Skånes känsliga stränder – erosionsförhållanden och geologi för samhällsplanering

Kärstin Malmberg Persson, Johan Nyberg,
Jonas Ising & Lars Rodhe

september 2016

SGU-rapport 2016:17

SGU
Sveriges geologiska undersökning
Geological Survey of Sweden

Omslagsbild: Den långa sandstranden vid Kabusa på Skånes sydkust. Foto: Elisabeth Magnusson.

Kontaktpersoner:
Kärstin Malmberg Persson,
avd Samhällsplanering – Georisker och klimat.
Johan Nyberg,
avd Samhällsplanering – Marin miljö och planering.

Sveriges geologiska undersökning
Box 670, 751 28 Uppsala
tel: 018-17 90 00
fax: 018-17 92 10
e-post: sgu@sgu.se
www.sgu.se

INNEHÅLL

Sammanfattning **5**

Inledning **6**
Information, databaser, kartvisare 6
En stigande havsnivå 7

Stranderosion runt Skånes kust **7**
Faktorer som påverkar erosionen, processer i strandzonen 7
Transport med vågor 8
Transport längs stranden 8
Klintkust 9

Kustens känslighet för stranderosion **10**
Hur har andra gjort? 10
SGUs metod 10
Förutsättningar för bedömning av stranderosion 10
Metodik för bedömning av erosionsförhållanden runt Skånes kust 11

Resultat – strandtyper och erosionsförhållanden **20**
Strandtyper och erosionsförhållanden längs Skånes kust 20
Valjeviken–Åhus 20
Hanöbukten – från Åhus till Kivik 20
Kivik–Sandhammaren 22
Sandhammaren–Löderup–Ystad 23
Ystad–Kämpinge 26
Falsterbohalvön 28
Kusten söder om Malmö 30
Lommabukten–Barsebäck–Lundåkrabukten 32
Ven 33
Hildesborg–Rydebäck 34
Helsingborg–Kullen 34
Kullen 34
Skälderviken 35
Bjärehalvön, Laholmsbukten och Hallands Väderö 36

Beskrivning av geologin runt kusten **36**
Berggrund 36
Berggrund på havsbotten 38
Jordarter 39
Morän 39
Isälvssediment 40
Glacial grovsilt–finsand 42
Glacial lera och glacial silt 42
Klapper 43
Postglacial grus och sten 43
Postglacial sand och grus 43
Postglacial finsand 45
Flygsand 45
Postglacial lera, gyttjelera och lergyttja på havsbotten 46
Torv och gyttja på land 47
Svämsediment 48
Marsk och tunna torvlager på sand eller morän 48
Fyllning 48

Övrig information som insamlats i fält 49
Lagerföljder 49
Brant med aktiv erosion 49
Erosionsskydd 49
Morfologi 50
Jordskred och raviner 50
Strandhak 51
Jordlagrens mäktighet 51
Övriga maringeologiska informationskikt 52
Terrängmodell (batymetri) 52
Backscatter 53
Ytsubstrat 57
Erosions- och ackumulationsförhållanden 57
Bottenströmexponering 57
Hur används kartorna? **58**
Slutsatser och diskussion **59**
Referenser **60**

SAMMANFATTNING

För att kunna beskriva de geologiska processer som är aktiva i strandzonen och bedöma ströndernas erosionskänslighet krävs detaljerad geologisk information om strandzonen, både på land och på havsbotten. I denna rapport presenteras resultaten av undersökningar från projektet Skånestrand, där huvudsyftet varit att beskriva erosionsprocesser och bedöma förutsättningar för stranderosion längs Skånes kust.

Längs Skånes stränder sker erosion främst genom två olika processer: borttransport av framför allt sand och grus från stranden med vågor och strömmar, vilket kännetecknar erosion på flacka sandstränder, samt genom ras och skred vid klintkuster i branter med efterföljande borttransport av material från stranden. De faktorer som påverkar erosionsprocessen och dess omfattning är typen av jordart och bergart, sedimentbudget som påverkas av områdets sedimentdynamik, graden av exponering samt terrängförhållanden både på land och på havsbotten. Stranderosion sker huvudsakligen vid högvatten i kombination med starka vågor, ofta i samband med stormar under höst och vinter.

En detaljerad geologisk kartläggning av Skånes havsstränder och strandnära havsbotten utgör det primära underlaget för bland annat bedömning av erosionsförutsättningar. Vid denna kartläggning dokumenterades också branter med aktiv erosion längs stränderna. Även hårda erosionsskydd kartlades. Sådana förekommer längs fem procent (cirka 30 km) av Skånes cirka 560 km långa kuststräcka.

Vi har också gjort en översiktlig analys av flygfoton från olika år för att kvantifiera strandlinjens förändring i meter sedan 1939–40 längs Skånes kust.

Vi har utarbetat en metodik för bedömning av erosionsförutsättningarna längs Skånes kust. Dessa skiftar starkt på grund av de stora variationerna i geologi, topografi och exponering för vågor och strömmar. Metodiken kan användas för de flesta kusttyper som finns i Sverige. Vi har delat in kusten i delsträckor med likartade förhållanden. Sträckorna har sedan fått attribut enligt två olika principer. Den första kallar vi strandtyper och erosionsförhållanden, vilket innebär en kvalitativ karaktärisering av stränderna efter geologiska och topografiska förutsättningar samt sedimentdynamik. Den andra kallar vi erosionskänslighet (erosionsindex), vilket innebär en klassificering av strandzonens känslighet för erosion baserad på ett antal parametrar. Vi har även gjort en bedömning av hur erosionsförhållandena kan komma att vara vid en höjd havsnivå på cirka en meter.

Den vanligaste strandtypen är sand- och grusstränder med växelvis erosion och ackumulation, men i balans sett i ett längre tidsperspektiv (175 km; 31 procent av kuststräckan). Enligt den indelning vi gjort i strandtyper förekommer stark erosion på 7 procent av Skånes kust (39 km) och långsam erosion på 5 procent av kusten (28 km). Sett i ett internationellt perspektiv är problemen med stranderosion små i Skåne, med undantag av stranden vid Löderup som har eroderats sedan mitten av 1800-talet. Sandhammaren präglas för närvarande av pålagring av sand, men perioder av stark erosion har också förekommit.

Informationen från projektet åskådliggörs i kartform i kartvisaren Skånestrand på SGUs webbplats (www.sgu.se) och kan erhållas som datamängd från SGU.

INLEDNING

Stranderosion är ett påtagligt problem på många håll i sydligaste Sverige och problemet kan förväntas bli större i takt med en stigande havsnivå. I SGUs uppdrag ingår att ta fram geologisk information för samhällsplanering på regional och lokal nivå för effektiv, säker, klimatanpassad och långsiktigt hållbar mark- och havsbottenanvändning.

För att kunna beskriva de geologiska processer som är aktiva i strandzonen och bedöma strändernas erosionskänslighet krävs detaljerad geologisk information om strandzonen, både på land och på havsbotten. I projekt Skånestrand har SGU därför tagit fram ett geologiskt underlag för Skånes kust med detta syfte. Fältarbetet på stränderna gjordes 2012–2013. Den maringeologiska undersökningen gjordes 2012–2014. Det marina fältarbetet utfördes under höstarna för att den bottenbeklädda vegetationens största utbredning under året skulle kunna detekteras med hydroakustiska metoder. I den första rapporten från projektet (Malmberg Persson m.fl. 2014) beskrivs översiktligt bakgrund och metodik och där redovisas även de första resultaten från projektet.

I samband med fältarbetet på land gjordes också en klassning av stränderna för oljesanering. Metodik och resultat av denna undersökning beskrivs också av Malmberg Persson m.fl. (2014).

I den här rapporten presenteras resultaten av undersökningarna gällande erosionsprocesser och förutsättningar för stranderosion längs Skånes kust. De delar av den insamlade informationen som har betydelse för stranderosion visas i kartvisare på SGUs webbsida (www.sgu.se) och går även att beställa där. Där finns också en samlad bedömning av erosionsförhållanden längs kustlinjen, baserad på geologiska förhållanden, samt prognoser för hur erosionsförhållandena kan antas bli vid en framtida höjd havsnivå.

I kapitlet *Beskrivning av geologin runt kusten* beskrivs den geologiska utvecklingen och dagens geologiska förhållanden i Skånes kustområden. Här förklaras även många av de geologiska begrepp som används i rapporten.

Förutom för bedömningar av erosionskänslighet kan informationen användas i arbetet med klimatanpassning, för fysisk planering av kustzonen och för frågor om mark- och bottenanvändning. Informationen är i första hand tänkt att användas av Skånes kustkommuner och Länsstyrelsen i Skåne län, men kan även användas av andra aktörer för olika analyser, till exempel Hav- och Vattenmyndighetens (HaV) och Vattenmyndigheternas arbete med förbättring av havs- och vattenmiljö, Statens geotekniska instituts (SGI) kartering av sårbarhet för stranderosion och Sveriges meteorologiska och hydrologiska instituts (SMHI) arbete med hav och klimat. För en mer detaljerad beskrivning av det maringeologiska underlaget och dess användande hänvisas till Nyberg m.fl. (pågående arbete).

I projekt Skånestrand har SGU utarbetat en metodik för bedömning av erosionsförutsättningar för stränderna längs Skånes kustlinje. Dessa skiftar starkt på grund av de stora variationerna i geologi, topografi och exponering för vågor och strömmar. Metodiken kan användas för de flesta kusttyper som finns i Sverige och SGU planerar att fortsätta med liknande undersökningar i andra områden där stranderosion är eller kan förväntas bli ett problem, bland annat i Halland och i delar av Blekinge.

Information, databaser, kartvisare

Informationen från projekt Skånetrand finns samlad i kartvisaren Skånestrand (www.sgu.se). Datamängderna kan också fås från SGUs kundtjänst, telefon 018-17 90 00, kundservice@sgu.se. Informationen erhålls utan kostnad för Skånes kustkommuner och Länsstyrelsen i Skåne län. Informationen finns också tillgänglig som WMS-tjänster (www.sgu.se) och från www.geodata.se

I en gemensam kartvisningstjänst och vägledning har SGU, SGI, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), SMHI och Lantmäteriet (LM) sammanställt information som berör bland annat ras, skred och stranderosion (www.swedgeo.se, under Samhällsplanering & Säkerhet, Planeringsunderlag). Tjänsten kommer att kompletteras med mer information.

En stigande havsnivå

FNs klimatpanel IPCC (*Environmental Panel on Climate Change)* publicerade sin vetenskapliga rapport om klimatförändringar år 2013 (www.ipcc.ch). Enligt den höjs havsytan för närvarande cirka 3,2 mm per år (2,8–3,6 mm per år). Enligt SMHIs klimatanalys för Skåne län (Persson m.fl. 2011) beräknas extremvattenståndet år 2100 variera mellan 2,15 m och 2,60 m över nuvarande havsyta.

I detta sammanhang kan nämnas att tillfälliga vattenståndshöjningar i samma omfattning (storleksordning), så kallade sjösprång eller havssprång, har inträffat tidigare i samband med extrema vädersituationer med hård pålandsvind och lågt lufttryck. Ett sådant sjösprång inträffade julen 1902 vilket bland annat ledde till att fastigheter en halv kilometer innanför kusten i Halmstadsområdet dränktes. Havsnivån nådde då 2,06 m över medelvattenståndet i Lomma. Ett annat exempel är Backafloden i november 1872 som drabbade Skånes sydkust hårt. Havsnivån nådde 3,6 m över medelvattenståndet i Abbekås.

För Sveriges kuster kommer en stigande havsnivå att motverkas av landhöjningen. Denna beror på att landet var nedpressat av inlandsisens tyngd under den senaste istiden och långsamt håller på att höja sig. Den största landhöjningen sker vid Västerbottens kustland. I sydligaste Sverige har dock landhöjningen avklingat och är nära noll. Något söder om Skåne har den ersatts av en landsänkning (Hansen m.fl. 2012).

En stigande havsnivå medför flera olika problem i Skåne: översvämning av låglänta områden, stranderosion samt saltvatteninträngning i grundvattnet i kustnära områden. Detta leder till förändrade förutsättningar för samhällsplaneringen, inte minst i kustzonen.

Vid en stigande havsnivå är översvämning av låglänta områden en av de allvarligaste konsekvenserna. De områden som riskerar att översvämmas redovisas i kartvisaren Skånestrand (www.sgu.se) för nivåerna +1 m, +1,5 m, +2 m och +3 m. I denna studie har vi dock endast undersökt strändernas erosionskänslighet.

STRANDEROSION RUNT SKÅNES KUST

Faktorer som påverkar erosionen, processer i strandzonen

Strandzonen delas ofta in i yttre och inre strandområdet. Det yttre strandområdet sträcker sig från strandlinjen ut på havsbottnen till det djup där vågorna inte längre påverkar botten. Det inre strandområdet sträcker sig från strandlinjen till haket vid dynernas eller klintens fot. Det inre strandområdet har en yttre del som påverkas av vågsvall och en inre del som bara påverkas vid storm eller extremt högvatten (Norrman 1967). På gränsen mellan dessa delar finns ofta en strandvall.

