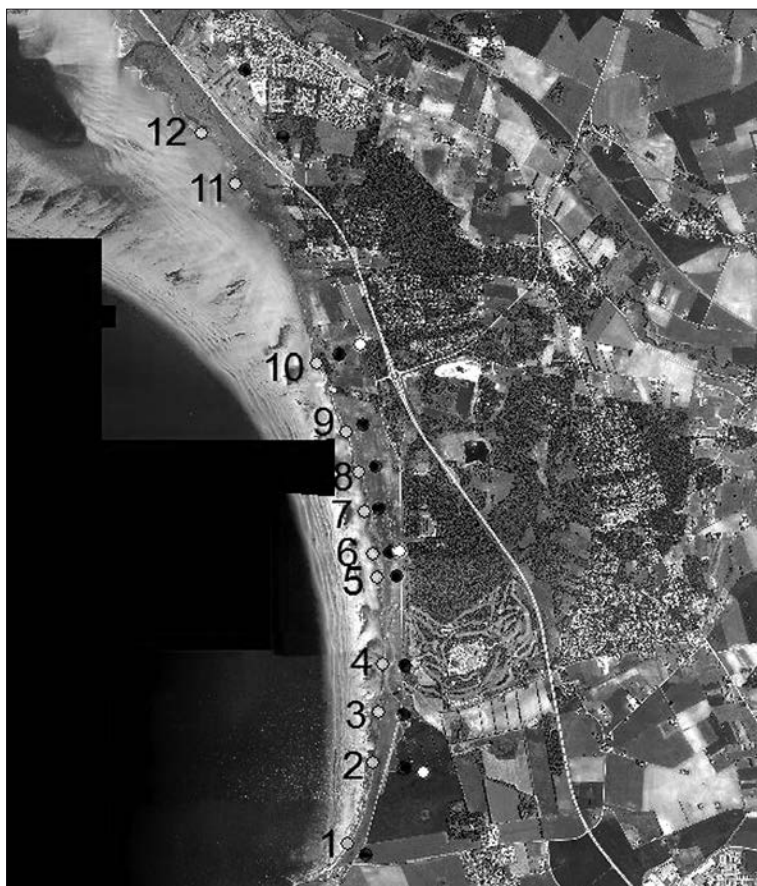
Med hjälp av landdatamodellen undersöktes översvämningsrisken i området vid en tänkt framtida höjning av havsnivån med 1 meter. För den norra delen av bukten

är strandängsområdet så flackt att hela området skulle hamna under vatten. I de centrala och södra delarna skulle havsnivån i det framtida scenariot inte ha samma dramatiska effekt. Topografin är högre här och området är därmed inte lika känsligt med avseende på översvämningsrisken. Däremot skulle erosionseffekten av inkommande vågor öka vid en förhöjd havsnivå längs hela kusten då strandlinjen skulle bli exponerad i högre grad för vågornas inverkan. Den förändrade erosionsrisken vid en havsnivåstigning har därför fått utgöra nästa steg i analysen av klimatförändringarnas hot mot Lundåkrabukten.

### Strandlinjens förskjutning in mot land

Strandens profil formas av kraften från vågorna som bryter i kustzonen. Då havsnivån stiger kommer vågorna att nå högre upp på stranden och nya områden kommer utsättas för erosion vilket bidrar till att strandlinjen kommer förflyttas in mot land. En tumregel säger att en centimeters havsnivåökning medför att kustlinjen drar sig tillbaka 1 m. För att beräkna hur långt in strandlinjen kommer att förflyttas i det enskilda fallet kan man ta hjälp av en metod som heter Bruuns regel (Silenzi et al, 2002). Bruuns regel bygger på antaganden att stranden kommer påverkas av samma typ av vågor i framtiden som idag. Den antar också att sammansättningen av sediment är densamma längre inåt land som i dagens strandområde. Strandprofilen kommer därmed återskapas på en ny position förskjuten längre in mot land. Denna metod är en uppskattning av verkligheten och antaganden är osäkra. Trots detta är metoden välkänd och används över hela världen.

