



YSTADS KOMMUN



Hållbar utveckling av kusten längs Ystad Sandskog

**Översiktlig värdering av risker för erosion, ras
och översvämning**

Omslagsfoto: Ystad Saltsjöbad vid Ystad Sandskog. Foto: SGI

YSTADS KOMMUN

Hållbar utveckling av kusten längs Ystad Sandskog

Översiktlig värdering av risker för erosion, ras och översvämning

Datum: 2009-11-05
Diariernr: 1-0804-0273
Uppdragsnr: 13597
Uppdragsansvarig: Bengt Rydell, SGI
Handläggare: Karin Lundström, SGI och Mats Persson,
Lunds universitet
Granskare: Mattias Andersson, SGI

Statens geotekniska institut

581 93 Linköping Tel: 013-20 18 00 E-post: sgi@swedgeo.se Internet: www.swedgeo.se

Innehållsförteckning

1	SAMMANFATTNING	7
2	UPPDRAG	9
3	PLANERINGS- OCH BESLUTSUNDERLAG FÖR KUSTOMRÅDEN	10
4	ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV KUSTSTRÄCKAN	12
5	KUSTMODELL	15
5.1	NATURLIGA FÖRHÅLLANDEN	15
5.2	POLICY FÖR FÖRVALTNING OCH SKYDD AV KUSTOMRÅDEN	17
5.3	BEFINTLIGA KUSTSKYDD OCH ANPASSNINGÅTGÄRDER	17
6	FÖRUTSÄTTNING/FARA FÖR EROSION, RAS OCH ÖVERSVÄMNING	19
6.1	INTRÄFFADE OCH PÅGÅENDE HÄNDELSER	19
6.2	FRAMTIDA KLIMATFÖRÄNDRINGAR	21
6.3	BEDÖMNING AV FAROR FÖR EROSION OCH ÖVERSVÄMNING	23
7	KONSEKVENSER	27
7.1	VÄRDEN VID YSTAD SANDSKOG	27
8	POTENTIELLA RISKOMRÅDEN	28
9	STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDE FÖR SKYDD AV KUSTEN	29
9.1	STRATEGIER FÖR KUSTSKYDD	29
9.2	ALTERNATIVA ÅTGÄRDER FÖR ATT SKYDDA KUSTEN	30
10	SAMHÄLLSEKONOMISK ANALYS	32
11	MILJÖKONSEKVENSER	35
12	BESLUTSUNDERLAG FÖR FÖREBYGGANDE OCH ANPASSNINGÅTGÄRDER	37
13	SAMMANFATTANDE KOMMENTARER	38
14	REFERENSER	39

BILAGA

BILAGA 1: ÅTGÄRDER FÖR SKYDD MOT EROSION OCH ÖVERSVÄMNING

Ystads kommun

Hållbar utveckling av kusten längs Ystad Sandskog

Översiktlig värdering av risker för erosion, ras och översvämning

1 SAMMANFATTNING

På uppdrag av Ystad kommun har Statens geotekniska institut (SGI) utfört en utredning i syfte att beskriva risker och utsatta delar av kusten vid Ystads Sandskog vad det gäller erosion, översvämning och skred/ras. Avsikten har varit att få ett översiktligt planerings- och beslutsunderlag som säkerställer att ny bebyggelse lokaliseras till lämpliga områden enligt Plan- och bygglagen samt att klargöra behov av skydd av befintlig bebyggd miljö med tanke på erosion, översvämning och stabilitet med hänsyn tagen till klimatförändringar.

Utredningen har utförts som ett praktikfall med tillämpning av en nyutvecklad modell för planering och förvaltning av strandnära områden. Utredningen har varit av översiktlig karaktär och har begränsats till frågor om erosion, ras och översvämning utifrån ett geotekniskt och kusttekniskt perspektiv. De aktuella kuststräckan har varit utsatt för stranderosion under lång tid och flera olika typer av förstärkningsåtgärder har tidigare testats inom området.

En samhällsekonomisk studie av konsekvenserna av erosion, översvämning och skred/ras längs kuststräckan har utförts av institutionen för Byggproduktion vid Lunds universitet. Förutsättningar och konsekvenser har studerats för dagens förhållanden och för ett perspektiv fram till år 2100. Det senare alternativet bygger på de scenarier för klimatförändringar som SMHI sammanställt med utgångspunkt från den internationella klimatpanelens (IPCC) globala scenarier och en särskild utredning om framtida medel- och högvattenstånd för södra Sverige.

Resultaten från utredningen har redovisats som rekommendationer för planering och klimatanpassning inom området. En sammanställning av dessa ges nedan.

Längs hela kusten vid Ystad Sandskog finns risker för skador till följd av erosion och översvämning vid dagens förhållanden och dessa risker kommer att öka till följd av klimatförändringar. Det behövs redan nu göras vissa åtgärder medan andra kan utföras vid ett senare tillfälle, då sannolikt bättre kunskap finns om klimatförändringarna. Det innebär att man kan anpassa förstärknings- och anpassningsåtgärder och successivt öka skyddet mot erosion och översvämning. I vilken omfattning och för vilka tidsperspektiv som anpassningsåtgärder ska vidtas behöver studeras mer detaljerat.

För att undvika oönskade skador på kustområdena har ett alternativ studerats, där strandfodring utförs för att säkerställa stränder och dynområden. Strandfodring bör utföras på strandplanet och i grunda vattenområden för att ersätta och kompensera för den erosion och sedimentförlust som har skett de senaste åren och som kan förväntas fortsätta och tillta under perioden fram till 2100.

På vissa avsnitt behöver dynernas höjd ökas och de behöver kompletteras regelbundet under kommande år för att ersätta bortroderat material.

Den samhällsekonomiska analysen visar att nyttan av investeringarna överstiger kostnaderna för dessa.

Föreslagna åtgärder innebär förändringar av den rådande miljön men i huvudsak kommer effekterna att leda till att ursprungliga förhållanden kommer att återskapas.

De riskområden och förslag som redovisas i rapporten kan ligga till grund för kommunens fortsatta arbete med att skydda strandnära områden vid Ystad Sandskog. För en närmare analys av angivna riskområden och för bedömning av erforderliga åtgärder erfordras mer detaljerade uppgifter om de topografiska förhållandena, särskilt höjder på dyner och markområdena bakom dynerna. Det program för att mäta batymetriska förhållanden som kommunen arbetar efter ger bra förutsättningar att bedöma erosion och sedimenttransport. Scenarier för klimatförändringar kommer successivt att få ökad noggrannhet, vilket ger bättre underlag för bedömning av anpassningsbehov för den byggda miljön.

2 UPPDRAG

På uppdrag av Ystads kommun har Statens geotekniska institut (SGI) utfört en utredning i syfte att beskriva risker och behov av åtgärder för att hindra skador längs kuststräckan vid Ystads Sandskog avseende erosion, översvämning och ras/skred. Avsikten har varit att få ett översiktligt beslutsunderlag som säkerställer att ny bebyggelse lokaliseras till lämpliga områden enligt PBL samt att klargöra behov av skydd av befintlig bebyggd miljö med tanke på naturolyckor med hänsyn tagen till klimatförändringar.

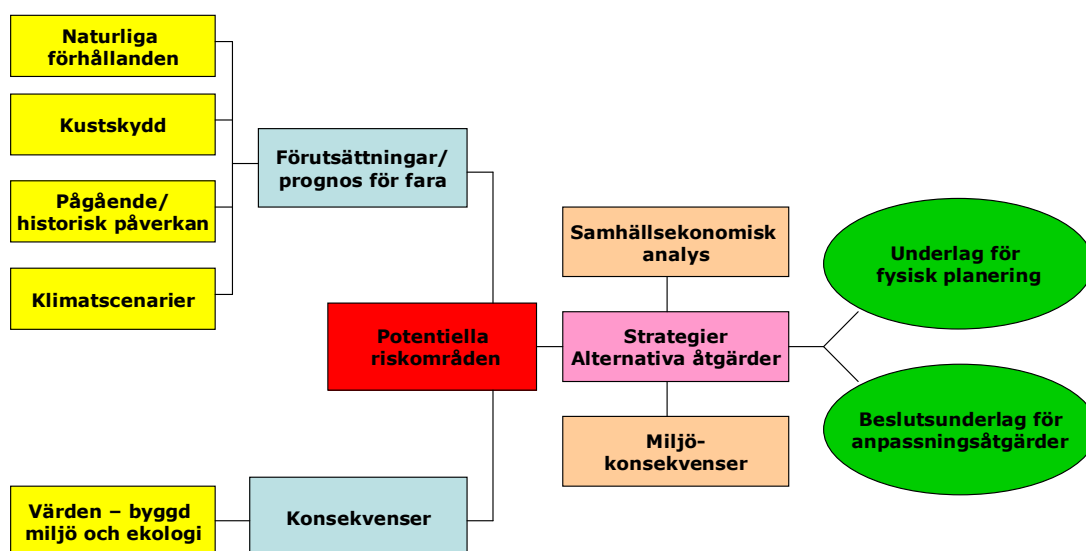
Utredningen har utförts som ett praktikfall med tillämpning av en nyutvecklade modell för planering och förvaltning av strandnära områden. Arbetet har utförts i samarbete med kommunens kontinuerliga arbete med att långsiktigt skydda kuststräckan mot erosion och översvämningar. Utredningen har varit av översiktlig karaktär och begränsats till risker för naturolyckor av typen erosion, översvämning och ras/skred.

I denna rapport beskrivs inledningsvis den modell som använts och därefter ges en beskrivning av förhållanden, problemställningar och konsekvenser av naturolyckor längs kuststräckan. Utredningen baseras på befintliga uppgifter och tillgängligt underlag och ska ses som ett exempel på hur utredningsmodellen kan tillämpas. För dimensionering och beslut om åtgärder behöver flera förhållanden klargöras närmare.

En flertal utredningar av situationen längs kusten har utförts, av vilka flera har använts som underlag för detta uppdrag. Bland annat har Lunds tekniska högskola, på uppdrag av Ystads kommun, utfört batymetriska mätningar vid flera tillfällen sedan starten 1997 (Hanson, 2007) och SGI har genomfört en pilotstudie om användning av laserbatymetri (Rydell & Nyberg, 2006). Vidare har utfört ett examensarbete utförs om uppspolning och klittererosion längs kusten (Dahlerus och Egermayer (2005). SGI utförde 2005 en geomorfologisk studie av kusträckan (Hågeryd et al, 2005).

3 PLANERINGS- OCH BESLUTSUNDERLAG FÖR KUSTOMRÅDEN

SGI har genomfört ett utvecklingsprojekt ”Hållbar utveckling av kustområden” med syfte att utveckla en modell för långsiktigt hållbara kustområden där det finns risk för erosion, översvämning eller skred/ras för dagens förhållanden och med hänsyn tagen till nya förutsättningar vid klimatförändringar. Den modell som tillämpats framgår av *Figur 3-1*. Arbetet är en vidareutveckling av Interreg-projektet ”Messina” (Messina, 2007) med tillämpning på svenska förhållanden. Med en sådan modell kan ett planerings- och beslutsunderlag tas fram som bygger på en integrerad värdering av teknik, miljö och samhällsekonomiska analyser. Modellen ska kunna användas som underlag både för fysisk planering och anpassningsåtgärder eller investeringar i kustområden. Den ska dessutom ta hänsyn till nationella, regionala och lokala förhållanden och förutsättningar.



Figur 3-1. Modell för planerings- och beslutsunderlag avseende naturolyckor i kustområden.