Erosion definieras som nedbrytning av berg och jord samt borttransport av nedbrytningsmaterialet. Vid stranderosion förs sedimenten bort av vågor, strömmar och vind. Vilka processer som bidrar och hur stark erosionen är bestäms av ett samspel mellan vind, vågor, havsströmmar, geologiska förhållanden samt topografi över och under havsytan. Människans anläggningar, till exempel hamnar och olika typer av erosionsskydd, kan också ha stor påverkan på erosionen genom att detta samspel förändras.

Stranderosion kan indelas i tillfällig (akut) erosion och långsiktig (kronisk) erosion. Akut erosion sker vid högvatten i kombination med starka vågor, ofta i samband med stormar under höst och vinter. Sandstränderna är ofta smala och dynerna (klitterna) har tydliga erosionsbranter under denna tid. Stränderna byggs sedan upp under sommarhalvåret. Detta kännetecknar många stränder runt Skånes kust, till exempel längs Kämpingebukten. Kronisk erosion innebär att mer sediment förs bort genom transport längs kusten på havsbottnen än vad som tillförs i ett längre tidsperspektiv. Stranden vid Löderup är ett typiskt exempel på detta.

Transporten av sediment på stränderna kännetecknas som regel av omväxlande erosion och ackumulation (pålagring), det vill säga periodvis försvinner sediment från stränderna, periodvis avsätts nya sediment och stränderna blir bredare. Strandsedimentens sammansättning kan också variera med årstiderna; en strand som domineras av finkornig sand på sommaren kan vara en stenig grusstrand under vintern.

Det är främst kornstorleken som avgör hur erosionsbenägen en jordart är. De partiklar som lättast sätts i rörelse av strömmande vatten och vågor är mellansand–finsand. Hos finkornigare jordarter som silt och framför allt lera hålls partiklarna samman av kohesionskrafter (attraktion mellan partiklarna), vilket gör dessa jordarter mer svåreroderade än fin–mellansand. För partiklar större än mellansand gäller att ju större kornen är, desto större energi krävs för att vågorna ska kunna sätta partiklarna i rörelse. Stränder med grus och sten är därför mindre erosionskänsliga än sandstränder.

Transport med vågor

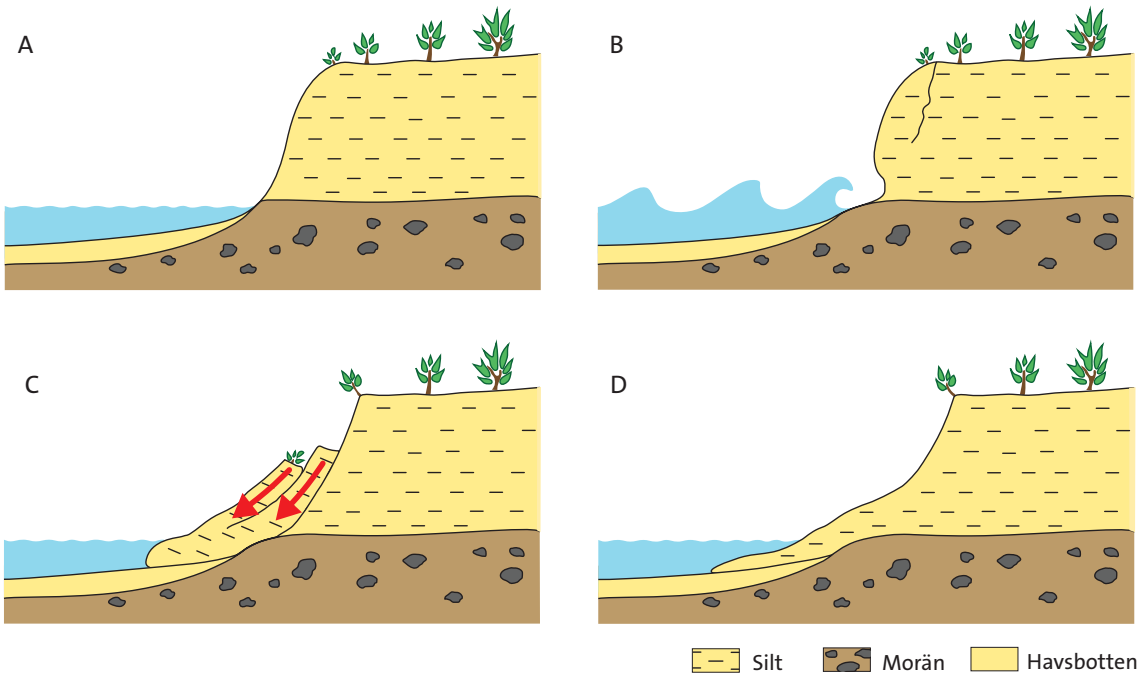
Längs Skånes stränder sker erosion genom olika processer. Den första typen är karaktäristisk för de flesta sandstränder. Där sker, med hjälp av vågorna, en transport av bottenmaterial vinkelrätt mot stranden. Vattenpartiklarna rör sig i cirkulära banor i vattenvågor. I vågtoppen rör sig vattnet med vågens rörelseriktning och i vågdalen mot densamma. När en våg rör sig mot stranden inträffar alltså den maximala påkänningen av bottnen (bottenstressen) två gånger: när vågtoppen passerar framåt och vågdalen passerar bakåt. Detta innebär att sediment rör sig framåt (mot stranden) under vågtoppen och bakåt (från stranden) under vågdalen. Under vågtoppen förekommer relativt starkare bottenströmmar, vilket gör att det finns möjlighet för grövre partiklar att transporteras mot land som bottentransport, och även för finare sediment att transporteras mot land i suspension, det vill säga i vattenmassan. Under vågdalen förekommer en relativt svagare bottenström, men under en längre tidsperiod, vilket innebär att finare sediment transporteras ut från stranden. Detta resulterar i en nettotransport av grövre sediment mot land och en nettotransport av finare sediment ut mot havet (Wright & Short 1984, Brown 2013).

Stormvågor är branta, korta, brytande vågor som resulterar i en nettotransport av sediment från stranden till skillnad från mindre, icke-brytande, långa vågor, till exempel dyningar, som kan resultera i en nettotransport av sediment till stranden. Ju mindre lutning på bottnen, desto längre tid tar det för stormvågen att bryta, vilket innebär att energin i vågen och vattnet finns kvar längre och därigenom orsakar en större kraft i transporten av sediment från stranden. Detta innebär att en flackare lutning av bottnen resulterar i att stormvågor innehåller en större energi när de når stranden och därför har möjlighet att orsaka en kraftigare erosion än stormvågor som fortplantar sig över en botten med större lutning; de bryts och förlorar en del energi innan de når stranden (Wright & Short 1984, Brown 2013).

Transport längs stranden

Den materialtransport som sker längs stranden är mycket större än den som sker vinkelrätt mot stranden. Strandparallella strömmar kan transportera stora mängder sediment och även erodera havsbottnen. Det är dessa strömmar som främst orsakar stranderosion och igensandning av till exempel hamnar.

Den strand som utsatts för den mest påtagliga erosionen i nutid längs Skånekusten är stranden vid Löderup, Ystads kommun. Här råder en negativ sedimentbudget, det vill säga att mer sediment eroderas och förs bort från havsbottnen och stranden än vad som tillförs. Orsaken till denna erosion är Löderups exponerade läge för vågor och vind, samt att det i havsbottenytan väster om Löderup förekommer mestadels grövre material som ligger kvar och inte transporteras med de östgående strömmarna. Mängden sand som där transporteras är för liten för att tillförseln ska



Figur 1 A–D. Principskiss för erosion av en kustklint där jordlagren utgörs av siltiga sediment ovanpå morän (A). Vid högvatten och höga vågor undermineras klinten (B) och de siltiga sedimenten skredar ner på stranden (C). Det material som hamnat nere på stranden kommer efterhand att sorteras och transporteras bort av vågorna (D). Illustration: Kärstin Malmberg Persson och Tone Gellerstedt.

kunna balansera Löderups sedimentbudget. Nettotransporten av sediment längs stranden och längre ut på havsbottnen utanför Kåseberga och Löderup verkar ske huvudsakligen åt öster, sannolikt beroende på en förhärskande västlig vind. Sedimenten transporteras dels strandnära till Sandhammaren, där de ackumuleras och successivt gör stranden bredare, dels längre ut på havsbottnen till Sandhammar bank. En betydande del av sedimenttransporten i området är flygsandtransport på land från Löderup mot Sandhammaren med de dominerande västliga vindarna, se även avsnittet ”Ystad–Löderup–Sandhammaren” nedan.

Klintkust

En annan typ av erosion sker längs de klintkuster som är vanliga längs delar av Skånes västkust, runt Ven och på östkusten norr om Vik. Klintar uppstår där den kustnära terrängen ligger betydligt högre än havsytan och det geologiska materialet utgörs av lösa sediment eller lätteroderad berggrund. För att klintar i jord ska uppstå krävs vanligen att sedimenten har ett betydande inslag av kohesionsmaterial. De vanligaste jordarterna i klintarna vid Skånekusten är lerig morän, moränlera och leriga-siltiga-finsandiga issjösediment.

Klintarna eroderas genom att ras och skred sker i branterna. Dessa processer initieras genom att den undre delen av klinten eroderas av vågor, framför allt vid stormar. På så sätt undermineras klinten och ras och skred kan inträffa direkt eller efter en tid (fig. 1). Grundvatten som tränger fram i klinten kan påskynda processerna. Det material som rasar ner på stranden kommer efterhand att bearbetas, sorteras och transporteras bort av vågorna. Denna typ av erosion är irreversibel i den meningen att klintens övre del, där markplanet börjar, oundvikligen rycker tillbaka. Själva stranden kan dock tillfälligt bli bredare på grund av de nedrasade jordmassorna. För närvarande är denna process relativt långsam längs Skånes kust.

KUSTENS KÄNSLIGHET FÖR STRANDEROSION

Hur har andra gjort?

Klassificering av kuster efter erosionskänslighet har gjorts på många håll i världen, till exempel i Danmark, där Kystdirektoratet presenterar en kartvisare som visar sträckor med kronisk och akut erosion, samt en mängd olika data om förhållanden längs kusten (Kystdirektoratet 2013). Bedömningen av stranderosionen baseras på en jämförelse mellan strandlinjen från 1897 i topografiska kartor och strandlinjen från 2003, på beräknad sedimenttransport parallellt med kusten samt på bedömning av vågpåverkan in mot kusten.

Vid bedömning av erosionskänslighet på olika håll i världen har man vanligtvis utgått från kustens egenskaper, till exempel geologiska förhållanden, terrängformer och batymetri (vattendjup), men även bedömt faktorer som kan påverka erosionen, såsom våghöjd, dominerande vindriktning och förväntad havsnivåhöjning. De olika parametrarna har delats in i ett antal klasser och slutligen har dessa viktats och ett index för erosionskänslighet har beräknats (se till exempel Gornitz m.fl. 1991, Shaw m.fl. 1994, Ramieri m.fl. 2011 och Catto 2012).

I Sverige har SGI gjort en översiktlig bedömning av förutsättningarna för stranderosion längs landets kuster (Rydell m.fl. 2004). SGI utvecklar för närvarande en modell för att kartera erosionsrisker där man även bedömer samhällets sårbarhet för erosion, det vill säga effekter på bebyggelse och infrastruktur (Rydell m.fl. 2012).

SGUs metod

Huvudsyftet med de geologiska undersökningarna runt Skånes kust har varit att väga samman all insamlad information och att göra bedömningar av strändernas erosionsförhållanden och känslighet för erosion med den havsnivå och de sedimenttransportsystem som är rådande idag. Den samlade bedömningen presenteras i kartform med en indelning av kustlinjen i olika avsnitt med olika erosionsförhållanden.