De analyserade strandprofilerna i den här studien sträcker sig från motorvägen ut till 6 m djupt ute i havet. Resultatet från en tillämpning av Bruuns regel på profilerna i Lundåkrabukten visas i Figur 3. De ljusa prick-



Figur 3. Strandlinjens förväntade förskjutning in mot land vid ett ökat havsvattenstånd med 1 m. De ljusa prickarna närmast havet visar strandlinjens placering idag, medan de mörkare prickarna visar den uppskattade framtida strandlinjens läge vid en havsnivåökning på 1 m. De ljusa prickarna placerade längst österut visar den uppskattade strandlinjens position vid den extrema havsvattenståndsökningen på 1,6 m. Modifierat orthophoto © Lantmäteriet, i2012/901 tillsammans med NNH (Lantmäteriet, 2013).

arna närmast havet visar var strandlinjen är placerad idag medan de mörkare prickarna visar den uppskattade framtida strandlinjens läge vid en havsnivåökning på 1 m. De ljusa prickarna placerade längst österut visar den uppskattade strandlinjens position vid den extrema havsvattenståndsökningen på 1,6 m. I den norra delen av bukten kommer havsvattnet att nå motorvägsbanken redan vid en havsnivåökning på 0,5 m för profil 12 och 0,75 m för profil 11. I den mellersta och södra delen av bukten kommer den uppskattade tillbakadragningen av kustlinjen vara 180–370 m vid 1 m vattennivåökning och 550–600 m vid en vattennivåökning på 1,6 m.

Resultatet av Bruuns regel ger en uppskattning av hur stor del av strandområdet som potentiellt skulle kunna erodera bort. Metoden ger däremot ingen indikation på hur fort den eroderande processen skulle gå. Med en kompletterande analys av våguppspolningen längs buktens strandlinje kan känsligheten för vågornas inverkan uppskattas för de olika delsträckorna av kusten.

### Uppspolningsanalys

För att beräkna vågornas uppspolning upp på stranden har en metod använts som heter Hunt's metod. Metoden är välanvänd och beskrivs i många olika studier, bland annat av Hanson och Larson (2008). Med denna metod beräknas våguppspolningen utifrån strandprofilens uppskattade lutning men också på våghöjden och våglängden av inkommande vågor. Vågdata från en vågmodell av DHI har använts och med hjälp av den nämnda metoden har uppspolningen beräknats för det extrema stormtillfälle som inträffade den 27 november 2011 (adventsstormen) kl. 21.00 (Tabell 1). Vattenståndet vid denna tidpunkt var 1,47 m och våghöjden var 2,2 m. Då resultatet jämfördes med flygbilder som visar hur långt upp tång har spolats upp gjordes antagandet att vissa uppskattade lutningar av strandprofilen stämde bättre överens med verkligheten än andra. Resultaten för profil 1, 5 och 6 anses vara relativt realistiska medan resterande resultat bör tolkas med försiktighet. Trots det



Tabell 1. Tabellen visar det observerande avståndet som tång har spolats upp på stranden under stormtillfället; den tillfälliga kustförsjutningen orsakad av det extrema vattenståndet; den vertikala våguppspolningen beräknad med hjälp av Hunts metod samt den uppskattade totala horisontala våg räckvidden.

Profil	Avstånd som tång har spolats upp (m från medelkustlinjen)	Tillfällig försjutning av kustlinje (m från medelkustlinjen)	Vertikal våguppspolning (m)	Total horisontell räckvidd av våguppspolning (m från medelkustlinjen)
1		15	2,46	20
2		97	2,05	120
3		27	2,04	60
4	15	9	2,73	140
5	70	77	1,64	128
6	90	102	1,61	153
7	90	91	1,64	218
8	40	46	1,61	200
9	15	15	1,60	332
10	25	32	1,76	452
11		> 400	2,30	> 400
12		> 300	1,80	> 300

har resultaten gett indikationer på att strandlinjen är mer utsatt för vågornas inverkan vid profil 2, 5, 6 och 7. För dessa sektioner av buktens kust skulle man alltså kunna förvänta sig en snabbare eroderande effekt då havet stiger.