Modellen bygger på att identifiera *förutsättningar* (P) eller sannolikhet för fara eller viss naturolycka som kombinerat med de *konsekvenser* (C) som detta kan leda till definitionsmässigt utgör en *risk* ($R = P \times C$). Klimat- och sårbarhetsutredningen har visat på att det finns behov av att klargöra riskområden för kommande klimatförändringar (SOU 2007:60). Ökade krav på att belysa naturolycksrisker, speciellt erosion och översvämning, har dessutom tillkommit i Plan- och bygglagen från den 1 januari 2008.

Ett beslutsunderlag har arbetats fram för Ystads Sandskog i enlighet med modellen och resultaten redovisas i denna rapport. Redovisningen i denna rapport följer de olika stegen i den tillämpade modellen. Ystads kommun har under många år samlat information om flera av de förhållanden som gäller för kuststräckan längs Ystads Sandskog. Som faktaunderlag till utredningen har använts befintliga uppgifter i kommunen och tidigare utredningar om naturliga förhållanden (topografi, vattendjup, geologi, pågående erosion etc.) och befintliga kustskydd (naturliga och byggda). Inga ytterligare undersökningar

eller mätningar i fält har utförts. Arbetet har genomförts i samråd med personal i Ystads kommun.

Utredningen behandlar främst frågor om erosion, ras och översvämning ur ett geotekniskt och kusttekniskt perspektiv. Utredningen bygger på de sammanställningar och mätningar avseende batymetri, vind- och vågklimat som tidigare utförts längs kustavsnittet. Värdering och påverkan på de ekologiska förhållandena har inte ingått i denna studie. En samhällsekonomisk analys har utförts av Institutionen för Byggproduktion vid Lunds universitet.

I följande avsnitt redovisas arbetsgång och resultat från utredningen enligt **Figur 3-1** med tillämpning på kuststräckan vid Ystad Sandskog.

4 ÖVERSIKTLIG BESKRIVNING AV KUSTSTRÄCKAN

Ystad Sandskog är belägen i östra delen av Ystad, cirka 1 km öster om Ystad centrum, se **Figur 4-1**. Området utgörs närmast havet av sandstrand med sanddynor. Bakom dynorna återfinns ett skogsområde där vegetationen till största delen utgörs av tallskog men även lövskog och gran förekommer. Skogen planterades på 1800-talet främst för att binda sanden. Bebyggelse utgörs närmast havet i huvudsak av fritidsbebyggelse och hotell- och konferensanläggningen Ystad Saltsjöbad. Området har av Ystad kommun pekats ut som en kulturhistoriskt värdefull miljö (Ystads kommun, 2005). På längre avstånd från stranden, cirka 200 meter, har bebyggelsen delvis omvandlats till permanentboende och på mellan 300 och 500 m avstånd finns Rv 9 "Österleden" och järnvägen i väst-östlig riktning. Norr om vägen finns en campingplats och ett villaområde. Området öster om Ystad Sandskog utgörs av ett obebyggt naturreservat.



Figur 4-1. Översikt av området vid Ystad Sandskog. Kartunderlag från Ystads kommun.

Det studerade området har ett, för såväl kommunen som regionen, stort värde för att attrahera turister och potentiella nya kommuninvånare. Det framgår bland annat av följande text som är hämtad från länsstyrelsens i Skåne hemsida (Länsstyrelsen Skåne, 2009):

Ystad Sandskog förknippas för flertalet sydsåningar med sommar och sköna dagar på stranden. Men Sandskogen har också stora naturvärden och är ett populärt strövområde för Ystadborna. De mindre besökta nordöstra delarna av skogen har många spännande växt- och djurarter och fina naturmiljöer. Sandskogen ligger på de sandiga markerna längs kusten öster om Ystad. För geografer och geologer är områdets strandlinjer, revlar och dynbildningar av stort intresse. Den långa sandstranden längs Sandskogen är inbjudande för bad och ett flertal

parkeringsplatser gör det lätt att komma till stranden. De västra delarna av Sandskogen har ganska omfattande bebyggelse och är därför inte så lättillgängliga. Östra delen saknar nästan helt bebyggelse och lämpar sig därför bättre för strövande i skog och mark. Ystad Sandskog är avsatt som naturreservat med syfte att bl.a. bevara ett viktigt bad- och rekreationsområde, de kulturhistoriska värdena och naturvärdena i området.



Figur 4-2. Strandområdet vid Ystad Sandskog vid hövd 3 mot väster. Foto: SGI.

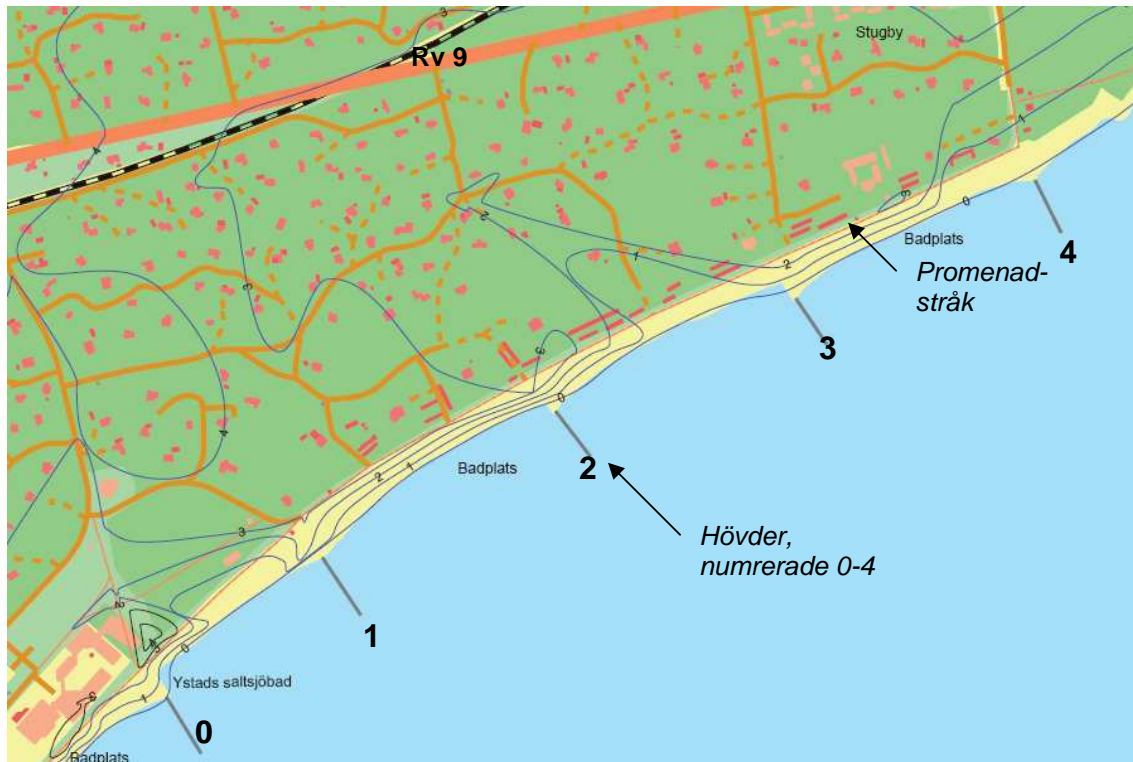
Ystad en av de värst drabbade kommunerna i landet när det gäller stranderosion och området längs Ystad Sandskog är ett av de mest låglänta partierna i kommunen. Kuststräckan är utsatt för påverkan av både mänskliga och naturliga aktiviteter.

Material eroderas från stränder och dynområden, vilket leder till förlust av mark med risk för skador på byggnader och markanläggningar. Översvämning av låglänta områden kan ge skador på byggnader och infrastruktur men också försämra förutsättningarna för turistnäringen. Vid stranderosion och översvämning påverkas de ekologiska förhållanden, vilka kan ha både positiva och negativa effekter.

De naturliga processer som främst påverkar förutsättningar för erosion och översvämning är vattenstånd och vågor i havet. Vågor som når stranden eroderar material på strandplanet och vid höga vågor och högt vattenstånd bearbetas även dynerna som då eroderar och kan rasa ner mot strandplanet. Om detta pågår under längre tid kommer dynerna inte längre att kunna skydda mot överspolning av vågor eller mot översvämning av bakomliggande områden. I dyner med brant släntlutning kan ras inträffa utan att

havet direkt påverkar dynen. För att skydda kusten mot erosion har Ystad kommun under flera decennier utfört ett flertal olika skyddsåtgärder inom området.

I föreliggande projekt har en kuststräcka av cirka 1300 m studerats, se **Figur 4-3**. Kuststräckan sträcker sig mellan Ystad Saltsjöbad, strax väster om den första hövden (hövd 0) till den sista hövden åt öster (hövd 4).



Figur 4-3. Studerad kuststräcka i Ystad Sandskog. Kartunderlag från Ystads kommun.

5 KUSTMODELL

5.1 Naturliga förhållanden

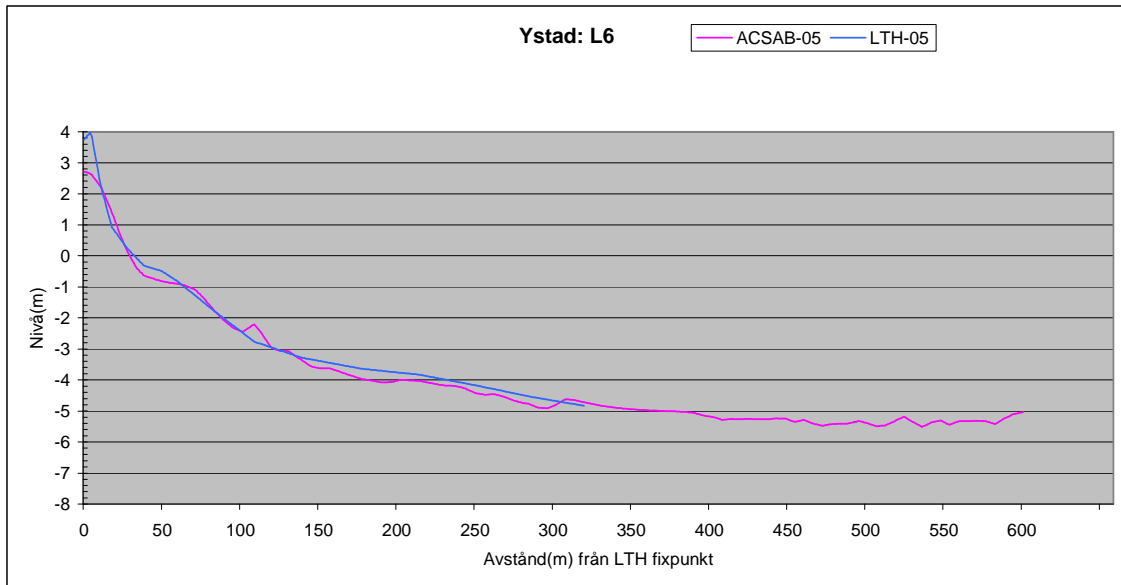
Kustprocesserna längs en kust utgörs av påverkande krafter från vattenstånd, vågor, vind och strömmar. I djupvattenzonen genererar vinden vågor och orsakar vattenståndshöjningar. Vågor som kommer in i den kustnära zonen påverkas av botten, vilket kan leda till refraktion, diffraktion och vågbrytning. Den studerade kuststräckan ligger i Ystadbukts västra del, där den förhärskande vindriktningen är sydvästlig. Vågor genererade under dessa förhållanden kommer att träffa kuststräckan i en sned vinkel och således, när de närmar sig land, utsättas från refraktion. Refraktionen leder till kustparallella strömmar som kan transportera sediment bort från kuststräckan. En beskrivning av mekanismer vid stranderosion ges av Rankka & Rankka (2003).