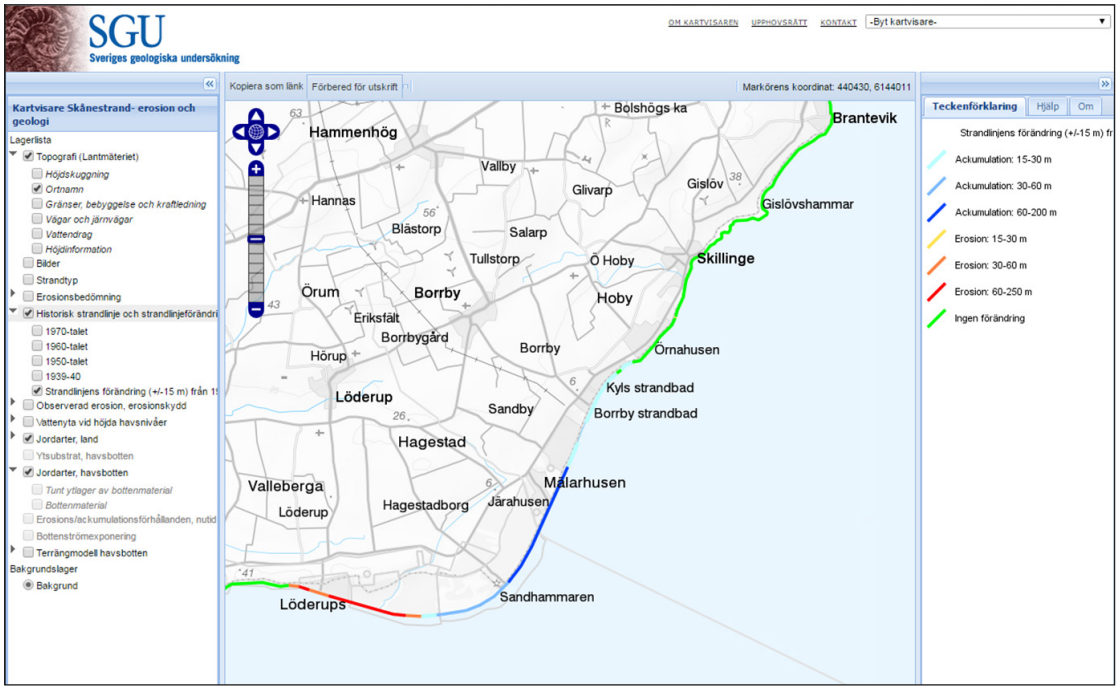
Förutsättningar för bedömning av stranderosion

Vid bedömningar av erosionsförhållanden måste många olika faktorer vägas in. Den viktigaste parametern är jordarten på stranden, alltså den jordart som bygger upp stranden och som påverkas av vågor. Andra viktiga faktorer är bottensediment, topografi, batymetri, exponering, sedimentdynamik och -budget i området, det vill säga om material tillförs eller transporteras bort.

I samband med uppskattningar av sandstränders erosionskänslighet använder man ofta Bruuns lag (Bruun 1962). Denna modell utgår från att en kustprofils geometriska utformning är konstant och att en höjning av havets yta kommer att resultera i en erosion av strandsedimenten för att återskapa den ursprungliga strandprofilen. Vid en havsnivåhöjning på en meter kommer kusten att rycka tillbaka 50–100 m. Ju flackare kusten är desto större blir tillbakaryckningen. Bruuns lag förutsätter att kusten är helt uppbyggd av sand och att det inte förekommer någon sedimenttransport längs kusten. Detta gör att modellen är giltig bara för begränsade sträckor längs Skånes kust, eftersom denna har mycket varierande geologiska förhållanden och varierande morfologi. Vi har därför valt att inte ta hänsyn till Bruuns lag vid bedömningen av erosionskänslighet. Giltigheten av Bruuns lag ifrågasätts numera och man rekommenderar att den inte längre används för att beräkna hur en strandlinje ändras vid en höjd havsnivå (Cooper & Pilkey 2004).

Strandlinjens förändring

Ett sätt att bedöma sedimentdynamiken, det vill säga om det sker ackumulation eller erosion på en strand (tillförsel eller borttransport av sediment) är att undersöka hur strandlinjen förflyttas över tid. Vi har tolkat strandlinjens läge med hjälp av Lantmäteriets georefererade historiska flygfoton från 1939–40, 1956–57, 1959–62, 1965, 1967, 1973 och 1975. Dessa historiska strandlinjer



Figur 2 A. Strandlinjens förändring från 1940 till 2010 i sydöstra Skåne baserat på en analys av flygfoton från olika år. Bild genererad i SGUs kartvisare Skånestrand.

visas i Kartvisaren Skånestrand (www.sgu.se) och finns att beställa från SGUs databaser. Metodiken och resultaten beskrivs i den första rapporten från projektet (Malmberg Persson m.fl. 2014).

Vi har också gjort en översiktlig analys för att kvantifiera strandlinjens förändring i meter sedan 1939–40 längs Skånes kust (fig. 2 A). Analysen utfördes i ArcGis 10.2 där det största avståndet i meter bestämdes mellan dagens strandlinje och strandlinjen i de ovan nämnda historiska flygbilderna. För att kompensera för osäkerheten i till exempel positionering och vattenstånd vid tolkningen av strandlinjen i äldre flygbilder uppskattades noggrannheten i analysen till 15 meter. Detta innebär att de förändringar av strandlinjen som är analyserade i flygbilder från 1930-talet och är mindre än 15 meter inte anses som tillförlitliga och betecknas med ”Ingen förändring”. Strandlinjens förändring delades in i sju olika klasser:

Ackumulation (tillväxt): +15–30 meter
Ackumulation (tillväxt): +30–60 meter
Ackumulation (tillväxt)): +60–250 meter
Erosion (tillbakagång): −15–30 meter
Erosion (tillbakagång): −30–60 meter
Erosion (tillbakagång: −60–250 meter
Ingen förändring: <15 meter

Metodik för bedömning av erosionsförhållanden runt Skånes kust

Sträckor med erosionsskydd är i princip alltid sträckor där aktiv erosion är och har varit ett problem. Dessa klassificeras efter hur den naturliga erosionen varit om skyddet inte funnits. Skydden bryts också ner när de utsätts för erosion och har inte heller alltid konstruerats på det mest effektiva sättet. Om skydden försvinner kommer stranden att eroderas.

Sträckor med fyllning och anläggningar av olika slag, till exempel hamnar och tätortsbebyggelse, har inte tagits med vid bedömningarna.

I den metod SGU utvecklat för bedömning av erosionsförhållanden har vi delat in kusten i delsträckor med likartade förhållanden. Den kortaste delsträckan är 112 m. Den strandlinje som använts kommer från Lantmäteriets översiktskarta 2007, något modifierad där det varit betydande förändringar. Sträckorna har sedan fått attribut enligt två olika principer. Den första kallar vi strandtyper och erosionsförhållanden (fig. 2 B), vilket innebär en karaktärisering av stränderna efter geologiska och topografiska förutsättningar samt sedimentdynamik. Den andra kallar vi erosionskänslighet (fig. 2 C), vilket innebär en klassificering av strandzonens känslighet för erosion baserad på ett antal parametrar (se nedan). Vi har beräknat ett index som beskriver varje sträckas känslighet för erosion och delat in det i fyra klasser. De två olika metoderna beskrivs här. Modelleringen har gjorts i programmet ArcGis version 10.2. Resultaten visas i kartvisaren Skånestrand och kan beställas från SGUs databaser.

Strandtyper och erosionsförhållanden

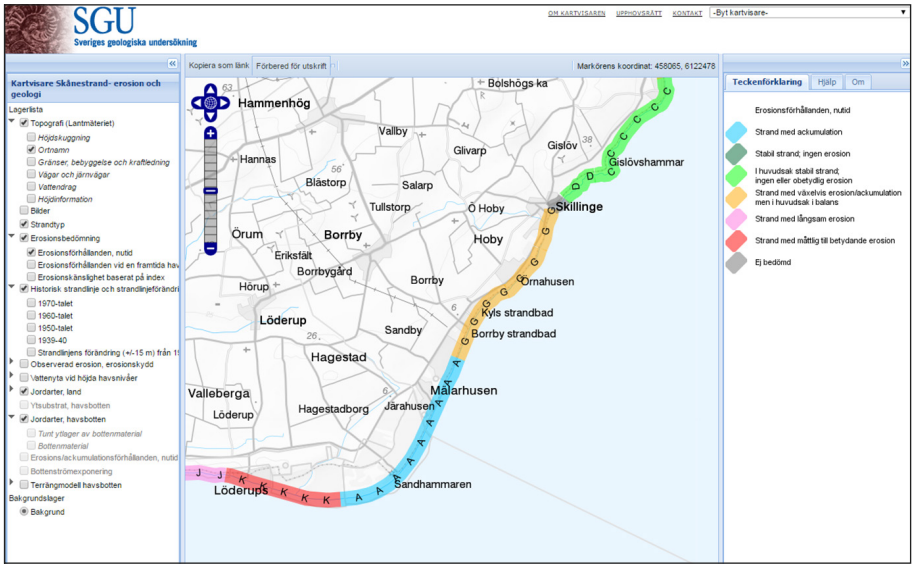
För att på ett överskådligt sätt visa geologi och erosionsförhållanden runt kusten har vi gjort en indelning av Skånes kust i tolv olika strandtyper (A–L), vilka beskrivs i tabell 1 och 2. Indelningen baseras på:

- jordarter och bergarter längs kusten, det vill säga olika geologiska materials motståndskraft mot erosion
- topografi, det vill säga i detta fall vilka erosionsprocesser som är aktiva i olika terränglägen
- förekomst av observerad aktiv erosion och erosionsskydd
- sedimentdynamik, till exempel om strandlinjen avancerat eller retirerat
- exponering för vind och vågor.

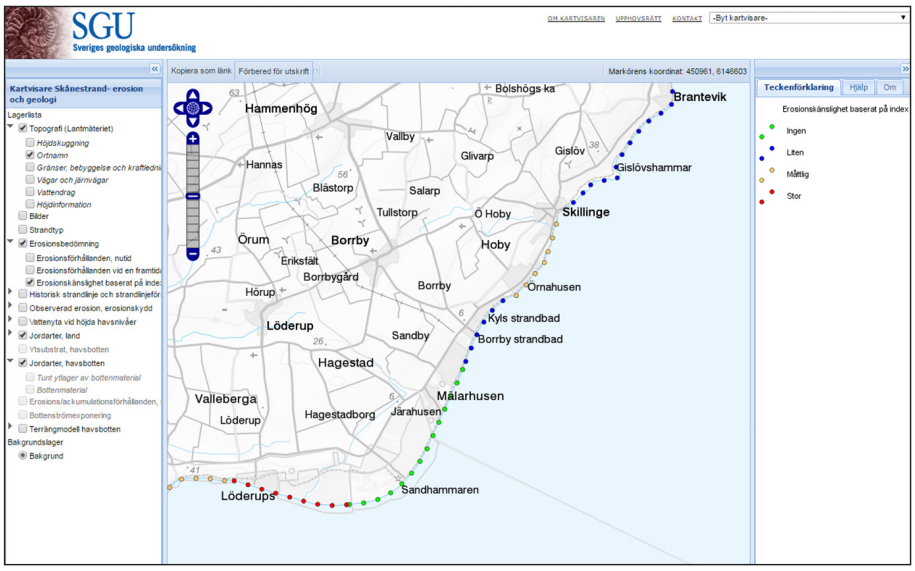
Begreppen förklaras ytterligare i avsnittet om erosionskänslighet.

De olika strandtyperna karaktäriseras av olika erosionsförhållanden, till exempel typ B: hårt berg, som utgörs av kristallint berg eller kambrisk sandsten och där stranderosion inte förekommer (annat än i ett långsiktigt geologiskt tidsperspektiv). Ett exempel är stränderna runt Kullaberg (fig. 3). Strandtypen F: marsk, flack strand och strandängar dominerar på de flacka stränderna mellan Malmö och Foteviken (fig. 4). Denna strandtyp är inte heller särskilt känslig för erosion eftersom vattendjupet där är så litet att infallande vågor förlorat det mesta av sin energi innan de når stranden. Omfattande vassbälten och annan vegetation nästan ut till strandlinjen visar också att nästan ingen erosion sker. Strandtyp L betecknar kuststräckor med fyllning och anläggningar, till exempel hamnar. Där har ingen bedömning av erosionsförhållandena gjorts.

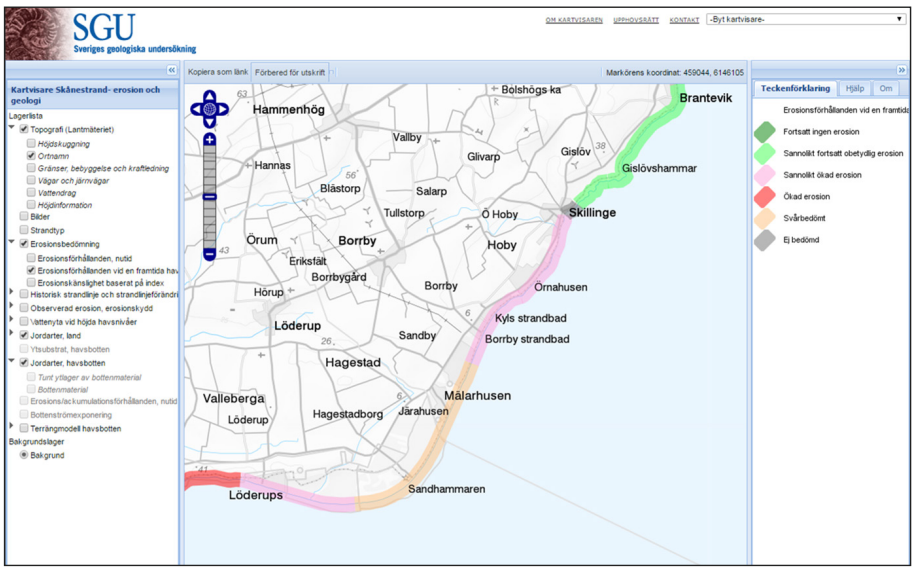
Strandtyperna längs kusten redovisas och betecknas med bokstäverna A till L. Motsvarande erosionsförhållanden visas med en färgad linje (fig. 2 B). Dessutom redovisar vi en prognos för hur erosionsförhållandena kan komma att vara vid en höjd havsnivå på cirka en meter (fig. 2 D, tabell 1). Nästan hela Skånes kust kommer då att vara översvämmad i jämförelse med dagens kustlinje. Det är erosionsförhållandena vid denna framtida kustlinje vi försökt bedöma. Vid många stränder kommer förhållandena att likna dagens, till exempel längs stränder med hårt berg. Vid klintkuster kan man förvänta sig ökad erosion. Svårast att bedöma är stränder med sand och grus. Erosionsförhållandena bestäms där till stor del av vindarnas riktning och styrka samt av strömningsmönstret i havet och det är svårt att förutse hur dessa faktorer kan komma att påverkas av ett förändrat klimat. I SMHIs rapport Klimatanalys för Skåne län (Persson m.fl. 2011) görs ingen prognos för framtida vindförhållanden.