## Diskussion

### Framtida havsvattenlagun

Studiens resultat ger starka indikationer på att viktiga landområden i buktens norra del kommer att gå förlorade, kanske redan vid en havsnivåökning på 0,5 m. Då vi studerade resultaten för översvämningsanalysen observerades att ett område på andra sidan motorvägen har potential att utgöra en vattenfylld sänka vid en havsnivåhöjning på 0,75–1 m. En idé är att i framtiden låta havet expandera till det här området genom en passage under motorvägen. På andra sidan skulle det på det viset kunna anläggas en havsvattenlagun där vattennivån skulle kunna styras genom en lucka för reglering av in- och utflöden. Förhoppningen är att den typen av lagun skulle kunna utgöra en liknande miljö som de regelbundet vattenfyllda grunda kar i dagens strandängsområde gör. Huruvida landområdet på andra sidan motorvägen lämpar sig för inrättande av en havsvattenlagun behöver analyseras noggrannare. Förhoppningsvis skulle den kunna utgöra en ny rast- och häckningsplats för såväl områdets rödlistade fågelarter som andra djur.

### Framtida planeringsunderlag

Det kommer förmodligen att dröja ett antal årtionden innan vi kan börja följa utvecklingen av en accelererande stigning av havsnivån. Till dess är det viktigt att vi förbereder oss på dess effekter och redan nu också planerar för hur vi på bästa sätt kan övervaka hotade områden och tidigt uppmärksamma följderna. Studier som den här kan dessutom ge oss verktyg för att i ett tidigt skede planera för framtida markanvändning. I fallet med Lundåkrabukten lär en expansion av naturområdena bli nödvändig för att inte låta skyddade värden gå förlorade. Idag skulle det betyda en utbredning över bland annat angränsande åkermarker. Vilka motstridiga intressen som kommer att förekomma i området i en framtid så avlägsen som år 2100 är svårt att förutspå. Att redan idag ta framtida risker i beaktande vid beslut som påverkar utvecklingen av området kan ändå få avgörande effekter för om kustmarkernas naturvärden ska kunna bevaras i ett framtida scenario.

### Referenslista

- AMAP (2011) Arctic Monitoring and Assessment Program (2011) SWIPA 2011 Executive Summary – Snow, water, ice and permafrost in the arctic.
- Hanson H. & M. Larson (2008) Implications of extreme waves and water levels in the southern Baltic Sea. Journal of Hydraulic Research Vol. 46, Extra Issue 2, 292–302.
- IPCC (2007) Summary for policymakers, Climate Change (2007) The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Inter-

- governmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. Tillgänglig: <<http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/wg1/ar4-wg1-spm.pdf>> [Hämtad den 23 februari 2013].
- Nerheim, S. & T. Hammarklint (2010) Framtida vattennivåer i Helsingborg. Rapport nr 2010-55, SMHI.
- Ottosson, S. & K. Vendt (2013) Impact of extreme sea levels and waves in the bay of Lundåkrabukten – present situation and future scenarios, MSc Thesis TVVR 13/5011, Department of Water Resources Engineering, Lund University.
- Rummukainen, M. & E. Källén (2009) Ny klimatvetenskap 2006–2009. En kort genomgång av forskningen om klimatfrågans naturvetenskapliga grunder sedan IPCC AR4/WG I från 2007. Rapport till Kommissionen för hållbar utveckling, Stockholm.
- Silenzi, S., S. Devoti, F.M. Nisi, M. De Donatis, G. Gallerini, P. Aminti, E. Pranzini, L. Rossi, & L. Gabellini (2002) Integrated Hazard of Italian Coastal Plains with Respect to relative Sea Level Rise: A Case Study in Versilia Plain. *Littoral* 2002, *The Changing Coast*, pp 115–124.