Betydande erosion och sedimenttransport har skett av kuststräckan sedan mätningar av de batymetriska förhållandena påbörjades 1997. Erosion sker av strandplan och dyner men framförallt är det erosion under vattenytan som varit påtaglig. Detta är negativt då en eroderad botten ger ett sämre skydd av kusten eftersom mer av vågornas energi kommer att nå strandzonen i framtiden. En kort beskrivning av de geologiska, topografiska, batymetriska och klimatologiska förhållandena längs Ystadbukten ges nedan.

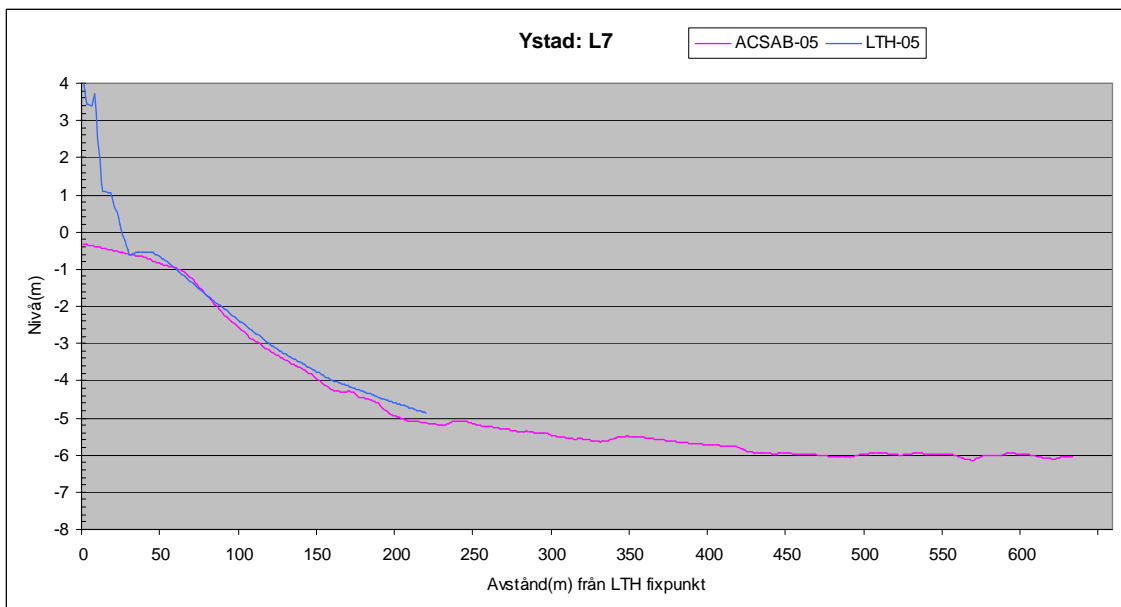
De **geologiska** förhållandena domineras av stora sandavlagringar såväl på land som på havsbotten. Jordmaterialet längs stranden utgörs i huvudsak av mellansand med en kornstorlek av 0,40-0,45 mm (Dahlerus & Egermayer, 2005). Denna jordart är starkt erosionbenägen.

Topografien kännetecknas av ett relativt svagt lutande strandplan och sanddyner, med höjder upp till 4,6 meter, som löper parallellt med stranden. Den vanligast i området förekommande typprofilen för strandplan och sanddynerna karaktäriseras av en liten lutning på strandplanet, en lågt belägen dynfot samt en brant dynvägg (Dahlerus & Egermayer, 2005). Avståndet från vattenlinjen till dynfot varierar mellan 10 och 30 m. De till volymen största dynerna återfinns väster om hövd 1 och omedelbart öster om hövd 2. Dessa har en volym mellan 50 och 70 m³ per längdmeter. Övriga dyner har volymer varierande mellan knappt 20 och 45 m³. Bakom dynerna finns ett låglänt område med marknivåer som enligt kommunens uppgifter ligger mellan 1 och 2 m över dagens medelvattenstånd.

När det gäller de **batymetriska** förhållanden ökar vattendjupet för området väster om hövd 1 snabbt ut till 2-3 meters djup cirka 100 m ut från stranden för att därefter öka betydligt långsammare ut till ett djup av 5 meter på ett avstånd av cirka 300-500 m från stranden, se *Figur 5-1*. För området mellan hövd 1 och 4, ökar dock djupet snabbt ut till 4 meters djup på ett avstånd av cirka 150 m från stranden, se *Figur 5-2*. Resultat från batymetriska mätningar finns redovisade av Hanson (2007, 2008) och Rydell & Nyberg, (2006).



Figur 5-1. Exempel från lasermätningar av batymetri vid Ystad Sandskog, mätsektion mellan hövd 0 och 1 (Rydell & Nyberg, 2006). I diagrammet visar den violetta linjen (ACSAB-05) mätning med laserbatymetri och den blå linjen (LTH-05) avvägning i samma sektion.



Figur 5-2 Exempel från lasermätningar av batymetri vid Ystad Sandskog, mätsektion mellan hövd 2 och 3 (Rydell & Nyberg, 2006). I diagrammet visar den violetta linjen (ACSAB-05) mätresultat från mätning med laserbatymetri och den blå linjen (LTH-05) avvägning i samma sektion.

SMHI har studerat framtida vattenstånd i Skåne och Blekinge (Nerheim, 2007). Härav framgår att nivån för det **vattenstånd** som statistiskt har en återkomsttid på 100 år i dagens klimat, ligger på nivån +1,55 m (RH70). Motsvarande nivå med en återkomsttid på 50 år ligger på +1,45 m. Vattenståndsmätningar utförda i Ystad mellan 1887 och

1992 visade att det högsta vattenståndet som uppmätts under perioden var +1,67 m (Larson & Hanson, 1992).

Mätningar av vågor till havs utförs endast på några fåtal platser runt Sveriges kust och ingen av dessa är i närheten av Ystad. Simulering av **vågklimatet** kan då istället utföras baserat på **vindklimatet** (styrka, riktning, varaktighet) samt den stryklängd och det vattendjup som vågorna fortplantas över. Dahlerus & Egermayer (2005) har utfört en analys av vind- och vågklimatet i Ystad. Analysen visar att vindar från SV till VNV är dominerande och att vågor endast genereras vid vindar i riktningar från sydväst till sydöst. Vid fullt utvecklad sjö, det vill säga när det blåser under så lång tid att endast stryklängden blir begränsande, skulle det vid en vindhastighet på 15 m/s kunna utvecklas vågor som har en våghöjd av 3,5 m vid vindar från sydost. När vågorna närmar sig land påverkas de av botten. Vid uppgrundning bromsas vågen upp och komprimeras så att våglängden minskar och våghöjden ökar. Beräkningar utförda av Dahlerus & Egermayer (2005) visar att medelhöjden på en brytande våg är 0,62 m och att den största brytande våghöjden är 4,6 m utanför Ystad Sandskog.

5.2 Policy för förvaltning och skydd av kustområden

Ystads kommun har sammanställt policy och riktlinjer för kommunens agerande när det gäller kuststräckan i kommunen (Ystads kommun, 2008). I policyn som antagits av kommunfullmäktige anges övergripande principer, riktlinjer för fysisk planering, kustskyddsåtgärder samt hur information, kunskap och samordning ska genomföras. I policyn finns också en bakgrundsbeskrivning av förhållandena i Ystad och en utblick mot nationella och internationella erfarenheter.

5.3 Befintliga kustskydd och anpassningsåtgärder

Längs kuststräckan i Ystad Sandskog har flera olika typer av erosionsskyddande åtgärder utförts. På 1990-talet utfördes fem hövder vinkelrätt mot kusten i syfte att förhindra kustparallell sedimenttransport, se *Figur 5-3*. Dessa har haft en viss positiv effekt på erosionen inom kuststräckan men för området öster om hövderna har erosionen troligen blivit värre på grund av dessa anläggningar. Vid Ystad Saltsjöbad, mellan hövderna 2 och 3 och mellan hövderna 3 och 4 (se karta i *Figur 4-3*) har stranden på vissa sträckor förstärkts med stenskonung, vilket ger ett effektivt skydd av stranden i vattenbrynet men har den negativa effekten att den försvårar tillgängligheten till strand och hav. Dessutom har exempelvis gabioner, betongmadrasser, plantering av sandbindande vegetation och dräneringsrör anlagts på andra delar av stränderna. Strandfodring (utläggning av sand) har utförts för mindre områden. En översikt av de olika erosionsskydden som anlagts längs sträckan finns redovisat av Nilsson (2004).



Figur 5-3. Hövder som skydd mot stranderosion vid Ystad Saltsjöbad. Foto: SGI.

Ystads kommun har även ansökt om tillstånd att få utföra en mer omfattande strandfodring längs kuststräckan med sand som avses utvinnas på Sandhammars bank. Tillstånd för strandfodring enligt miljöbalken har erhållits men ännu inte för uttag av sand enligt kontinentalsockellagen (november 2009).

6 FÖRUTSÄTTNING/FARA FÖR EROSION, RAS OCH ÖVERSVÄMNING

6.1 Inträffade och pågående händelser

Längs kuststräckan är det framförallt erosion av strandplan och dyner, dynbrott och översvämning som kan leda till en negativ påverkan på området. Inga höga slanter eller partier med kohesiva jordarter förekommer i området varför ras eller skred inte hotar området. I detta avsnitt ges en beskrivning av tidigare inträffade förändringar och händelser avseende erosion samt översvämning längs kuststräckan.

Erosion av strandplan och dyner

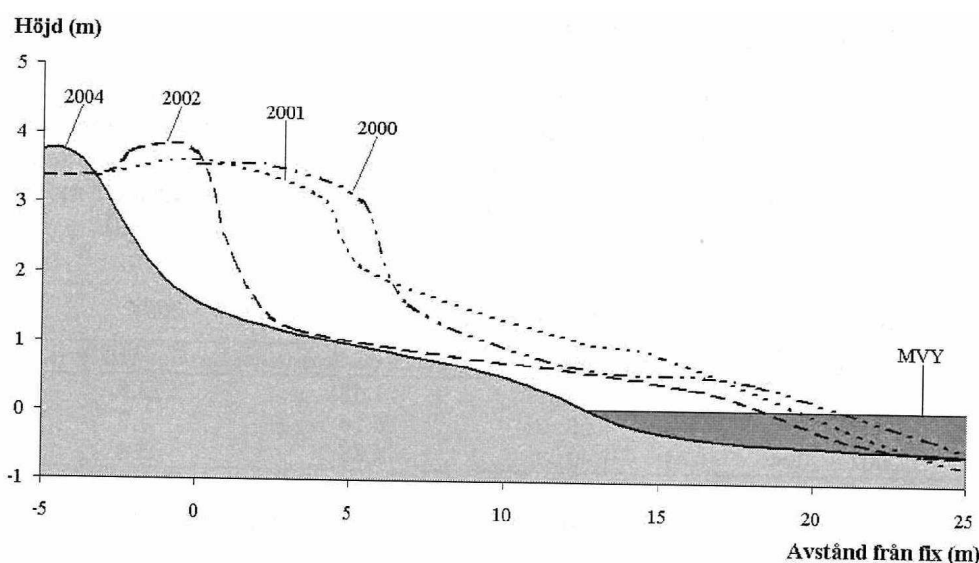
I trakterna kring Ystad har erosionsproblematiken varit känd sedan 1820-talet, men det var först på 1950-talet som man upplevde det som ett problem. Det är ett flertal olika, både naturliga och mänskliga faktorer som påverkar var erosionen sker samt vilka konsekvenser den får. Förutom de naturliga processerna som orsakar erosionen så är kusten i Ystad även påverkad av mänsklig aktivitet. Byggnation av hamnar och anläggning av erosionsskydd i kustlinjen har drastiskt reducerat den sandtillgång som en gång fanns i sedimenttransportcellen, dvs. det kustavsnitt där det finns ett samspel mellan erosion och ackumulation av sediment. Kuststräckan är fortsatt utsatt för erosion av dyner och strandplan men framförallt är det under vattenlinjen som erosionen är betydande.