Figur 2 B. Erosionsförhållanden längs Skånes sydöstra kust. Bokstäverna A–L representerar olika strandtyper, se tabell 1.



Figur 2 C. Erosionskänslighet baserat på index längs sydöstra Skånes kust.



Figur 2 D. En bedömning av troliga erosionsförhållanden vid en framtida havsnivåhöjning på 1 m.

Bilderna är genererade i SGUs kartvisare Skånestrand.

Tabell 1. Indelning i olika strandtyper och erosionsförhållanden längs Skånes kust i nutid och vid en framtida höjd havsnivå på cirka en meter.

Beteckning	Strandtyp	Erosionsförhållanden (nutid)	Bedömd erosion vid en framtida höjd havsnivå (ca 1 m)*
A	sand, grus	strand med ackumulation	svårbedömt
B	hårt berg	stabil strand – ingen erosion	fortsatt ingen erosion
C	klapper med hällar av hårt berg	i huvudsak stabil strand – ingen eller obetydlig erosion	sannolikt fortsatt obetydlig erosion
D	klapper, sten, block		
E	blockrik morän		
F	flack strand, marsk		svårbedömt
G	sand, grus	strand med växelvis erosion/ackumulation men i huvudsak i balans	sannolikt ökad erosion
H	åmynning		svårbedömt
I	löst sedimentärt berg, sand, grus	strand med långsam erosion	sannolikt ökad erosion
J	klint		ökad erosion
K	sand, grus	strand med betydande nettoerosion	sannolikt ökad erosion
L	hamnar, fyllning	ej bedömd	ej bedömd

*Obs ej strandlinjens förändring! (översvämning överallt)

Figur 3. Yttersta delen av Kullaberg, där berggrunden utgörs av gnejs. De jordlager som eventuellt funnits ovanpå berggrunden har eroderats bort för längesen och någon ytterligare erosion är inte att förvänta. Foto: Magnus Persson.

Tabell 2. Indelning i olika strandtyper och erosionsförhållanden längs Skånes kust, samt exempel på representativa stränder.

Strandtyp	Beteckning	Beskrivning	Erosionsförhållanden	Exempel	Procent av kuststräckan	Sträcka (km)
sand/grus med nettoackumulation	A	sand/grusstrand med nettoackumulation	nettoackumulation	Sandhammaren	6,6	36,6
hårt berg	B	kristallint berg, diabas, hårt sedimentärt berg, t.ex. kambrisk sandsten	ingen erosion	Kullaberg	4,5	25,2
klapper/hällar	C	klapperstrand med hällar av hårt berg	ingen/obetydlig erosion	Arild	6,3	35,1
klapper, sten, block	D	klapperstrand, stenstrand	ingen/obetydlig erosion	Mölle	6,5	36,4
(blockrik) moränyta	E	svallad morän med harnesk av block och sten	ingen/obetydlig erosion	Nymölla	4,1	23,0
flack strand, marsk	F	flacka stränder med marsk, strandängar, tunt torvlager, lergyttja på havsbotten	ingen/obetydlig erosion	Bunkeflostrand	7,2	39,8
sand/grus med växelvis erosion/ackumulation	G	strand i balans sett i ett längre tidsperspektiv	växelvis erosion/ackumulation	Vanligaste strandtypen!	31,4	175,1
åmynning	H	acumulation/erosion av svämsediment	växelvis erosion/ackumulation	Vege å	0,4	2,2
sand/grus med löst sedimentärt berg	I	sand/grusstrand med erosionsbranter i lätteroderat sedimentärt berg, t.ex. jurassisk siltsten	långsam erosion	Kulla-Gunnarstorp	0,7	3,9
klint	J	klint med långsam men irreversibel erosion genom ras och skred	långsam erosion	Ven	4,3	23,8
sand/grus med nettoerosion	K	sand/grusstrand med nettoerosion	betydande nettoerosion	Löderup	7,1	39,3
hamnar, fyllning	L	anläggningar, tätortsbebyggelse o dyl.	ej bedömd	Malmö	21,0	116,8
Totalsträcka						557,2

Figur 4. Marskland vid Foteviken. Lager av torv omväxlar med lager av sand. Foto: Jonas Ising.

Erosionskänslighet (erosionsindex)

Vi har också definierat och beräknat ett erosionsindex i analogi med de flesta tidigare undersökningar av erosionskänslighet. Samma strandlinje som vid indelningen efter strandtyper och erosionsförhållanden har använts och indelningen i delsträckor är densamma. För varje delsträcka längs den skånska kusten har följande parametrar bestämts: jordart och bergart på land och på havsbotten, lutning på land, exponering samt sedimentdynamik på land och på havsbotten. De olika parametrarna har fått ett värde (vanligen 1–4 eller 1–3), där 4 är mest erosionskänsligt och 1 minst.

Jordarter. Längs Skånes strandlinje, på land, förekommer 72 olika jordarter (enligt SGUs detaljerade jordartsindelning). Beroende på eroderbarhet har dessa givits ett värde från 1 till 4 (tabell 3). På havsbottnen förekommer 11 olika jordarter (bottensediment) i kartområdet, vilka givits samma indelning för eroderbarhet som jordarten på stranden. De jordarter på land och de bottensediment som sammanfaller med och förekommer längs strandlinjen har använts i analysen.

Lutning på land. Lutningen på land har reducerats till endast två värden: klint (2) och icke-klint (1). Detta beror på att lutningen på stranden inte är direkt proportionell till erosionkänsligheten, utan förhållandet är betydligt mer komplicerat. Vi har därför valt att förenkla lutningen till bara två möjligheter.

Lutning på havsbotten. Havsbottnens lutning togs bort ur analysen då sambandet mellan lutning och erosionskänslighet inte är linjärt. Generellt ger en lägre lutning på havsbotten starkare erosion på stranden, men vissa kustområden i analysen, till exempel kusten söder om Malmö, är mycket långgrunda, vilket gör att vågorna bryter långt utanför stranden och förlorar energi.

Tabell 3. En förenklad lista på de jordarter som förekommer längs Skånes kust enligt SGUs databas, samt bedömd erosionskänslighet i klass 1–4, där 1 är liten känslighet för erosion och 4 är hög känslighet för erosion.

Beteckning på jordartskartan	Erosionsklass
kärr	3
gyttja	4
svämsediment, ler–silt	4
svämsediment, sand	4
flygsand	4
lergyttja och gyttjelera	4
lera	3
silt	4
finsand	4
sand	4
svallgrus	3
klapper	2
isälvssediment	3
isälvssediment, sand	4
isälvssediment, grus	3
grovsilt–finsand	4
moränfinlera	3
morängrovlera	3
morän sandig–siltig	2
morän lerig sandig–siltig	2
morän sandig	2
morän lerig sandig	2
tunn torv på lera	3
tunn torv på silt	4
tunn torv på finsand	4
tunn torv på postglacial sand	4
tunn torv på svallgrus	3
tunn torv på sten och klapper	2
tunn torv på isälvssand	4
tunn torv på morän sandig	2
tunn torv på morän lerig sandig	2
moränfinlera med tunn torv	3
morängrovlera med tunn torv	3
diabas	1
sedimentär berggrund	1
urberg	1
tunt grus på urberg	1
tunn eller osammanhängande morän på urberg	1
postglacial finsand med skikt av organiskt material; marsk	3
blockjord; storblockig	1
postglacial sten–block	2
flygsand på isälvssand	4
morän på isälvssediment, sand	3
tunn eller osammanhängande morän på sedimentärt berg	1

Exponering. Exponeringen är baserad på beräkningar som ger de gränser där sedimentpartiklar av olika storlek börjar sättas i rörelse, precis vid strandkanten längs Skånes kust, av den bottenström som vindgenererade vågor orsakar på havsbottnen (se Hallberg m.fl. 2010). Det är alltså den nivå där den kritiska bottenstressen (skjuvspänningen) överskrids för respektive kornstorlek, enligt den korngruppskala som används i EUNIS *(European Nature Information System*, Connor & Hiscock 1996). Tre olika nivåer av exponering har definierats, där 1 innebär lägst exponering och kornstorlekar upp till och med sand kan förflyttas, 2 innebär att kornstorlekar upp till grovgrus och 3 att även sten och block kan förflyttas.

Exponeringen är beräknad utifrån medelvinden och stryklängden i 16 olika riktningar. Stryklängden är den sträcka på öppet hav som vinden kan påverka vattnet. Ju hårdare vind och ju längre stryklängd, desto större vågor. En bedömd spridningseffekt har använts för att efterlikna vågors refraktions-/diffraktionsmönster vid till exempel öar. Värden på vindstyrka och stryklängd har hämtats från vågexponeringsdata med en cellstorlek på 25 meter och därefter använts för beräkningar av den signifikanta våghöjden (Hallberg m.fl. 2010). För att få en kraftig vågpåverkan av botten (lång blåstid) i beräkningarna används värden av vågperioder från Jönsson m.fl. (2002), och tillhörande våglängder.Beräkningarna här är uteslutande baserade på den effekt som medelvindgenererade vågor ger genom orsakad bottenström. Stormar med vindar från olika riktningar tas inte hänsyn till.

Sedimentdynamik, land. Sedimentdynamik på land omfattar en sammanvägd bedömning av flera parametrar: sträckor där aktiv erosion observerats, sträckor där det finns erosionsskydd, sträckor där strandlinjen retirerat eller avancerat jämfört med historiska strandlinjer (se ovan) samt andra faktorer, till exempel förekomst av vassbälten eller marsktorv längs stranden, som indikerar att erosion inte äger rum i nämnvärd utsträckning. Sedimentdynamik land har fått värdet 1 för ackumulation, 2 för erosion och ackumulation i jämvikt, 3 för erosion och 4 för stark erosion.

Sedimentdynamik, havsbotten. Sedimenten på havsbottnen påverkas på olika sätt av rörelser i vattenmassan. Strömmars och vågors inverkan kan medföra erosion, transport och ackumulation av bottenmaterial. Fördelningen av olika sediment i bottenytan och djupförhållandena ger ett slags facit över bottenströmmar och sedimenttransport och därigenom en god bild av de rådande bottendynamiska förhållandena. Exempelvis tyder bottenområden med kalt berg eller äldre avlagringar som morän, isälvsmaterial eller glaciallera med tunna ytlager grövre än sand eller grus, på att erosion och borttransport av material dominerar. Inom dessa bottenområden har oftast det finkornigare materialet blivit borttransporterat. Finsand innebär transportbottnar med eventuella lokala avsättningar i sänkor och vid hinder. Större mäktigheter av sand eller grus kan innebära en dominerande ackumulationsbotten. Postglacial lera tyder på att ackumulation av finmaterial i suspension överväger. Genom att studera bottensediment och djupförhållanden i områden utanför strandlinjen kan, precis som på land, en indelning göras baserat på om området tillförs sediment, är i jämvikt eller blir av med sediment.

1: Ackumulation (nettotillförsel av material): Postglacial lera, silt, finsand samt sand och grus både som huvudjordart och tunna lager i områden där vattendjup- eller landförhållanden förhindrar vidare transport.

2: Jämvikt (tillförsel och borttransport av material i jämvikt): Berggrund, morän, isälvsmaterial och glaciallera där överlagrande tunna lager (< 0,5 meter i mäktighet) av postglacial lera, silt, finsand och sand/grus i rörelse förekommer. Men även huvudjordart av postglacial lera, silt, finsand och sand/grus beroende av vattendjup- eller landförhållanden.

3: Erosion (mindre nettoförlust av material): Berggrund, morän, isälvsmaterial, glaciallera och postglacial grus och sten, med eller utan överlagrande tunna lager grövre än sand/grus.

4: Stor erosion (större nettoförlust av material). Postglacial finsand och sand/grus i rörelse i områden där djup- eller landförhållanden tillåter vidare transport.

En bedömning har gjorts av den huvudsakliga sedimentdynamiken för bottenområdet närmast stranden längs varje delsträcka.

Ett värde för varje delsträcka, här kallat erosionsindex (E), har sedan beräknats med formeln

$$E=\frac{(a\cdot 4+b+c\cdot 5+d\cdot 2+e\cdot 2+f\cdot 10)}{6}$$

där
a = värde för jordart på stranden
b = värde för bottensediment
c = lutning på land
d = exponering
e = sedimentdynamik havsbotten
f = sedimentdynamik på land

Erosionindex har sedan delats in i fyra olika intervall, känslighetsklasser, där 4 innebär stor erosionskänslighet, 3 måttlig erosionskänslighet, 2 liten erosionskänslighet och 1 ingen känslighet för erosion. De fyra olika klasserna visas med olika färg i kartvisaren Skånestrand.

Formeln är, som synes, ett medelvärde av de ingående parametrarna, där de viktats olika mycket beroende på hur stort inflytande de bedöms ha på erosionskänsligheten. Utan viktning hade skillnaderna i index mellan olika sträckor blivit för små för att ge ett användbart resultat.

Index har validerats genom jämförelse med indelningen i strandtyp och erosionsförhållanden som är en kvalitativ bedömning, baserad på geologiska och topografiska förhållanden m.m. (se ovan).

RESULTAT – STRANDTYPER OCH EROSIONSFÖRHÅLLANDEN

Bedömningarna av erosionskänslighet och erosionsförhållanden för Skånes kust visas i kartvisaren Skånestrand och i SGUs databaser. Där visas också indelningen av kustzonen i olika strandtyper (tabell 1, 2). En prognos har också gjorts för vilka erosionsförhållanden som kan komma att råda vid en framtida höjd havsnivå på cirka en meter. Vid en sådan höjning kommer strandlinjen överallt att ligga innanför dagens på grund av översvämning, oavsett om stranderosion sker eller inte. Det enda undantaget är de korta sträckor där kusten kantas av mycket branta berghällar, till exempel på några ställen vid Hovs hallar.

Indelningen i olika strandtyper gäller för de förhållanden som råder med dagens havsnivå och klimat. Den vanligaste strandtypen är sand- och grusstränder med växelvis erosion och ackumulation, men i balans sett i ett längre tidsperspektiv. Dessa förhållanden kan snabbt ändras även med en stabil havsnivå. Till exempel har stranden vid Sandhammaren, som för närvarande präglas av ackumulation, utsatts för erosion under vissa perioder, vilket sannolikt beror på variationer i vindriktningar och havsströmmar.

Sett i ett internationellt perspektiv är problemen med stranderosion små i Skåne, med undantag av stranden vid Löderup, som har eroderats sedan mitten av 1800-talet. Konstruktion av nya kustskydd: hövder, strandfodring och skyddsvallar, kan komma att ändra erosionsförutsättningarna påtagligt.

Strandtyper och erosionsförhållanden längs Skånes kust

Valjeviken–Åhus

I strandzonen från Valjeviken ned till Hammaren dominerar ytlig morän, både på land och på havsbotten, vilket resulterar i en ur erosionssynpunkt huvudsakligen stabil kuststräcka (fig. 5). Området är utsatt för vågor och vind och på moränen i havsbottenytan förekommer rörliga tunna lager av finsand till grus, men även mer stillaliggande sediment av sten till block. Vissa kuststräckor präglas dock av växelvis erosion/ackumulation. Dessa sträckor finns där mäktigare sandlager har ansamlats, både på land och på havsbotten, och indikerar att sand förflyttas lokalt med en inom området i stort sett balanserad sedimentbudget. En viss förlust av sand från dessa områden till djupare vatten måste dock alltid förväntas. Längs en sträcka nära Skräbeåns mynning vid Nymölla sker sedimenttransport och ackumulation från ån.

Längs kuststräckan norr om Åhus dominerar flygsand med dyner. Längs vissa sträckor har dynerna eroderats kraftigt och olika typer av erosionsskydd har konstruerats.

Hanöbukten – från Åhus till Kivik

Längs den långa bukten med sandstrand från Åhus till Kivik förekommer rikligt med sand även på havsbottnen. Sanden växelvis eroderas, transporteras och ackumuleras, vilket resulterar i en sedimentbudget nära balans. I ett längre tidsperspektiv verkar dock en viss negativ sedimentbudget förekomma i hela området, både på land och på havsbotten, eftersom det sedan 1940-talet har skett erosion längs begränsade partier (fig. 6).(Se även avsnittet om strandlinjeförändringar ovan.) Söder om Åhus har en påtaglig erosion skett vid flera tillfällen under 1970-talet och senare.

I bukten dominerar en nordligt riktad materialtransport. Vid nordostliga vinterstormar sker dock materialtransport söderut längs bukten, vilket lett till erosion söder om de utstickande blockiga uddarna Snickarhaken och Revhaken (Norrman m.fl. 1981). I den södra delen av bukten, längs Ravlundafältet, avgränsas stranden av en lång, hög klint i finsandiga issjösediment. Klinten är till största delen vegetationsklädd, vilket visar att ingen påtaglig stranderosion sker. Erosionsförhållanden och risker för stranderosion längs kusten runt Åhus har beskrivits av SGI (2008) i en uppdragsrapport för Kristianstad kommun.

Figur 5. Flack strand med sandig morän söder om Nymölla, nordöstra Skåne. Sten och block är delvis framsvallade i markytan och utgör ett skydd mot ytterligare erosion. Foto: Magnus Persson.

Figur 6. Erosionsbrant i sandiga issjösediment vid Ravlundafältet. Foto: Elisabeth Magnusson.

Figur 7. Hällar av kambrisk sandsten vid Gladsax söder om Baskemölla. Bergarten är mycket resistent mot erosion. Foto: Jonas Ising.

Kivik–Sandhammaren

Denna kuststräcka har stora variationer, såväl avseende geologi som erosionsförhållanden. Här finns mycket stabila strandpartier som skyddas från erosion av hårt berg, såsom granit vid Stenshuvud och kambrisk sandsten vid till exempel Simrishamn (fig. 7). Långa partier utgörs av sandstränder och grusstränder, vilka här är relativt stabila. En lång sträcka med aktiv erosion i en klint i issjösediment finns dock mellan Knäbäckshusen och Vik (fig. 8).

Där moränen och berggrunden ligger nära havsbottenytan överlagras de av tunna rörliga lager av finsand till grus, men även av mer stillaliggande sediment av sten till block. Enligt Erlingsson (1990) förekommer en nettotransport av sand längre ut från land på havsbottnen från Hanöbukten söderut, förbi Stenshuvud, där en delmängd ackumuleras vid Rörum strand (se den större förekomsten av finsand i den maringeologiska kartan i viken utanför Rörum strand). En delmängd sand eroderas även från Rörum strand och förenas med sanden från Hanöbukten och ackumuleras dels norr, dels söder om grundområdet Nedjan. En delmängd fortsätter transporten söderut på 10–20 meters djup och ackumuleras längs stranden vid Sandhammaren och även ute vid Sandhammaren bank (se den rika förekomsten av sand i dessa områden i den maringeologiska kartan).

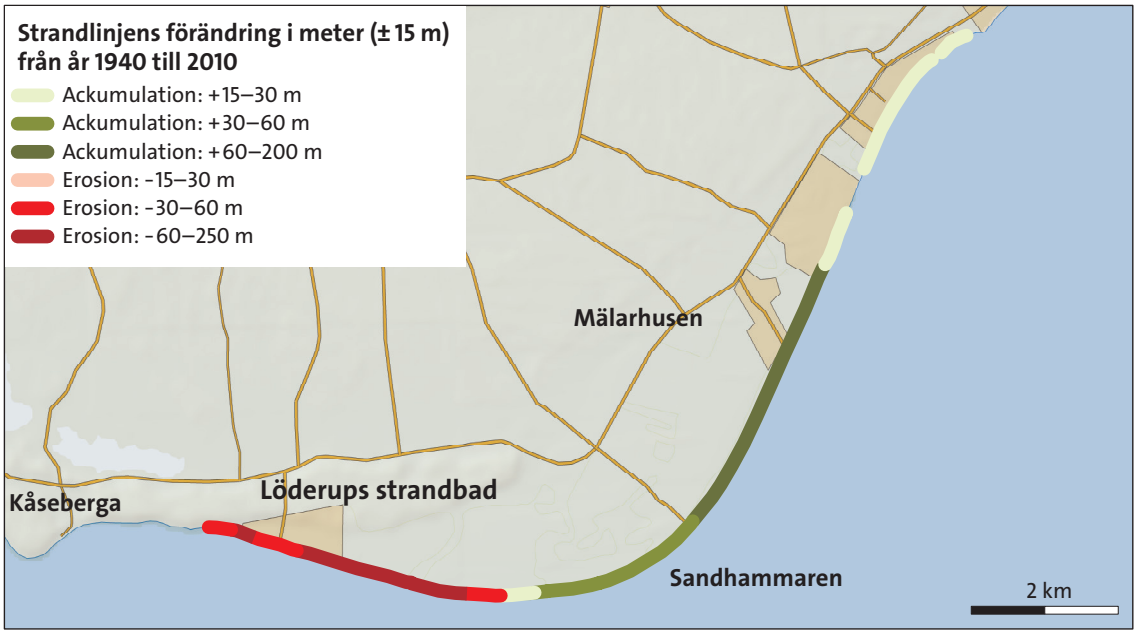
Figur 8. Erosionsbrant i glacial lerig silt, överlagrad av sand, vid Knäbäckshusen, söder om Stenshuvud. Foto: Magnus Persson.

Sandhammaren–Löderup–Ystad

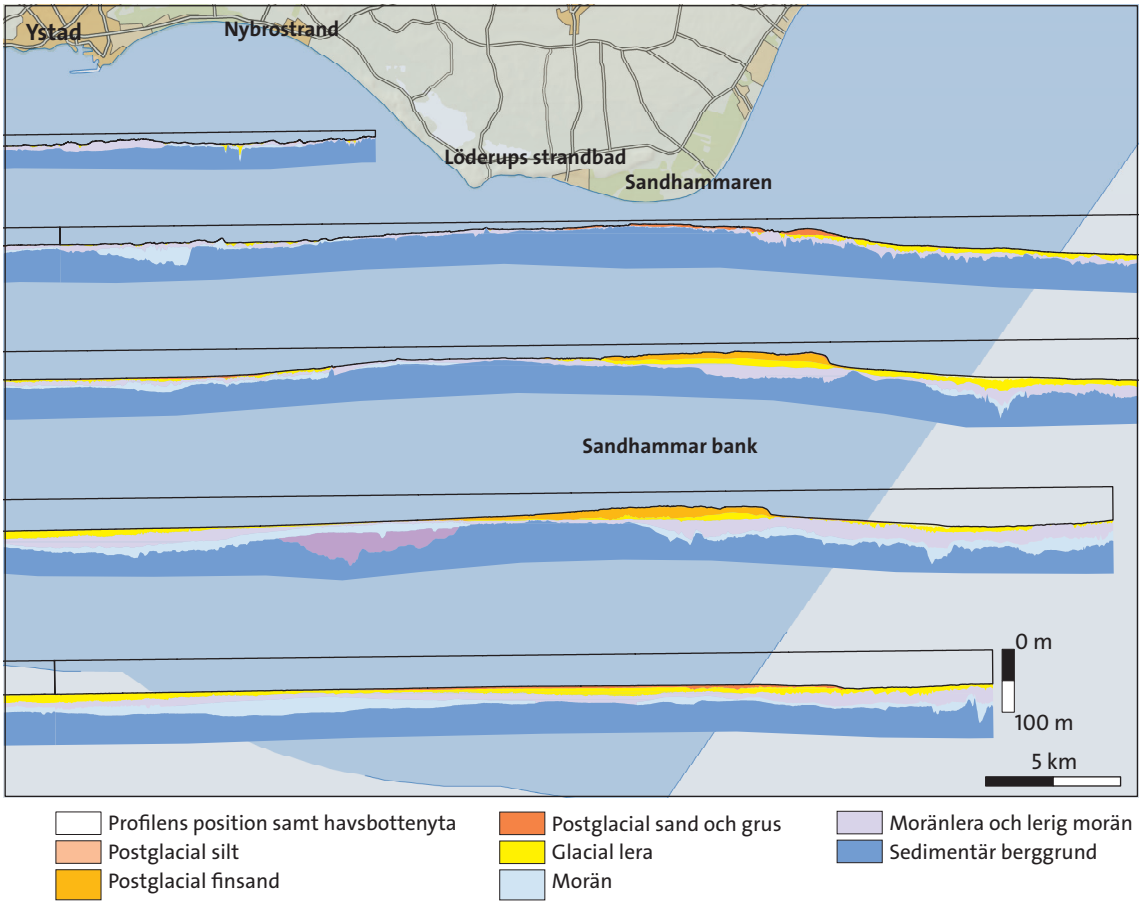
En lång strand med välsorterad fin- och mellansand löper längs Skånes sydöstra hörn från Löderup till Örnahusen. Vid Löderup har erosion dominerat stranden sedan mitten av 1800-talet (Davidsson 1963) och det är också här den mest dramatiska stranderosionen i Skåne skett; 200 meter av stranden försvann under perioden 1971–2007.