Hågeryd et al (2005) studerade förändringar av strandlinjen bland annat längs den aktuella sträckan med hjälp av flygbilder tagna 1956-1957, 1971 och 2001. Resultatet visade både erosion och ackumulation. Störst förlust av material hade skett öster om hövd 4 men även utanför Ystad Saltsjöbad samt mellan hövd 0 och 1 konstaterades en nettoförlust av material från strandlinjen under den studerade perioden.



Figur 6-1. Stranderosion vid Ystad Sandskog, januari 2007. Foto: Ystads kommun..

Dahlerus & Egermayer (2005) utförde i sitt examensarbete inmätning av 24 profiler från vattenytan upp på land till ett avstånd av cirka 50-70 meter. Två sektioner mättes dessutom in till ett avstånd av drygt 300 m från vattenytan. Inmätningarna visade att avståndet till dynfoten varierade mellan cirka 10 och 30 meter och att tre olika typfall av dynen var representerade. Bakom klitterna ligger markytan på som lägst cirka 1 m över havet. Förändringar i strandplanet för området mellan hövd 2 och 3 under åren 2000-2004 redovisas i **Figur 6-2**. Under dessa år har en betydande förändring skett av strandzonen, varvid foten av sanddynen och strandlinjen båda har förflyttats cirka 8 meter inåt landet. Dessutom har det vertikala avståndet från vattenytan till sanddynens fot minskat.



Figur 6-2. Förändringar i strandplanet mellan åren 2000 och 2004 i Ystad Sandskog. Från Dahlerus & Egermayer (2005).

Simulering av erosion av strandprofilen mellan åren 1983 och 2000 har även utförts i examensarbetet med hjälp av en analytisk modell beskriven av Larson et al. (2004). Simuleringen visar att erosionsprocessen är starkt beroende av det vertikala avståndet mellan dynfot och vattenyta. Dessutom framgår att erosionen kan ha varit betydande under åren 1983, 1984 och 1990 på grund av att det under dessa år förekom stormtillfällen med höga vindstyrkor och lång varaktighet. Även för åren 1999 och 2000 visar simuleringarna på betydande erosion av dynerna, något som även framgår av de årliga profilmätningarna.

Bottenprofilmätning för bestämning av batymetrin har utförts för området vid Ystad Sandskog sedan 1997 (Hanson, 2008). De första åren omfattade mätningarna fem sektioner men utökades 2002 till att omfatta 10 mätlinjer. Mätningarna har utförts till knappt 5 m djup. Avståndet från strandlinjen till 5 m djup varierar inom området. Väster och just öster om hövd 0 utanför Ystad Saltsjöbad är avståndet som störst, mer än 260 meter, medan avståndet för övriga sektioner varierar mellan 160 och 200 m. Den totala volymminskningen över mätperioden 1997-2008 uppgick till cirka 177 000 m³ och endast en liten del, cirka 3000 m³, har försvunnit över medelvattenlinjen. På detta sätt blir stranden i Ystad mer och mer utsatt eftersom vågorna kommer att bryta närmare kusten och sand som transporteras inåt stranden kommer att avsättas längre ut. Mellan åren 1997-2000 uppmättes en kraftig erosion inom området som åren därefter ersattes av en

svag ackumulation. Under 2004-2005 tog erosionen fart igen, den var dock begränsad under mätåret 2006-2007 för att återigen öka under 2007-2008.

Översvämning

Översvämning kan drabba låglänta områden vid tillfällena med högt vattenstånd och/eller om höga vågor spolar över dynerna.

Inga större problem med översvämning har hittills drabbat området. Vid Ystad Saltsjöbad har det dock vid några tillfällen på 1980-talet kommit in vatten i byggnaderna. Det har vid flera tillfällen funnits hotbilder vid högt vattenstånd och då vågor angripit dynerna. Kommunen har vid sådana tillfällen gjort insatser för att motverka skador och därigenom kunnat motverka överspolning och översvämningar.

Risken för överspolning är, enligt Dahlerus & Egermayer (2005), störst vid profil 0 som har en brant släntlutning och ett smalt strandplan. Denna profil ligger vid Ystad Saltsjöbad. 100-åruppspolningen vid dagens klimat har beräknats uppgå till +4,9 m.

6.2 Framtida klimatförändringar

Ett förändrat klimat kan på sikt komma att medföra en generell höjning av havsytans nivå. En utredning har gjorts om framtida havsvattennivåer för Skåne och Blekinge (Nerheim, 2007) som bygger på forskningsresultat från den internationella klimatpanelen IPCC och SMHI. Utredningen visar att för kusten vid Ystad kan medelvattenytan år 2100 komma att ligga mellan 27 och 72 cm över dagens nivå relativt RH70. Den övre medelvattenyttehöjningen, 0,72 meter, är det så kallade "high case" för Östersjön. I framtiden får man också räkna med att extremväder med kraftiga regn och stormar får en ökad återkomstfrekvens och som följd av detta kommer höga vattenstånd i havet att inträffa oftare jämfört med idag.

Utredningen visar att hundraårsvattenståndet för Ystadkusten kan komma att ligga på nivån 2,27 m (med 95 % konfidensintervall 2,14-2,55 m) relativt RH70, se **Tabell 6-1**. Nivåerna bygger på en global havsnivåökning med 59 cm och ett lokalt tillägg för Östersjön med 20 cm. Med andra ord kan det statistiskt sett inom de närmaste hundra åren kunna tillfälligt förekomma havsnivåer på mer än 2 m över dagens medelvattenyta. Till detta kommer effekter av vågor som i kombination med höga vattennivåer ytterligare kan medföra risk för översvämning.

	2 år	10 år	50 år	100 år
Viken	168 161-176	198 187-217	220 204-259	229 210-280
Barsebäck	143 137-150	170 164-180	185 177-200	189 181-207
Klagshamn	157 151-163	187 180-196	203 194-223	208 198-233
Skanör	180 163-180	203 193-214	209 204-220	
Ystad	165 162-169	194 187-202	217 207-238	227 214-255
Simrishamn	160 152-168	180 174-189	187 182-199	189 184-204
Kungsholmsfort	136 133-139	161 157-168	180 172-195	186 177-206

Tabell 6-1. Beräknade återkomstnivåer för årshögsta vattenstånd för framtidens klimat (2070-2100) och olika återkomsttider. 95 % konfidensintervallet återfinns som kursiverad text. Tabellen gäller för den högsta förväntade höjningen av vattenståndet (från Nerheim, 2007).

Efter det att IPCC publicerat sin senaste utvärdering har flera vetenskapliga artiklar publicerats som indikerar att ismältningen kan ske snabbare än vad som uppskattats tidigare. Den holländska Deltakommittén presenterade år 2008 sin utvärdering av de senaste vetenskapliga resultaten. Man drog slutsatsen att man bör räkna med ett intervall på 0,55-1,20 meter som högsta höjning av havsnivån utanför Hollands kust. Det innebär för södra Sverige enligt SMHI:s bedömningar att tidigare angivna högsta nivåer skulle behöva öka med 40-50 cm.

På grund av landhöjningen i Sverige minskas effekten av havsvattenhöjningen. Södra Sveriges landhöjning är långsammare än havsvattenhöjningen, vilket gör att det ofta beskrivs som en landsänkning. Viken i norra delen av Skånes västkust har en ”apparent landhöjning” på -0,02 cm/år (inklusive nuvarande höjning av havsnivån).

Den maximala uppspolningen vid ett framtida förändrat klimat har beräknats till nivå +5,8 m (Dahlerus & Egermayer, 2005). I beräkningen ingår en höjning av medelvattenytan och ett förändrat vindklimat och relaterar till medelvattenytan 2004 i RH70.

I denna rapport har antagits en höjning av medelvattenytan med 0,85 m för beräkning av strandens tillbakaryckning. För en bedömning av faran för översvämning har hundra-årsvattenståndet på +2,3 m använts.

Nedan redovisas överslagsmässiga bestämmningar av hur kuststräckan vid Ystad Sandskog kan påverkas av erosion, fara för dynbrott och översvämning vid ett framtida förändrat klimat.

6.3 Bedömning av faror för erosion och översvämning

Erosion

Omfattningen av erosionen vid kusterna beror till stor del av topografiska och geologiska förhållanden i kustområdet. För att få en uppfattning av vilka strandnära områden som kan komma att påverkas av erosion har därför använts en modell som bygger på ett samband mellan havsnivåhöjning och påverkan på stränder. Förändringar i strandplanet på grund av en höjning av medelvattenståndet kan bestämmas överslagsmässigt med en enkel modell utvecklad av Bruun (1962). Modellen bygger på att naturen hela tiden strävar efter att inta jämviktslägen. Då vattenståndet höjs förflyttas material från stranden ut i havet så att ett nytt jämviktsläge uppkommer. Dahlerus & Egermayer (2005) har använt Bruuns modell och resultat från SWECLIM:s klimatscenarier på den aktuella kuststräckan för att uppskatta förändring i dynernas volymer. Beräkningarna har utförts för en vattenståndsökning av 85 respektive 38 cm vid Ystads kust. Resultatet visar att dynernas volym och bredden av strandplaner kommer att minska. Strandplanet bredd kan komma att minska med i genomsnitt 5 m vid en höjning av vattenståndet med 85 cm. Variationerna över området är dock stora och för den studerade profilen som kommer att utsättas för den största erosionen kommer strandplanet att minska med upp till 15 m. Vid den fortsatta bedömningen av vilka konsekvenser erosionen i området kan få har antagits att 5 m av strandplanet längs hela den studerade sträckan kommer att försvinna.

Ingen analys av hur erosionen under vattenytan kommer att påverkas av klimatförändringarna har utförts. Enligt Hanson (2008) har cirka 174 000 m³ försvunnit under vattenytan mellan åren 1997 och 2008 (12 år). Det har vid den fortsatta bedömningen antagits att denna erosion fortsätter med lika stor intensitet även de närmaste 50 åren.



Figur 6-3. Erosion vid Ystad Saltsjöbad 2009. Foto: SGI

Dynbrott

Förändring av dynernas volym varierar också kraftigt inom området. Den dyn som påverkas mest är den som har det lägst liggande strandplanet och med en tydlig gräns mellan strandplan och dynen. För denna dyn kan volymen komma att halveras.

Dahlerus & Egermayer (2005) har beräknat det antal tillfällen med kraftig erosion som krävs för att ett dynbrott ska inträffa. Resultaten indikerade att avståndet mellan vattenytan och dynfot har större betydelse än volymen hos dynen från brottsynpunkt. Den mäktigaste dynen längs den studerade sträckan, vid hövd 2, är den som löper störst risk att utsättas för brott. Vid en våghöjd av 4 m och ett normalvattenstånd med varaktighet på 3 timmar visade beräkningarna att det krävs mellan 6 och 8 sådana tillfällen för att brott skulle inträffa i dynerna i de studerade profilerna. En våghöjd av 4 meter har en återkomsttid av 7 år. Om vattenståndet är 0,5 meter över normalvattenståndet och våghöjden 2,5 meter, vilket har en återkomsttid av 2 år, krävs 9 sådana tillfällen för dynbrott i den mäktigaste dynen.



Figur 6-4. Område bakom dynen vid Ystad Saltsjöbad. Foto: SGI

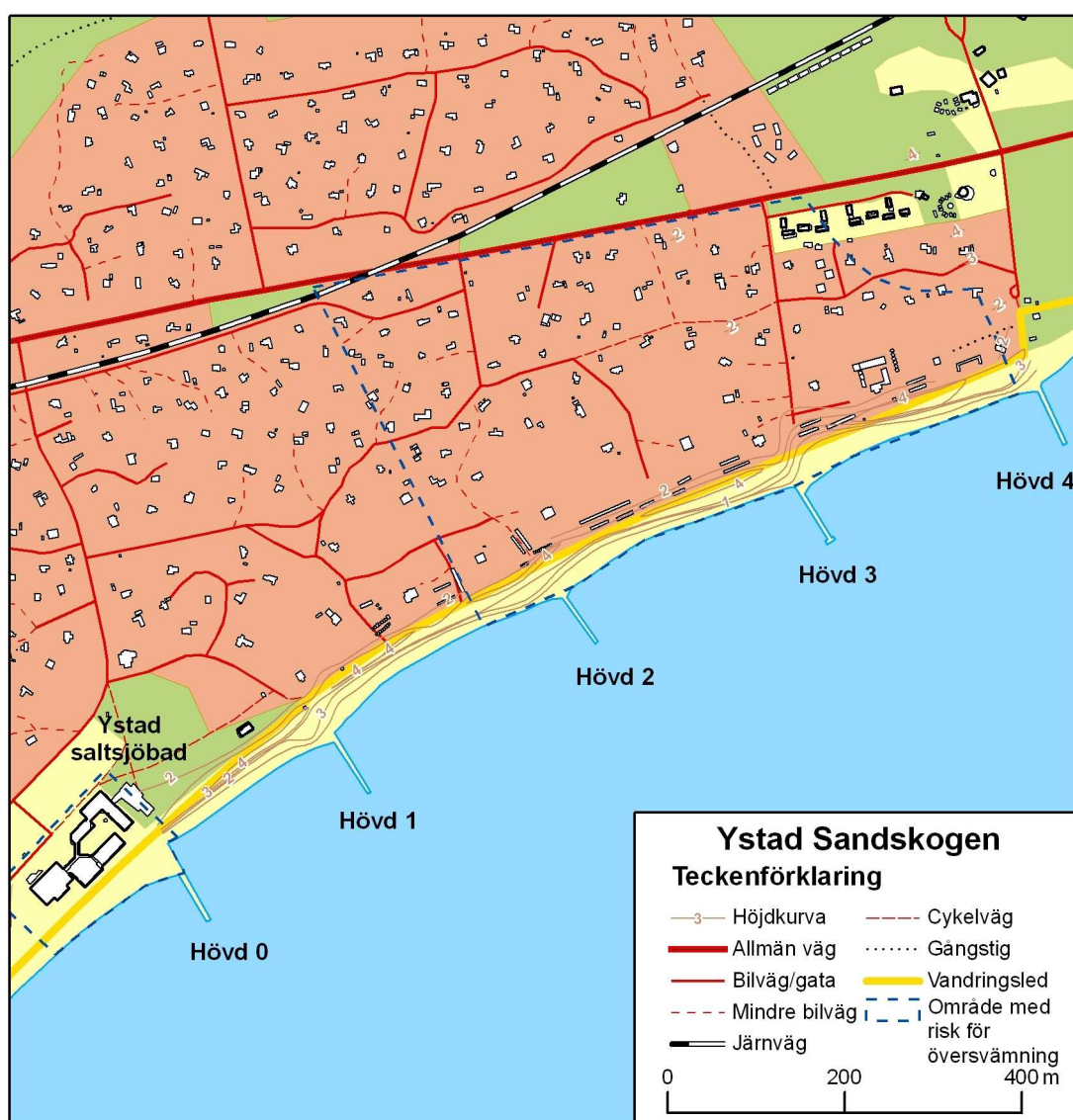
Volymminskningen på grund av vattenståndshöjningen leder till att antalet tillfällen med höga vågor som krävs för att erodera ner dynerna minskar. Skillnaden är stor mellan dagens situation och de scenarier som satts upp för framtiden. För scenariot med en vattenstandsökning av 85 cm och med ett vattenstånd 0,5 meter över normalvattenståndet och våghöjden 2,5 meter, vilket har en återkomsttid av 1,5 år, krävs 4 sådana tillfällen för dynbrott i den mäktigaste dynen (jämför resultaten för dagens klimat). Majoriteten av de inmätta strandprofilerna riskerar att överspolas för det värsta scenariot. Erosionen av dynerna kan öka med upp till 75 % jämfört med idag.

Dynerna påverkas även av de eroderande krafterna från vind och nederbörd. Till dessa har dock inte hänsyn tagits vid beräkningarna.

Översvämning

Dyner förhindrar att det låglänta området bakom strandplanet översvämmas vid högvatten. Stora delar av det bebyggda området bakom dynerna ligger på nivåer mellan 1 och 2 meter över dagens medelvattenstånd enligt uppgift från Ystads kommun.

SGI har inte haft tillgång till någon noggrann höjdmätning av det studerade området. Nivålinjerna i **Figur 6-5** bygger på en relativ gles inmätning utförd av Ystads kommun, kompletterat med resultat från inmätningar av strandprofiler utförda av Dahlerus & Egermayer (2005). Eftersom inmätning av området är översiktlig går det inte att exakt avgöra vilka fastigheter som riskerar att utsättas för översvämning. . Dyner finns längs hela den studerade stranden.



Figur 6-5. Områden som riskerar att översvämmas vid ett högvattenstånd med 100 års återkomsttid i ett framtida förändrat klimat. Nivålinjer baserade på mätningar av Ystads kommun och Dahlerus & Egermayer (2005).

Utförda simuleringar visar att dynor riskerar att utsättas för brott under dagens klimat. Om dynbrott inträffar i flera av dynerna innebär det att stora områden riskerar att temporärt läggas under vatten.

Faran för översvämning av området bakom dynerna ökar vid ett framtida klimat dels eftersom dynerna riskerar att eroderas och överspolas, dels eftersom havsnivån stiger. Enligt Dahlerus & Egermayer (2005) är det samma profiler som är mest utsatta för överspolningsrisk i framtiden som för dagens förhållande. Dock ökar risken för överspolning dramatiskt vid ett framtida klimat.

Av **Figur 6-5** framgår vilka områden som riskerar att översvämmas i ett framtida klimat med ett vattenstånd 2,3 meter (i praktiken terräng lägre än 2,5 m). Det bör påpekas att utbredningen av tänkbara översvämmade områden bygger på höjdkurvor med 1 meters ekvidistans bestämda med ett begränsat antal inmätningpunkter. Detta innebär att omfattningen av byggnader som kan skadas är osäker och endast använts i denna utredning för den samhällsekonomiska analysen.

7 KONSEKVENSER

Det studerade området i Ystad Sandskog riskerar att utsättas för erosion och översvämning för såväl dagens förhållanden och i större utsträckning i ett framtida förändrat klimat. Inom ett 100-årsperspektiv hotas inte direkt någon byggnad av den pågående erosionen men väl tomtmark och viktiga områden för fritidsaktiviteter och turism. En minskning av strandbredden med 15 meter, som beräkningar visar för det värst utsatta partiet, innebär att hela strandplanet där försvinner. Dessa skador innebär att berörda värden försvinner helt om inga åtgärder vidtas.

Översvämningar kommer att innebära skador på byggnader och infrastruktur. Dessa har emellertid ett restvärde och kan återställas även om kostnaderna kan bli avsevärda.



Figur 7-1. Bebyggelse vid Ystad Sandskog. Foto: SGI

7.1 Värden vid Ystad Sandskog

Inom det område som kan komma att översvämmas vid ett framtida klimat återfinns fritidsbebyggelse, permanentbebyggelse, en konferensanläggning, anslutningsvägar till fastigheter, anläggningar för VA och elförsörjning.

Stranden har stor betydelse för turismen som omsätter stora värden varje år. Enligt uppgift från Ystads kommun uppskattas aktiviteter relaterade till stränderna storleksordningen 500 Mkr varje år.

En närmare beskrivning av de ekonomiska och miljömässiga värdena längs kuststräckan finns i Kapitel 10 och 11.

8 POTENTIELLA RISKOMRÅDEN

Med utgångspunkt från redovisade förutsättningar/faror (kap 6) och konsekvenser (värden som kan hotas enligt kap 7) finns ett antal potentiella riskområden vid Ystad Sandskog för dagens förhållanden och i ökad omfattning vid klimatförändringar. Riskområdena har här valts som de områden där fara för erosion eller översvämning föreligger samtidigt som områdena omfattar för samhället värdefulla objekt.

För kuststräckan finns sammanfattningsvis förutsättningar för dels erosion på stränder och i dynor, dels överspolning av dynor med efterföljande översvämning av bakomliggande markområden. Erosion av dynorna kommer att leda till att branta slänter uppkommer, där materialet efterhand kommer att rasa ner mot släntfoten. Vid högt vattenstånd och speciellt i samband med kraftiga vindar och höga vågor kan större delar av dynorna komma att försvinna ut i havet.

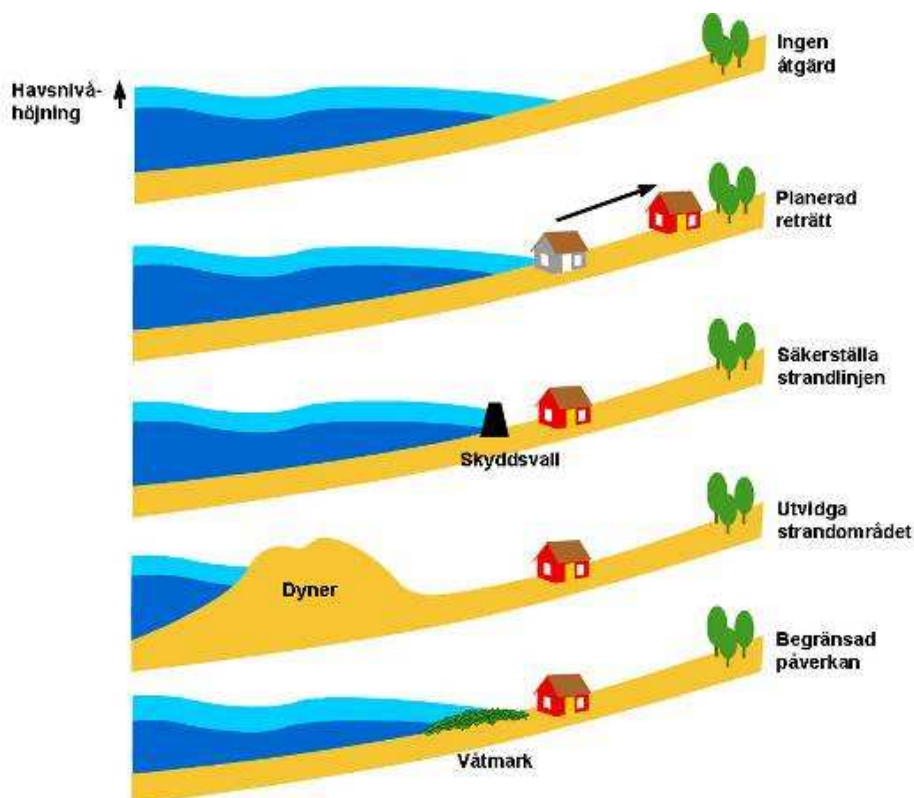
Strandplanet och dynorna är längs hela delområdet utsatta för erosion för dagens förhållanden och i ökad utsträckning vid klimatförändringar. Med utgångspunkt från överlagsberäkningar bedöms att området från strandlinjen samt delar eller i vissa fall hela dynornas bredd kan komma att påverkas av erosion. Detta gäller för hela den studerade kuststräckan förutsatt att inga åtgärder vidtas för antagna klimatförändringar år 2100.