Dominerande vindar från väst och sydväst gör att vågorna oftast kommer in snett mot kusten. Vid hårda sydvästliga vindar eroderas kusten huvudsakligen vid, men också väster om, Löderups strandbad och sandmaterial förs till Sandhammaren och vidare österut. Vid hård nordostlig vind transporteras materialet ut på Sandhammaren bank för att vid vind och sjö från sydöst och syd åter föras in mot land. Den sand som eroderas från Löderupsstranden hamnar dels på havsbottnen vid Sandhammaren bank, dels ackumuleras den på stranden vid Sandhammaren där en nettotillväxt sker (fig. 9 A). Den mest påtagliga erosionen sker i samband med högvatten och stormar, vilka ofta inträffar under vintern. Till exempel skedde kraftig stranderosion vid Löderup och på andra ställen vid Skånes sydkust vid ett stormtillfälle i januari 2007 (Daniel 2007).

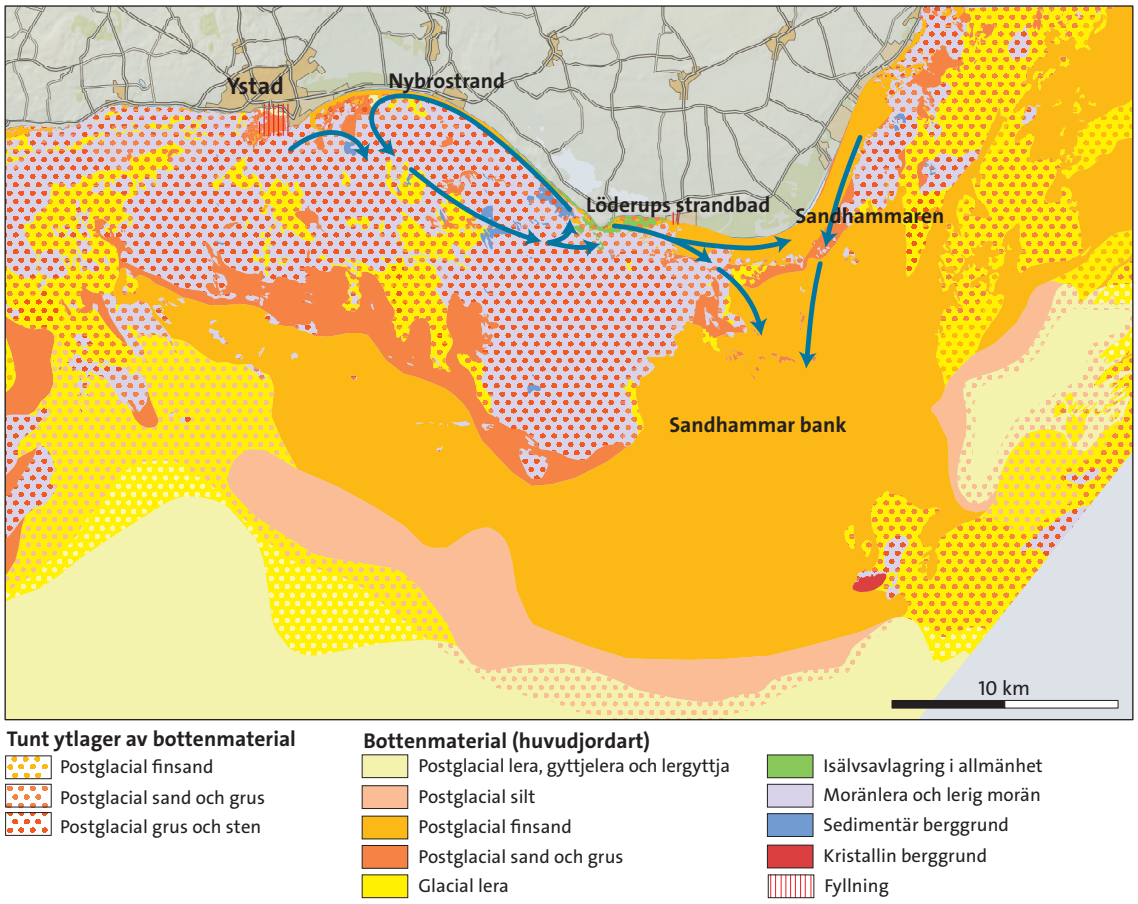
I området söder om Kåseberga och Löderup eroderas och transporteras sediment generellt sett österut på havsbottnen, för att senare vika av mot sydost och ackumuleras. Den sand som tillförs Löderup kommer alltså närmast från havsbottnen strax söder och väster om Kåseberga, på den västra delen av Sandhammaren bank. De maringeologiska undersökningarna ger vid handen att det idag inte finns så mycket sand mäktigare än en halvmeter i detta område, vilket förklarar att källan av sand som tillförs Löderup är av mindre omfattning (fig. 9 B och C). Före 1800-talet, då



Figur 9A. Förändring av strandlinjen vid Löderup och Sandhammaren, Skånes sydöstra kust. För närvarande sker en erosion vid Löderups strandbad och ackumulation (pålagring) vid Sandhammaren och Mälarhusen.



Figur 9B. Profiler, med 20 gångers vertikal överförhöjning (se vertikal skala), som schematiskt visar havsbottnens uppbyggnad utanför Skånes sydöstra kust. Fördelningen av sand syns tydligt i området, där mängden sand ökar österut på Sandhammaren Bank. I området väst och syd om Kåseberga, som tillhandahåller Löderups strandbad med sand, finns mindre mängder. Avlastningsbranten på östsidan av banken syns tydligt och sediment som förs ut över branterna avlagras skyddat från vågverkan.



Figur 9 C. Övergripande nettotransportriktningar av sediment samt översiktlig sedimentkarta som visar det sediment som dominerar i den översta metern av havsbottnen (huvudjordart) samt det sediment (tunt ytlager av bottenmaterial) som finns direkt i bottenytan och är tunnare än 50 cm. I källområdet till Ystads sandskog, sydväst, syd och sydost om Ystad, förekommer sand mest som tunt lager och därmed inte i tillräckliga mängder för att tillföras Ystad sandskog och få en balanserad sedimentbudget. Sand finns ackumulerat i relativt större mängder i och väst om Ystads hamn.

erosionen av stranden vid Löderup var mindre, kan det här ha funnits mer sand på havsbottnen för tillförsel till Löderup, vilket lindrade erosionen. Sandtillförsel från detta område till Löderup har förekommit under åtminstone 4 000 år och minskat allt eftersom (Erlingsson 1990). En annan orsak till att erosionen ökat kan vara att andra förhärskande vindriktningar har påverkat riktningen av nettotransporten av sand i området, så att ett annat bottenområde med större sandförekomster agerat sandkälla och medfört en större tillförsel till Löderup. Den nu dominerande vindriktningen från väst och sydväst gör också att stora mängder sand transporteras med vinden österut och avsätts som vidsträckta flygsandfält med dyner innanför strandplanet vid Sandhammaren (fig. 10). Sandhammaren präglas för närvarande av pålagring av sand, men perioder av stark erosion har också förekommit (Richter 1936, Åhman 1980). De historiska strandlinjerna från flygfoton som kan ses i kartvisaren Skånestrand visar till exempel att strandlinjen 1970 låg innanför strandlinjen 1950. Den nuvarande situationen kan därför komma att ändra sig i framtiden och ackumulationen kan komma att avlösas av erosion.

Förutom en pålagring av sand västerifrån på Sandhammaren förekommer även en pålagring av sand från nordost. På havsbottnen sker en erosion och nettotransport mot sydväst längs kusten

och de sediment som inte avsätts längs kusten transporteras mot syd-sydväst och avsätts på öst- och sydsidan av Sandhammar bank (fig. 9 A till C).

Sandhammar banks form visar, till stor del, hur transportsystemet fungerar i området. Här finns mycket flacka sluttningar åt väster och branter åt öster och söder, vilket visar på en nettotransport (över längre tid) mot öster och söder med avsättning, tillväxt och förlust av sediment från transportsystemet på öst- och sydsidan av banken (fig. 9 B och C). Sediment som förs ut över branterna på öst- och sydsidan avlagras skyddat från vågverkan och blir kvar på plats. Förhållandet återspeglas i en brant stupande skiktning i anslutning till branterna (fig. 9 C) och stämmer väl överens med rådande vind- och sjöförhållanden.

Ystads sandskog är också utsatt för en negativ sedimentbudget; mer sand eroderas och transporteras bort, både på stranden och på havsbottnen, än vad som tillförs. I källområdet på havsbottnen, syd och sydväst om Ystad, finns inte de mängder sand som behöver tillföras Ystads sandskog för att ge en balanserad sedimentbudget (fig. 9 B och C). En del sand verkar även ackumuleras i och väster om Ystads hamn och på så sätt föras ut ur sandtransportsystemet (fig. 9 C).

Sedan 1970-talet har man försökt förhindra stranderosionen i Löderup genom att bygga olika strandskydd: hövder och stenskoningar (fig. 11). Detta har lett till att erosionen förvärrats på oskyddade sträckor. Sedan några år utförs i Ystad kommun istället strandfodring på stränderna vid Löderup och Ystad sandskog, det vill säga man bekämpar erosionen genom att fylla på sand på stranden (Sweco 2013). Sanden hämtas från havsbottnen vid Sandhammaren bank; i princip är det alltså den borteroderade sanden som återförs till stränderna.

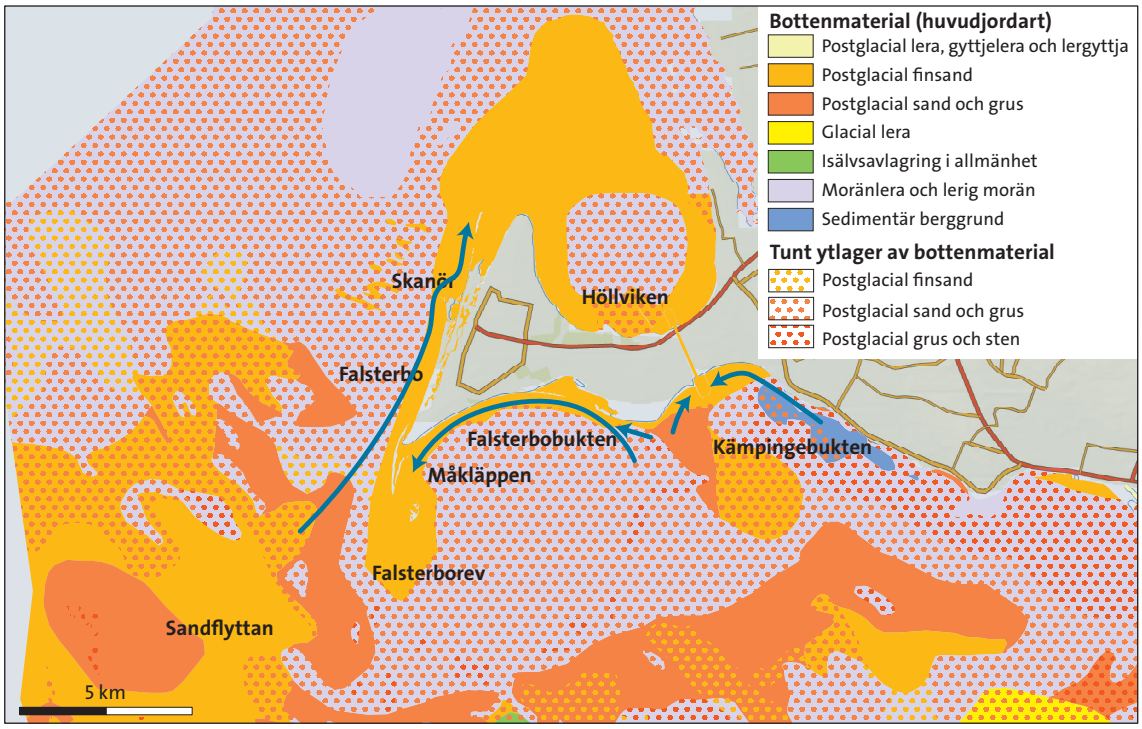
Ystad–Kämpinge

På denna utsatta kuststräcka dominerar i havsområdet ytlig morän och berggrund med tunna lager av grus till block som överlagrar och finns direkt i bottenytan. Dessa sediment är relativt orörliga och stabila ur erosionssynpunkt, men längs stränderna i bukterna har upp till några meter mäktiga sandavlagringar ansamlats. Dessa eroderas och ackumuleras växelvis och är huvudsakligen i balans inom bukterna. En viss förlust av sand från dessa områden till djupare vatten måste dock alltid förväntas. Tunna lager av finsand till grus förekommer även sporadiskt i bottenytan på moränen och berggrunden, vilket indikerar att en viss sandtransport sker in och ut, samt längs med kusten. Längs en sträcka öster om Svarte eroderas stranden i en klint, där det tunna svallgruset underlagras av morän (fig. 12). Även öster om Hörte udde finns en klint i morän med aktiv erosion.