I vilken mån överspolning och översvämning kan förekomma beror på dynornas höjd och om dynorna kan bibehållas och skyddas mot erosion. För dagens förhållanden kan dynorna kortvarigt överspolas men nuvarande dynhöjd är i huvudsak tillräcklig för att förhindra översvämning. Det finns dock lokalt avsnitt där vägar eller stigar utförts i dynorna som innebär öppningar i dynorna med lägre nivåer. Om man beaktar effekter av klimatförändringar till år 2100 behöver dynorna nå upp minst till nivån + 3,0 (för situationen med ett högvatten av +2,4 och en våghöjd av 0,6 meter) för att undvika översvämning. Detta innebär att dagens nivåer på dynorna är tillräckliga på de flesta avsnitt förutsatt att de inte eroderas. Dock ökar risken för överspolning dramatiskt vid situationer med extrema vågor i ett framtida förändrat klimat jämfört med dagens situation.

9 STRATEGIER OCH ALTERNATIVA UTFÖRANDEN FÖR SKYDD AV KUSTEN

9.1 Strategier för kustskydd

Det finns ett antal alternativa strategier som kan väljas vid beslut om fortsatta utveckling och förvaltning av strandnära områden, se *Figur 9-1*.



Figur 9-1.. Alternativa strategier för kustutveckling och kustskydd (Eurosion, 2004).

Den strategi som väljs innebär olika konsekvenser för människa och miljö samt leder till olika kostnader för såväl kommunen som för enskilda. Val av strategi är därför ytterst en politisk fråga, där tekniska, ekonomiska och miljömässiga aspekter måste vägas samman.

Ystads kommun har antagit en policy för förvaltning och skydd av kusten. I policyn finns några övergripande principer:

- Ystads kommun ska arbeta för att övergå från ett reaktivt förhållningssätt till ett proaktivt förhållningssätt när det gäller skydd och förstärkning av naturliga landformer. En integrerad förvaltning av kustzonen bör genomsyra arbetet med den fysiska planeringen och åtgärderna för att skydda kusten mot erosion och översvämning.
- Skydd av kustlinjen och återuppbyggnad av stranden ska ske i områden där ytterligare erosion skulle innebära fara för allmänheten eller oacceptabel förlust av områden med byggnader och infrastruktur samt områden för naturskydd, rekreation och turism.

- Ystads kommun ska så långt det är möjligt arbeta i samklang med de naturliga processerna i kustzonen för att motverka negativa effekter av mänskliga aktiviteter.
- Kommunens berörda tjänstemän ska gemensamt formulera mål för erosionsarbetet vilka ska vara föremål för kontinuerlig prövning.
- I det fall då erosionsförhållandena ändras så att akuta åtgärder behöver sättas in, kan erosionspolicyns bestämmelser rörande kustskyddsåtgärder frångås initialt.

När det gäller åtgärder för att skydda kusten gäller följande:

- Vid planerade kustskyddsåtgärder eller andra projekt som kan påverka kustzonen ska kostnadsanalyser, riskanalyser och MKB genomföras. Dessa ska användas som underlag vid beslut om vilken typ av förvaltning som passar bäst för det specifika området.
- Ystads kommun ska så långt det är möjligt planera så att nya konstruktioner eller liknande som anläggs i eller nära strandlinjen inte på avgörande sätt hindrar den naturliga transporten av sand längs kustlinjen. I de fall då det har byggts eller planeras för konstruktioner i strandlinjen som kan påverka sandtransporten ska Ystads kommun se till att inkludera åtgärder för att säkerställa en mer eller mindre obehindrad sandtillgång.
- I områden där existerande bebyggelse, anläggningar eller infrastruktur hotas av kusterosion bör, utifrån en samhällsekonomisk bedömning, möjligheterna till omlokalisering av dessa utvärderas. I andra hand bör mjuka metoder så som strandfodring utvärderas för att reducera hot eller risk för erosion och översvämning.
- Etablering av nya hårda kustskydd bör endast övervägas efter det att andra alternativ som har mindre miljöpåverkan har utvärderats och eliminerats. I de fall då hårda kustskydd är det enda alternativet bör åtgärder vidtas för att minimera risken för negativ miljöpåverkan.
- Mätningar av kustlinjen och kustzonens profil är mycket viktigt och ska genomföras regelbundet.
- Ystads kommun ska arbeta för att de muddringsmassor som uppkommer i samband med underhåll av hamnarna i Ystads kommun, och som inte kan nyttjas på annat sätt, ska omhändertas, renas och användas som utfyllnadsmaterial i erosionsdrabbade områden. De muddringsmassor som nyttjas på annat sätt i hamnområdena ska ersättas med sand från täkt på land eller till sjöss så att sedimentbalansen upprätthålls.

Vald strategi

För det aktuella området har Ystads kommun valt en strategi som innebär att strandlinjen ska säkerställas.

9.2 Alternativa åtgärder för att skydda kusten

För att uppnå det mål som kommunen fastställt för Ystad Sandskog finns ett antal olika metoder som kan tillämpas. En sammanfattning av möjliga åtgärder för skydd av kuster finns i **Bilaga 1**.

Denna utredning har inte haft till syfte att i detalj föreslå hur kusten kan skyddas men principiellt bedöms att strandfodring kan vara ett lämpligt för skydd mot erosion av botten, strandplan och dyner. Detta bedöms i detta fall vara den mest ändamålsenliga

metoden och som bäst tar tillvara ekologiska värden. Strandfodring innebär att sand tillförs områden där erosion medfört förlust av material över och under vattenlinjen. En beskrivning av strandfodringsmetoden finns redovisad i en kunskapssammanställning av Hanson, Rydell & Andersson (2006).

För att illustrera den framtagna utredningsmodellen enligt *Figur 3-1* har översiktligt sammanställts vilken mängd sand som behöver tillföras kusten för att uppfylla den av kommunen fastställda strategin – att strandlinjen ska säkerställas. Förutom att kompensera för den mängd sand som eroderas årligen behöver dynhöjden ökas så att dynerna inte riskerar att överspolas i ett framtida klimat.

Beräkningen av erforderliga mängder sand har uppdelats på fyra delområden: (1) erosion längs strandplanet, (2) undervattenserosion, (3) dynerosion och (4) uppbyggnad av dynhöjd. Beräkningarna, som presenteras i *Tabell 9-1*, visar att ca 26 000 m³ sand behövs för att bygga upp dynerna till erforderlig nivå och att ca 123 000 m³ sand behöver fyllas på vart 10 år längs strandlinjen, botten och på dynerna för att kompensera för erosionen.

Tabell 9-1. Beräkning av mängd sand för strandfodring.

(1)	Erosion strandplan på 100 år	Värde	Kommentar/underlag/data
	Längd (m)	1 300	
	Vattenståndshöjning (m)	0,85	Nerheim, 2007
	Erosion per m vattenståndshöjning (m/m)	7,50	Dahlerus & Egermayer, 2005
	Erosion, djup (m)	1	Antagande
	Total volym till år 2100 (m3)	8 288	
	Strandfodring vart 10 år (m3)	829	
(2)	Undervattenserosion		
	1997-2007 (m3)	121 000	Hanson, 2007
	Erosion per 10 år (m3)	121 000	
	Strandfodring vart 10 år (m3)	121 000	
(3)	Dynerosion		
	Medelerosion (m3/m)	6,90	Dahlerus & Egermayer, 2005
	Längd (m)	1 300	
	Ersättning (m3)	8 970	
	Strandfodring vart 10 år	897	
(4)	Påbyggnad av dynhöjd		
	Medelhöjd idag (m)	3,80	Dahlerus & Egermayer, 2005
	Medelbredd dyntopp (m)	10	
	Erforderlig dynhöjd (m)	5,80	Max uppspolningshöjd, Dahlerus & Egermayer, 2005
	Erforderlig sandmängd (m3/m)	20,0	
	Längd (m)	1 300	
	Total mängd (m3)	26 000	
	TOTALT		
	Påbyggnad dyner (m3)	26 000	
	Strandfodring vart 10 år (m3)	122 726	

10 SAMHÄLLSEKONOMISK ANALYS

Den samhällsekonomiska analys som redovisas i detta avsnitt baseras på de modeller som tagits fram av SGI och Lunds Universitet (SGI, 2006 och Persson, 2008).

Investering och förvaltning av skydd mot erosion och översvämning måste ses på lång sikt och beakta alla relevanta faktorer och effekter (till exempel intäkter från turism, möjlighet till industri användning, fiske och transport liksom miljövärden). I denna utredning har främst beaktats effekter på fast egendom och anläggningar. Den metod som används är Nyttokostnadsanalys (Cost Benefit Analysis). Metoden värderar endast det alternativ som undersöks och det kan därför finnas andra alternativ som ger större nytta i förhållande till nedlagd kostnad. Därför bör resultatet ses som vägledande och implementeringen av ett förslag hela tiden göras mot bakgrund av tekniska möjligheter och förutsättningar.

Ett bra sätt att presentera effekterna av erosion och översvämning är att använda sig av en *effekttabell*, där konsekvenser av åtgärder sorteras under olika kategorier, exempelvis effekt på lokal ekonomi och effekt på naturen. Effekterna kan även preliminärt listas i ordning av betydelse för att visa vilka effekter som bör studeras inledningsvis. De identifierade effekterna kan sedan åsättas värden. Värdena kan vara monetära såväl som icke-monetära. Monetära värden är investeringskostnader, produktionsförluster och renoveringskostnader. Icke-monetära värden inkluderar klassificering och rangordningsskalor som beskriver effekterna av alternativ som förlust, exempelvis biologisk mångfald, viltreservat och kulturella värden. Det finns metoder som kan användas för att beräkna monetära värden för dessa icke direkt monetärt värderbara effekter.

I *Tabell 10-1* redovisas beaktade effekter för Ystad Sandskog.

Tabell 10-1. Effekttabell för åtgärder vid Ystad Sandskog.

	Enhet	Alternativ			
		Ingen åtgärd	Förslag 1	2	3
Direkta effekter					
Investeringskostnader	MSEK	0	5		
Underhållskostnader (vart 10 år)	MSEK	0	25		
Direkta/indirekta effekter					
Underhåll av fastställd säkerhetsnivå	Ja/nej	Nej	Ja		
Skada på egendom och infrastruktur	MSEK	211	0		
Rekreation	+/-	-	+/-		
Turism	+/-	-	+/-		
Effekter på nuvarande användning					
Skadade fastigheter	antal	80-100	0		
Sandtäkt	Tusen m ³	0	1300		
Effekter på framtida användning					
Extra naturområden	ha	-	0		
Möjlig förtätning av bebyggelse	+/-	-	+		

Två alternativ har studerats, dels ett noll-alternativ där naturliga förändringar accepteras, dvs. "Ingen åtgärd" enligt *Figur 9-1* (i tabellen under rubriken *ingen åtgärd*), dels "Säkerställa strandlinjen", där befintliga dyner förstärks och stränder skyddas genom

strandfodring (förslag 1). Angivna kostnader för åtgärder och skador avser summerade nuvärden under planeringsperioden (100 år).

I tabellen används följande skalor:

- MSEK (belopp i miljoner svenska kronor)
- Ja/nej (påverkan som kan bekräftas eller ej)
- +/- (positiv (+) eller negativ(-) påverkan, där storlek inte bedöms (+/-) innebär både positiv och negativ påverkan)

En sammanställning av resultaten av den genomförda nyttokostnadsanalysen (CBA) redovisas i **Tabell 10-2**. Analysen visar att de föreslagna åtgärderna har en nytta/kostnadsfaktor på 1,46. Detta innebär att nyttan är 46 % större än kostnaden, det vill säga att de föreslagna åtgärderna återbetalar sig.

Tabell 10-2. Sammanställning av samhällsekonomisk analys enligt nyttokostnadsmetoden(CBA) för Ystad Sandskog.

SAMMANSTÄLLNING av projektbedömning		Blad nr	1
Beställare/myndighet		Upprättad	2009-08-04
SGI		Utskriven	2009-09-13
Projektbeteckning		Upprättad av	MP
Ystad Sandskog		Kontrollerad av	
Projektnummer	Ystad-SGI	Kontrolldatum	
Basdatum för kalkyl	jan-2009		
Belopp anges i (kk, Mkr, k€, M€)	Mkr		(används för alla kostnadsuppgifter)
Initial kalkylränta	2,0%		
Optimistfaktor	30,0%		
Kostnader och nyttor av alternativen			
		Nyttokostnad Mkr	
		Nollalternativ	Förslag 1
Nuvärde enligt beräkningar (NV kostn)		0,00	111,26
Justering för systematisk underskattning			33,38
Totalt nuvärde av uppskattade kostnader			144,63
Nuvärde av skador NVs		211,07	0,00
Nuvärde undviken skada			211,07
Nettonuvärde NNV			66,44
Nyttofaktor (Nyttor/kostnader)			1,46
Inkrementell nyttokostnadskvot			
		Högst nyttofaktor	
Kort beskrivning av alternativen			
Nollalternativ		Ingen åtgärd - naturen får ha sin gång	
Förslag 1		Påbyggnad av skyddsvallar + strandfodring	

© Mats Persson

Den i tabellen angivna ”optimistfaktorn” är en del i bedömningen som behandlar osäkerheten i indata.

Beräkningen visar att föreslagna åtgärder är samhällsekonomiskt lönsamma. De värden som bevaras med de föreslagna åtgärderna och som har beaktats i denna undersökning ligger hos flera olika privata fastighetsägare. En viktig fråga är därför vem som ska finansiera investering och underhåll samt på vilket sätt. Åtgärder som är positiva för ortens dragningskraft på arbetsliv och turism finns ett allmänt intresse för.

De tillgängliga resurserna har inte tillåtit utredning av alla frågeställningar och alternativ. Avsikten har främst varit att illustrera ett arbetssätt och att göra en första preliminär kartläggning av förhållandena.

I analysen blandas ekonomiska värden hos kommunala, privata och nationella intressenter. Hotell och sommarstugor ägs till största delen av privata/enskilda personer. Det är dessa ägares egendom som primärt bevaras av kustskydd. Hittills har kommunen svarat för de investeringar som gjorts för att skydda kusten.

Med en säkrad strandlinje finns goda förutsättningar för kommunen att utveckla kustområdet och bygga tätare. Möjlighet till turism i olika former bibehålls. Privata fastighetsägare kan behålla sina strandtomter, vilket samverkar med kommunens strävan att bibehålla en attraktiv strand. Om området attraherar turism från utlandet och inlandet så är detta positivt även ur ett nationellt perspektiv.

11 MILJÖKONSEKVENSER

Ystad Sandskog består av flera olika biotyper innefattande våt sankmark, olika typer av tallskog, tät buskmark och trädgårdar. Av Sandskogens 450 hektar utgörs 205 ha av Natura 2000 områden (Eriksson & Persson, 2005). Området är således värdefullt för många växter, örter och djurarter. Vid en inventering som gjordes 1999 fann man 69 olika fågelarter. Av dessa är åtta rödlistade i Sverige och därmed speciellt skyddsvärda.

I kustområdena vid Ystad Sandskog har under årens lopp ett flertal olika åtgärder vidtagits för att skydda mot skadlig erosion. I samband med dessa har i tillståndsansökningar redovisats miljökonsekvensbeskrivningar (MKB), bland annat av SWECO (2005). Nedan sammanfattas några av dessa utredningar som huvudsakligen utförts i samband med ansökningar om tillstånd för strandfodring och friliggande vågbrytare. Däremot redovisas inte de beslut som fattats av olika instanser och inte heller de utredningar som behandlar sandtäkt vid Sandhammars bank.

Strandfodring

Strandfodring genom sandfyllning vid Ystad Sandskog utförs i avsikt att tjäna som ”offeranod”, det vill säga erosionen skall fortgå i fyllningen varvid den naturliga botten-sanden och stranden på så sätt sparas.

Enligt MKB är inte någon nämnvärd grumling att förvänta i samband med utläggning av sanden. Genom det tilltänkta materialets låga halt av finmaterial kommer suspenderat material att sedimentera relativt snabbt och förväntas därmed inte transporteras långt från depositionsområdet. Natura 2000 områden kommer att påverkas vid sandfyllning endast vid Ystad Sandskog vid planerade friliggande vågbrytare. Fyllningen kommer att göras inom den ytaktiva zonen (botten djup 0- 2 m) där biotopen är trivial och artfattig.

Sandutfyllnaden förväntas ge en marginellt ökad transport av sand österut, mot Natura 2000 området vars erosionsbenägenhet därmed kommer att minska i motsvarande grad (vilket bedöms som positivt). Undantag är sandfyllningsområdet vid de friliggande vågbrytarna där strandutbyggnaden kommer att bli mycket mer påtaglig men skyddsverkan bedöms klart överväga miljöpåverkan i Natura 2000 området.

Redovisning av kontroll av negativ inverkan på Natura 2000 områden.

I en sammanställning över miljökonsekvenser (SWECO, 2005) redovisas en sammanställning av den negativa inverkan på Natura 2000 område som kan förväntas. Enligt denna kommer fisktärna, silvertärna, skrântärna att temporärt kunna påverkas av vågbrytare och sandfyllning vid Ystad Sandskog till följd av bytesdjur (småfisk) temporärt kan fly undan där vågbrytare och sand läggs ut vid arbetenas utförande. Det kan också vid Ystad Sandskog bli en marginell areell påverkan av sublittorala sandbankar till följd av vågbrytare och temporär areell påverkan inom fyllnadsområdet vid utläggning sanden. Det är dock endast den ytaktiva botten med trivial och artfattig biotops som berörs. Denna bedöms återhämta sig snabbt. Vid Ystad Sandskog bedöms att lokal skyddsverkan kan förväntas till följd av den reducerade erosionen på vandrande sanddyner med sandrör (vita dyner, permanenta dyner med örtvegetation, grå sanddyner), trädklädda sanddyner och gräsmarkssanddyner med borsttåtel och rödven till följd av vågbrytare och sandfyllning.

Ytterligare inverkan som beaktats är högört-ängar, bokskog av fryletyp, äldre ekskog på sura, sandiga marker, skogsbevuxen myr, ettårig vegetation på driftvallar, torra hedar, sandstäpp, kalkgräsmarker, sandnejlika, bivråk, fältpiplärka, Kentsk tärna, myrspov, nattskärta, spillkråka, trädlärka och mellanskarv för vilka ingen negativ påverkan kan förväntas vare sig till följd av vågbrytare eller sandfyllning.

12 BESLUTSUNDERLAG FÖR FÖREBYGGANDE OCH ANPASSNINGÅTGÄRDER

Som beskrivits tidigare i denna rapport finns längs hela kusten vid Ystad Sandskog risker för skador till följd av erosion och översvämning vid dagens förhållanden och dessa risker kommer att öka till följd av klimatförändringar. Redan nu behöver vissa åtgärder utföras medan andra kan utföras vid ett senare tillfälle, då sannolikt bättre kunskap finns om klimatförändringar. Det innebär att man kan anpassa förstärknings- och anpassningsåtgärder och successivt öka skyddet mot erosion och översvämning. I vilken omfattning och för vilka tidsperspektiv som anpassningsåtgärder ska vidtas behöver studeras mer detaljerat.

För att undvika oönskade skador på kustområdena har i denna utredning föreslagits att strandfodring utförs för att säkerställa stränder och dynområden. Strandfodring bör utföras på strandplanet och i grunda vattenområden för att ersätta och kompensera för den erosion och sedimentförlust som har skett de senaste åren och som kan förväntas fortsätta under perioden fram till 2100.

Befintliga dyner behöver kompletteras där dyner saknas och på vissa avsnitt behöver även dynernas höjd ökas. Dyner kommer också att erodera och därför behöver dessa kompletteras regelbundet under kommande år.

Den samhällsekonomiska analysen visar att nyttan av investeringarna överstiger kostnaderna för dessa.

Föreslagna åtgärder innebär förändringar av den naturliga miljön men i huvudsak kommer effekterna att leda till att ursprungliga förhållanden kommer att återskapas.

13 SAMMANFATTANDE KOMMENTARERER

Denna utredning har varit en tillämpning av en arbetsmodell för hållbar utveckling av strandnära områden som framtagits i ett utvecklingsprojekt. Slutsatser och erfarenheter från kuststräckan längs Ystad Sandskog kommer att sammanställas tillsammans med andra praktikfall i en sammanfattande rapport.

I denna rapport redovisas översiktligt förhållanden vid Ystad Sandskog i dagens läge och med utblickar mot de klimatscenarier som anges för år 2100. Avsikten har varit att översiktligt identifiera sårbarhet och utsatta områden längs kusten samt att ge förslag till åtgärder för att skydda kusten mot skador. Stora delar av denna analys utgörs av en sammanställning av tidigare utredningar.

I denna översiktliga utredning har konstaterats att det för kuststräckan vid Ystad Sandskog finns risker för naturolyckor av typen erosion och översvämning, för dagens klimat och i ökad utsträckning till följd av klimatförändringar.

Som underlag för framtida planering och vid anpassning och skydd av befintlig bebyggd miljö behöver mer detaljerade studier göras av utsatta områden. Angivna riskzoner och höjder får inte användas som absoluta gränser utan är generella riktlinjer för de olika delområdena.

De riskområden och förslag som redovisas i rapporten kan ligga till grund för kommunens fortsatta arbete med att skydda strandnära områden vid Ystad Sandskog. För en närmare analys av angivna riskområden och för bedömning av erforderliga åtgärder erfordras mer detaljerade uppgifter om de topografiska förhållandena, särskilt höjder på dynen och markområdena bakom dynerna. Det program för att mäta batymetriska förhållanden som kommunen arbetar efter ger bra förutsättningar att bedöma erosion och sedimenttransport. Scenarier för klimatförändringar kommer successivt att få ökad noggrannhet, vilket ger bättre underlag för bedömning av anpassningsbehov för den bebyggda miljön.

STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

Avdelningen för geoplanering och klimatanpassning

Bengt Rydell
Uppdragsledare

Karin Lundström

14 REFERENSER

Bruun, P. (1962). Sea level as a cause of shore erosion. Journal of Waterways and Harbour Division. Vol 1. American Society of Civil Engineers, pp 116-130.

Dahlerus, C.-J., Egermayer, D. (2005). Uppspolning och klittererosion längs Ystads kusten – Situationen idag och framtida scenarier. Examensarbete ISRN LU:2005:11. Avdelningen för Teknisk Vattenresurslära. Lunds tekniska högskola. Lund.