Figur 10. Sanden på stranden vid Sandhammaren transporteras med vinden och bildar dyner. Ett stort flygsandfält sträcker sig drygt 1 km in från kusten. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Figur 11. Strandskoning av sprängsten vid Löderup. I bakgrunden syns erosionsskydd i form av hövder. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Figur 12. Kustklint i moränlera överlagrad av svallgrus, öster om Svarte på Skånes sydkust. Foto: Jonas Ising.



Figur 13 A. Övergripande nettotransportriktningar av sand samt översiktlig sedimentkarta vid Falsterbohalvön som visar det bottenmaterial (huvudjordart) som dominerar i den översta metern av havsbotten och alltså har en mäktighet överstigande en halvmeter. Tunna ytlager av bottenmaterial förekommer direkt i bottenytan, är oftast rörliga i området och har en mäktighet understigande en halvmeter. Större sandmängder på havsbottnen förekommer närmast längs kusten, vid grundområdet Sandflyttan samt strax utanför Falsterbo- och Kämpingebukten. Förmodligen har sand ursprunget från grundområdet Sandflyttan bidragit till Falsterbohalvöns tillväxt på västsidan.

Falsterbohalvön

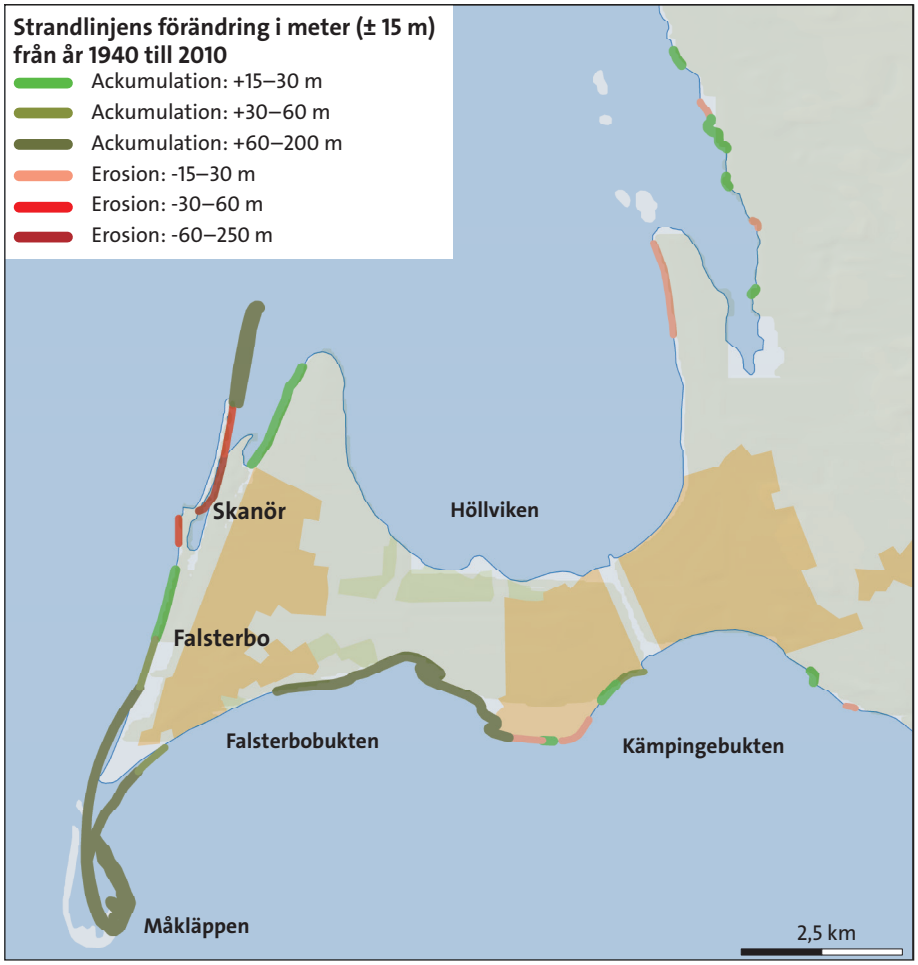
Falsterbohalvön är en geologiskt sett mycket ung bildning som uppstått för bara några tusen år sedan. Halvön är uppbyggd kring tre kärnor av moränlera, som pålagrats med sand från havsbottnen från många olika ström- och vågriktningar (Richter 1936, Davidsson 1963), se fig. 13 A. Sanden omlagras delvis av vinden till flygsand som bildar dyner, främst längs Näsets södra del. Mänsklig aktivitet har påverkat sedimentationen och områdets utseende på olika sätt, till exempel grävandet av Falsterbokanalen 1940–1942 och deponeringen av muddermassorna söder om halvön. Materialet vandrade västerut längs sydkusten och norrut längs västsidan.

Den huvudsakliga tillväxten sker på halvöns västsida (fig. 13 B), där strandsporrar bildats och växt till successivt. På västsidan av halvön sker på havsbottnen en nettotransport norrut av sand som kommer från Måkläppen. Till Måkläppen sker en nettotransport av sand från öster (fig. 13 C).

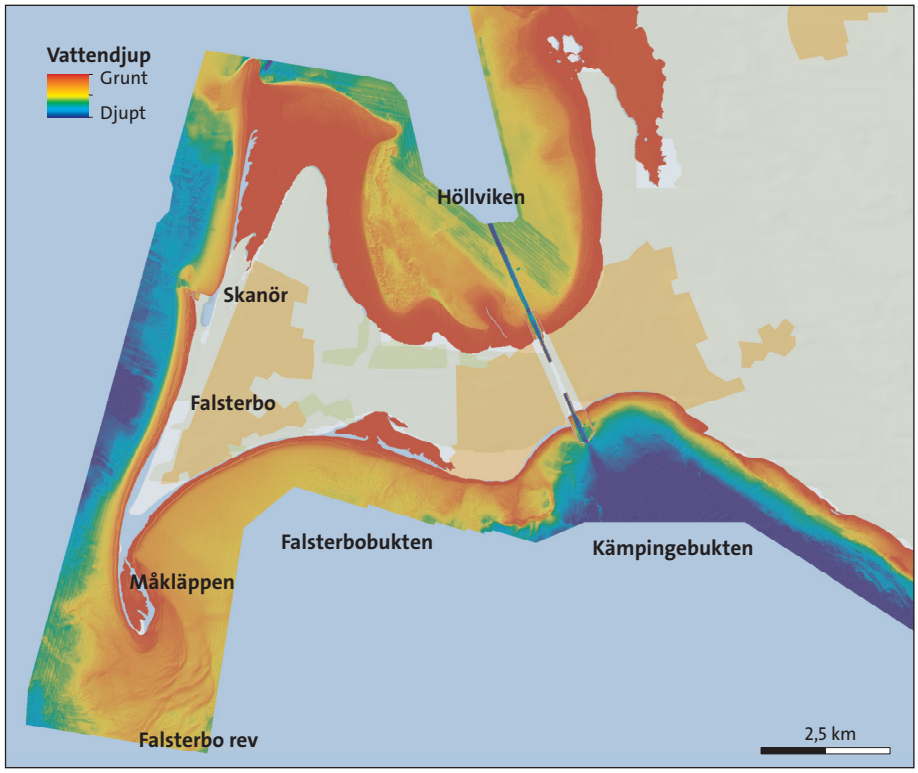
Erosion och deposition sker omväxlande på olika delar av kustremsan (fig. 13 B). Erosion sker framför allt på Näsets södra sida och norr om Skanörs hamn.

Måkläppen är en sandrevel som skiftar form och läge med åren. Den har växt till sig under 2000-talet och flyttat flera hundra meter mot nordost med formen relativt intakt (fig. 14). En jämförelse mellan flygfoton från 2007 till 2014 visar att den eroderas i väster och växer till i öster snabbare än den eroderas i väster.

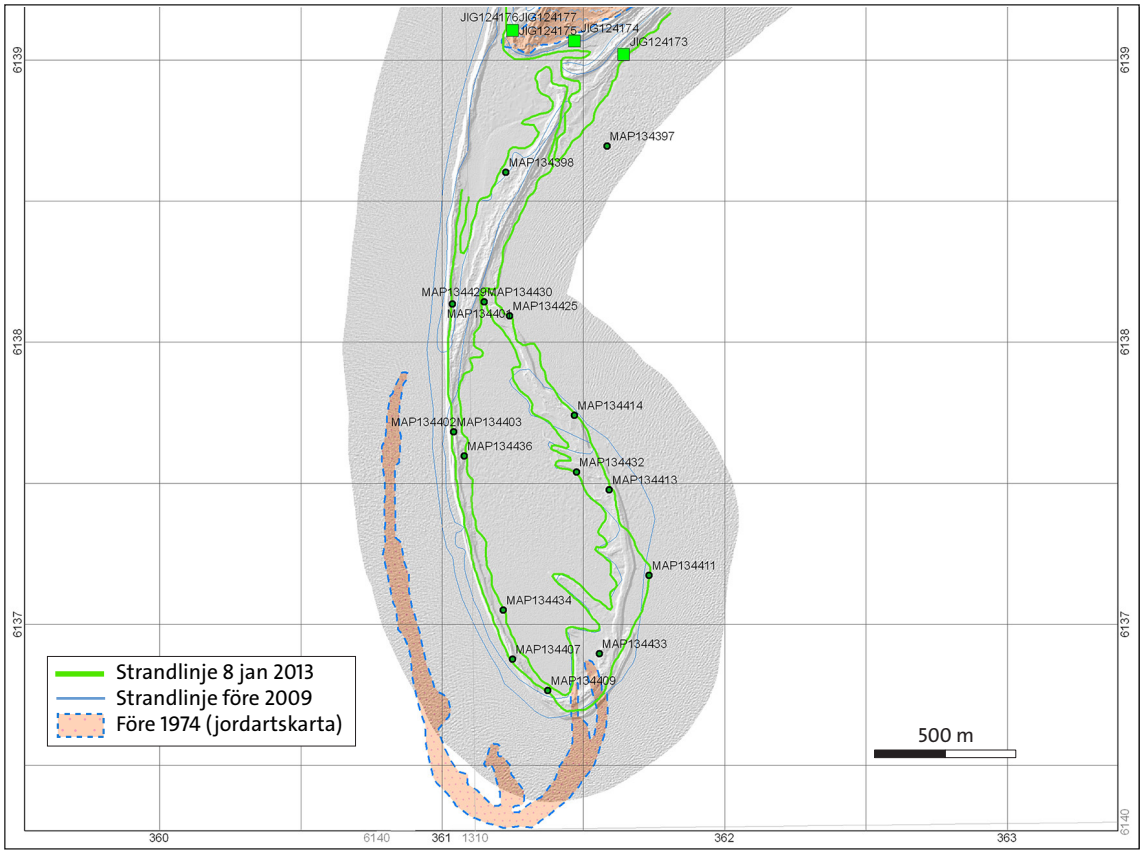
I stort sett tycks Falsterbohalvön fortfarande växa (Mattsson 2011). Vid en höjd havsnivå kommer dock erosionen sannolikt att öka och framför allt riskerar halvön att översvämmas, om inte detta förhindras, till exempel genom konstruktion av skyddsvallar.



Figur 13 B. Förändringar av strandlinjen vid Falsterbohalvön från 1940 till 2010. Halvön växer, sedan början av 1900-talet, i storlek.



Figur 13 C. Vattendjupförhållanden och terrängmodell längs med kusten av Falsterbohalvön. Notera de större sandvågorna eller revlarna väster om halvön som indikerar en nordlig sedimenttransport. Notera även de större sandvågorna vid Måkläppen och Falsterbo rev som indikerar en transport av sand från nordost-sydost.



Figur 14. Måkläppens utveckling med tre olika strandlinjer, den senaste (grön) uppmätt vid fältkarteringen av jordarterna i januari 2013. Den västra strandvallen har flyttat sig åt öster och nordost cirka 10 m per år.