Eriksson, A-S, Persson, M. (2005). Managing European Shorelines and Sharing Information on Nearshores Areas (MESSINA), Case study – Final Draft. Socio-economic Study – Ystad Sandskog, Component 3 Valuation of the Shoreline Messina Project, Ystad 2005

EuroSION (2004). Living with coastal erosion in Europe. Sediment and Space for Sustainability, part 1 to 5_8.b. <http://www.euroSION.org> , 2009-09-02

Hanson, H. (2007). Profilmätningar vid Löderups Strandbad och Ystad Sandskog. Teknisk Vattenresurslära. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Hanson, H. (2008). Profilmätningar vid Löderups Strandbad och Ystad Sandskog. Teknisk Vattenresurslära. Lunds Tekniska Högskola, Lunds Universitet.

Hansson, H., Rydell, B., Andersson, M. (2006). Strandfodring. Skydd av kuster mot erosion och översvämning, SGI Varia 562,

Hågeryd, A-C. et al (2005). Strandmorfologi. Studie av kuststräckan från Ystad till Sandhammaren. SGI Varia 554.

Larson, M., Hanson, H. (1992). Analys av klimatologiska och hydrografiska data för Ystadbukten. Rapport 3159. Institutionen för teknisk vattenresurslära. Lunds tekniska högskola. Lund.

Larson, M., Erikson, L., Hanson, H. (2004). An analytical model to predict dune erosion due to wave impact. Coastal Engineering 51.

Länsstyrelsen Skåne (2009). Naturguiden - en sammanställning av 215 intressanta naturområden runt om i Skåne.

http://www.lansstyrelsen.se/skane/Om_Lanet/Naturguiden , 2009-09-02

Messina (2007). Managing European Shorelines and Sharing Information on Nearshore Areas. www.interreg-messina.org , 2009-09-02)

Nerheim, S. (2007). Framtida medel- och högvattenstånd i Skåne och Blekinge. SMHI rapport 2007-53. Norrköping.

Nilsson, L. (2004). Erosionsrapport över kusten i Ystad kommun. En nulägesbeskrivning av erosionsituationen i Ystad kommun. Ystad kommun, Teknik och fastighet.

Persson, M. (2008). Utvärderingsmodeller för områden med kusterosion. ISRN LUTVDG/TVBP—08/3095—SE. Lunds Universitet. Lund.

Rankka, K., Rankka, W., (2003). Mekanismer vid stranderosion. SGI Varia 533. Statens geotekniska institut. Linköping.

Rydell, B., Nyberg, H. (2006). Mätning av bottenpografi och kustlinjer med laserbaty-metri. Pilotstudie. SGI Varia 563.

SGI (2006). Värdering av kustområden. Vägledning för samhällsekonomiska analyser. SGI Varia 566. Statens geotekniska institut. Linköping.

Sverige inför klimatförändringarna – hot och möjligheter. Klimat- och sårbarhetsutredningen. SOU 2007:60.

SWECO (2005). PM rörande påverkan av kustskyddsåtgärder och sandtäkt till havs på Natura 2000 områden i Ystads Sandskog och Löderups Strandbad, PM 2005-02-04.

Ystads kommun (2005). Översiktsplan 2005 för Ystads kommun. Ystads kommun.

Ystads kommun (2008). Policy för förvaltning och skydd av kusten. Ystads kommun.

BILAGA 1

Utdrag ur Bilaga B 14 till Klimat- och sårbarhetsutredningens slutbetänkande (SOU 2007:60. Översiktlig sårbarhetsanalys för översvämning, skred, ras och erosion i bebyggd miljö i ett framtida klimat. Bilaga B 14. (1997). Sverige inför klimatförändringarna. Slutbetänkande från Klimat- och sårbarhetsutredningen.)

Åtgärder för skydd mot erosion och översvämning

Det är inte möjligt att ange kostnader för anpassning och åtgärder för att skydda mot erosion för alla hotade områden längs den svenska havskusten. Därför redovisas nedan olika möjligheter till kustskydd och kostnader för dessa.

Det finns olika åtgärder som kan vidtas för att begränsa och förhindra erosion och eventuellt tillhörande översvämning av kustområden. I flera fall finns ett naturligt skydd i form av t.ex. dyner/klitter, som ibland kan behöva förstärkas. Syftet med ett kustskydd/erosionsskydd är att:

- utgöra en barriär mellan vattnet och det erosionskänsliga/erosionsbenägna strandmaterialet;
- dämpa energin i vågor och strömmar innan de når stränderna, varvid möjligheten minskar för vatten och vågor att erodera strandmaterialet;
- styra vattenströmmar och sedimentströmmar så att en önskvärd transport och sedimentation sker av material;
- förhindra att vatten översvämmar byggd miljö och andra landområden.

Exempel på kustskydd är:

- Strandskoning, sponter och kajliknande konstruktioner
- Strandfodring (artificiell sandtillförsel)
- Vågbrytare
- Förstärkning av naturliga kustskydd (dyner eller bukter mellan uddar)
- Hövder
- Vegetation
- Stranddränering

För att uppnå så god effekt som möjligt kombineras ofta olika typer av erosionsskydd med varandra. Vilken typ av kustskydd som väljs i varje enskilt fall beror på flera tekniska, ekonomiska och miljömässiga faktorer som måste vägas samman till en helhet.

Nedan beskrivs kortfattat olika typer av kustskydd och deras funktion samt storleksordning av kostnader för svenska förhållanden. Kostnadsuppgifterna avser svenska förhållanden och är angivna i 2006 års prisnivå.

Strandskoning

Strandskoning är ett samlingsbegrepp för olika typer av konstruktioner som uppförs på stränder som är utsatta för erosion, särskilt där vångreppen är svåra. Strandskonings primära funktion är att skilja land och vatten och därigenom begränsa vågors och strömmars möjligheter att erodera stränder och dynbildningar. Dessutom skyddar strandskoningar mot jordskred och ras. Strandskoningen kan antingen placeras direkt på slänten ned mot vattnet eller utföras vertikalt i form av stödmurar eller kajer.

Den vanligaste typen av strandskoning utgörs av block eller sprängsten som placeras ut längs stranden. Konstruktionen utförs oftast som ett så kallat omvänt filter. I vissa fall används betongplattor, betongmattor, gabioner, betongmurselement eller i en enklare form sandfyllda säckar. Användningen är dock begränsad ur den aspekten att det är önskvärt att bevara stora delar av

den strandlinje som är utsatt för erosion, antingen från turistsynpunkt (badstränder), ur miljösynpunkt (växt- och djurliv) eller från estetisk synpunkt.

Kostnaderna för strandskoning varierar mellan 800-1200 kr/m².

Strandfodring

Det mest naturliga sättet att skydda stränder mot erosion och därav risk för översvämning är att återställa en eroderande strand till sitt ursprungliga utseende, alternativt till ett annat önskvärt utseende, genom att tillföra sand, strandfodring. Sanden kan utvinnas ur tåkter i havet eller på land. Strandfodring är en metod som följer de naturliga processerna och är den helt dominerande kustskyddsmetoden internationellt. Metoden kan utföras som fristående åtgärd eller i kombination med andra åtgärder, t.ex. hövder eller friliggande vågbrytare.

Kostnaderna för strandfodring är starkt volymberoende och varierar beroende på avståndet till tåkter i havet eller på land. Utifrån utländska erfarenheter varierar kostnaden mellan 40-100 kr/m³.



Figur A. Strandfodring. (Foto: Peter Butijin)

Vågbrytare

Vågbrytare används för att minska kraften från vågor och därmed riskerna för erosion och översvämning. Friliggande vågbrytare är konstruktioner som placeras en bit ut från och i huvudsak parallellt med kustlinjen. Genom att vågbrytarna anläggs utanför stranden skyddar de en längre kuststräcka än vad motsvarande konstruktion placerad i strandlinjen skulle ha gjort. Vågbrytare byggs oftast upp av sprängsten och kan med fördel kombineras med andra typer av kustskydd, som t.ex. strandskoning eller strandfodring.

Kostnaderna för vågbrytare varierar beroende på omfattning och vattendjup. Som exempel kan anges vågbrytare av sprängsten som anlagts i Ystad Sandskog under 2006 med kostnaden 1 250 000 kr för 50 m längd och ca 3 m vattendjup.



Figur B. Vågbrytare. (Foto: Kystdirektoratet, Danmark)

Förstärkning av naturliga kustskydd

I vissa bukter som har karaktäristisk form och är uppbyggda av lösa sediment mellan uddar av utstickande stenpartier, rev eller andra byggda konstruktioner, är det balans mellan erosion och ackumulation av sediment. Sådana bukter utbildas under mycket lång tid och åtgärder kan behöva vidtas för att komplettera de naturliga förhållandena. Om naturliga erosionsbeständiga uddar saknas i kustlandskapet, kan t.ex. strandskoning eller vågbrytare anläggas för att åstadkomma samma effekt.

Kostnaderna för sådana åtgärder beror på de lokala förhållandena och är därför inte möjliga att ange.

Hövder

En hövd är en konstruktion som utbyggs från stranden och vinkelrätt ut i vattnet. På uppströmsidan av hövden kommer material att ansamlas, medan material kommer att eroderas på nedströmssidan. Stranden kommer att byggas upp successivt och strandlinjen flyttas ut mot hövdens ytterände. En mindre mängd material än tidigare kommer att passera förbi hövdens ytterände, vilket medför att det uppkommer erosion på nedströmssidan.

Kostnaderna för hövder varierar mellan 10 000-20 000 kr/m för enklare stenhövder upp till 30 000-40 000 kr/m för hövder som samtidigt används som bryggor.



Figur C. Hövder för stabilisering av en kuststräcka . (Foto: Kystdirektoratet, Danmark)

Vegetation

Ett vegetationstäckes på naturliga eller konstgjorda sanddyner ger en avsevärt ökad motståndskraft mot erosion. Till skillnad från många av de andra erosions-/kustskydden behövs en viss tid för vegetationen att få full effekt eftersom växterna måste etableras på platsen. Under etableringstiden är skyddet relativt känsligt för påverkan och skador. Det är lämpligt att välja olika typer av växter med olika behov av etablering så att de kompletterar varandra och kan utgöra ett komplett skydd.

Kostnaderna för vegetation beror på typ av växtlighet, som exempel uppgår kostnaden för klitteruppbyggnad (armerad sandvall med plantering) till 200 kr/m².

Övriga metoder

Det finns ytterligare ett antal metoder som hittills endast tillämpats i begränsad utsträckning:

Dräneringssystem

När vågor bryter mot stranden blir uppskölningszonen och delar av strandplanet snabbt vattenmättade, varvid nästan lika mycket vatten kommer att strömma ned som upp på strandplanet och att strandplanet börjar erodera. Syftet med dränering av strandplanet och uppskölningszonen är att öka sandens infiltrationsförmåga genom att dränera ut överskottsvatten så att grundvattennivån i strandplanet sänks. Dräneringen gör att mindre vatten strömmar tillbaka ned utmed strandplanet och därigenom stabiliseras strandplanet. För att fungera erfordras att vatten pumpas ur dräneringsrören. Dräneringsledningar kan förläggas horisontellt eller vertikalt på stränderna.

Kostnaderna för dräneringssystem utgörs av dräneringsledningar och pumpanläggningar. Exempelvis uppgår kostnaden för en 200 m kustdränering med pumpstation till 1 500 000 kr.

Styrning av strömmar med fenor

Genom att styra eller reglera vattenströmmarna kan gynnsammare erosionsförhållanden åstadkommas. Ett sätt att göra detta är att placera ”fenor” med en speciell form på botten. Fenorna har en flexibel infästning i förankringen så att deras orientering kan ändras i takt med att strömriktningen varierar. Metoden är ännu så länge inte färdigutvecklad för svenska förhållanden och några kostnadsuppgifter är inte tillgängliga.