Kusten söder om Malmö

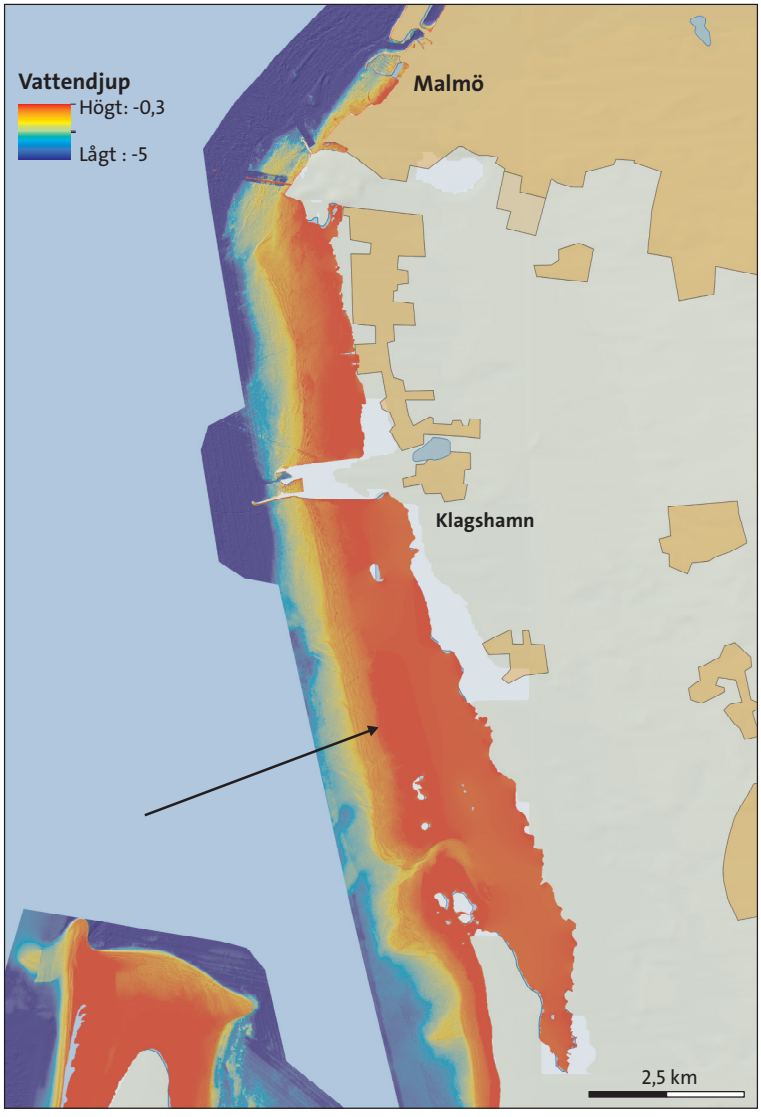
Kusten söder om Malmö, från brofästet till Foteviken, är synnerligen flack och utgörs huvudsakligen av betade strandängar. Den flacka kustremsan har en lutning på mellan 0,2 och 0,5 grader. Även havsbottnen utanför är mycket flack med ett vattendjup på endast 2 meter så långt ut i Öresund som 3,5–4 km från stranden (fig. 15).

I havsbottenytan dominerar finsand i ett tunt lager, med en mäktighet från någon decimeter till en halvmeter, ovanpå morän eller berggrund. Finsanden kan också vara huvudjordart med mäktigheter på upp till två meter. Trots dominansen av finsand närmast land är rörligheten av sediment låg här. I terrängmodellerna syns tydligt att sandrevlar och sandvågor förekommer fram till cirka 400 till 1500 meter från strandlinjen (fig. 16), vilket indikerar att sedimenten på havsbottnen framför allt är rörliga hit, men inte närmast stranden.

På strandplanet ligger ett upp till två meter mäktigt lager av moränlera ovanpå berggrunden, som utgörs av kalksten av paleogen ålder. Närmast strandlinjen täcks moränleran på många håll av marsktorv, det vill säga lager av omväxlande sand och torv. Den mycket flacka terrängen gör området till en lågenergikust, där vågorna bryter långt utanför stranden och ingen nämnvärd erosion äger rum. Istället sker en viss ackumulation av sand (Daniel 2006, Binderup 1998). Att stranden är mycket skyddad visar också vassvegetationen längs stranden.

Vad händer då vid en havsnivåhöjning på en meter? Strandzonen skulle fortfarande ha en mycket flack profil och stranderosionen skulle troligen vara begränsad. Däremot skulle strandängarna och den västra delen av bebyggelsen vid Strandhem bli översvämmade.

Figur 15. Söder om Malmö är havsbottnen flack och vattendjupet litet. Bilden är tagen söderut från Klagshamns udde och bottnen, som utgörs av finsand och grovsilt, syns tydligt. Vid fototillfället var vattenståndet –21 cm. Foto: Magnus Persson.



Figur 16. Terrängmodell av havsbottnen längs kusten söder om Malmö som visar att sandvågor och sandrevlar förekommer fram till cirka 0,5 till 1,5 km från strandlinjen, se pil. Detta indikerar att sediment framför allt är rörliga fram hit mot land på havsbottnen och att sedimentens rörelse på havsbottnen är liten inom de områden som är grundare än cirka 1 meter närmast land.

Lommabukten–Barsebäck–Lundåkrabukten

Kusten längs Lommabukten är relativt flack och har en varierande geologisk uppbyggnad. I de ytliga delarna dominerar sand, men denna är ofta ganska tunn och underlagras av moränlera och glacial lera. Längs vissa sträckor, framför allt söder om Bjärred, är kusten utsatt för erosion. Där skyddas kusten av erosionsskydd av olika slag (fig. 17). Även på havsbottnen dominerar sand som underlagras av moränlera. I området söder om småbåtshamnen i Lomma har under senare år skett en ackumulation av sand på den strandnära havsbottnen, vilket lett till en uppgrundning.

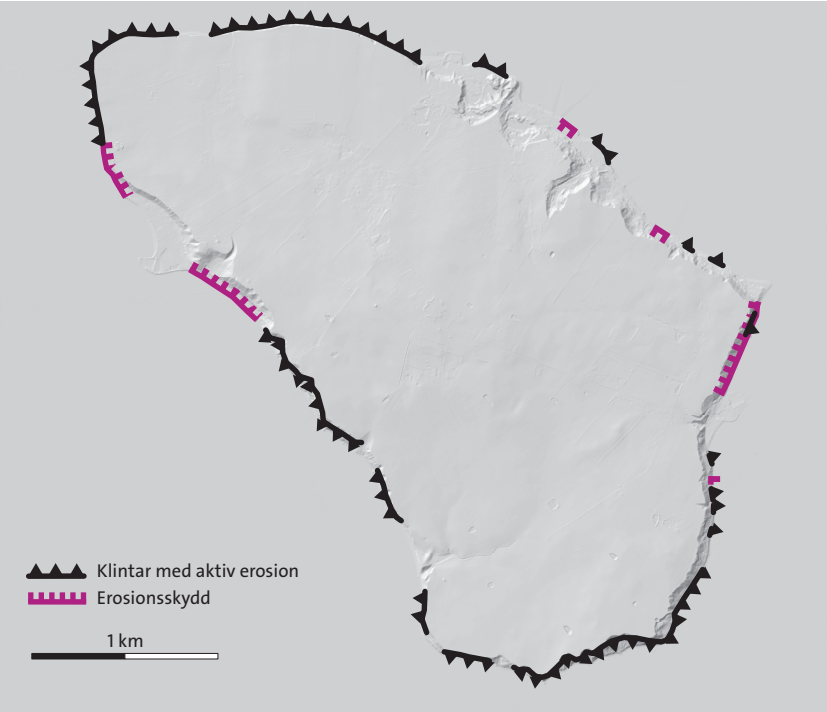
Stränderna vid de utstickande uddarna vid Vikhög och Barsebäckshamn byggs upp av lerig morän och moränlera, ställvis överlagrade av sand och grus. Lerig morän och moränlera dominerar också på havsbottnen, här med överlagrande osammanhängande skikt av silt, finsand, sand, grus och sten med varierande mäktigheter, från några centimeter till några meter. Stränderna är här huvudsakligen i balans, men längs en sträcka norr om Barsebäckshamn sker erosion i en klint i moränlera.

Längs Lundåkrabukten är både strandplanet och havsbottnen mycket flacka, särskilt i den norra delen. Stranden byggs upp av sand som till stor del utgörs av omlagrad isälvssand. På strandplanet finns ibland tunna lager av torv och i den norra delen av bukten även vassbälten. Även på havsbottnen finns ett mäktigt sandlager. Stränderna är inte utsatta för erosion.

Figur 17 A–D. A Erosionsskydd av flexplattor av betong, Bjärred. B. En mur skyddar fastigheten, Bjärred. C. En mur skyddar fastigheten, Bjärred. D. Erosionsskydd av block, delvis förstört, Bjärred. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Ven

Ven omges nästan helt av klintar med aktiv erosion (fig. 18). Jordlagren i klintarna utgörs främst av moränlera, sand, silt och glacial lera. Lagerföljden runt Vens kust har undersökts noggrant av Adrielsson (1984). I hennes avhandling finns ett stort antal ritningar och foton av skärningarna i klintarna. Den dokumentationen gjordes huvudsakligen på 1970-talet och vid jämförelser med klintarnas utseende idag kan man konstatera att förändringarna är relativt begränsade. Med andra ord har erosionen här gått långsamt på de flesta håll. En stigande havsyta skulle dock påskynda erosionen. Det grövre residualmaterialet på moränen i havsbottenytan, längs norra och södra sidan av ön, tyder på en här större exponering för bottenström. Det kan innebära att kusten här i framtiden kommer att vara mer utsatt för erosion och borttransport av material.



Figur 18 A. Ven omges av klintar med aktiv erosion (sicksacklinje) runt nästan hela ön. Erosionsskydd (lila linje) har konstruerats för att skydda bebyggelsen och hamnarna vid Kyrkbacken och Bäckviken.

Figur 18 B. Klint (”backafall”) på Ven med en komplex lagerföljd med moränlera i övre och undre delen, mellanlagrat av sand, silt och lera. Ett stort skred har gått i klinten. Skredärret syns högst upp till höger i bilden. Skredmassorna ligger på stranden nedanför klinten. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Hildesborg–Rydebäck

Längs kuststräckan från Hildesborg till Rydebäck finns långa sträckor med klintar som liknar klintarna runt Ven. Även i detta område har lagerföljden beskrivits av Adrielsson (1984). Jordlagren i klintarna domineras av finsand, silt och moränlera och erosionsprocesserna är desamma som runt Ven. Kusten här är mestadels långgrund och sandrevlar förekommer rikligt på bottnen längs stränderna. Mellan sandrevlarna kommer grövre material upp i bottenytan. Detta tyder på en emellanåt dynamisk botten, med sedimenttransport till och från stränderna.

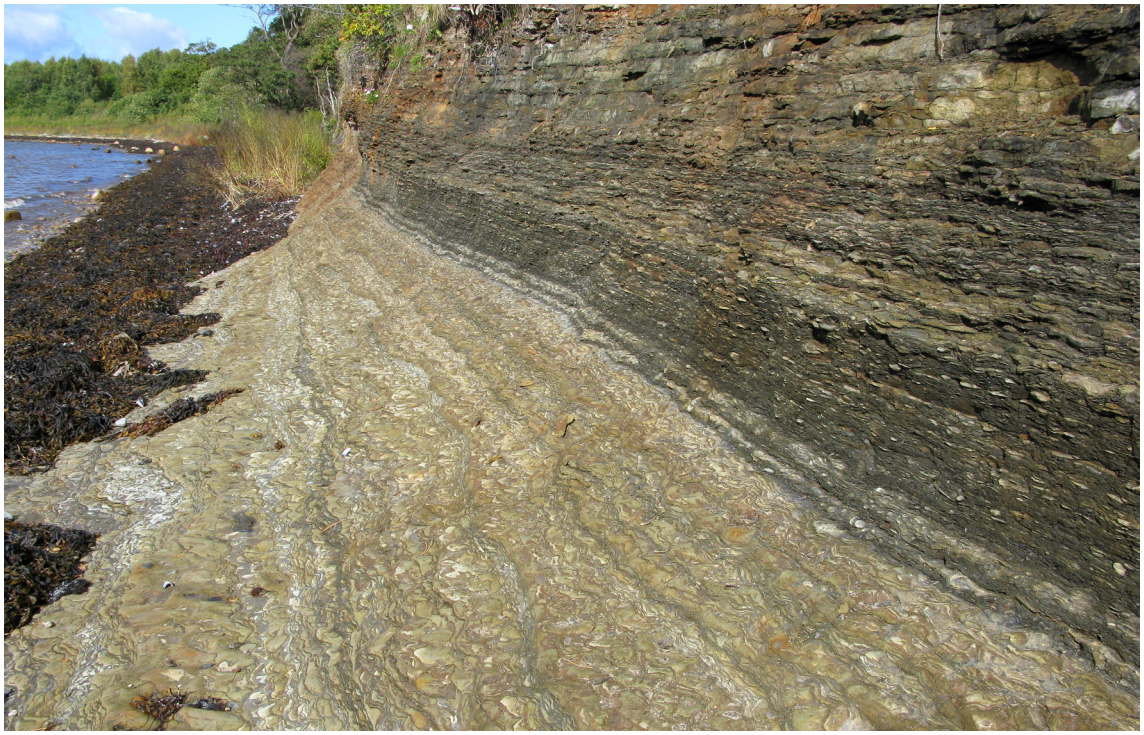
Helsingborg–Kullen

På denna kuststräcka domineras havsbottnen längs stranden av ytlig morän och berggrund med tunna överlagrande lager, upp till en halvmeter mäktiga, av grus till block direkt i bottenytan. Dessa sediment är relativt orörliga och stabila ur erosionssynpunkt, men längs vissa buktformade strandavsnitt har sandavlagringar ansamlats med mäktigheter upp till några meter. Dessa eroderas och ackumuleras växelvis och har en sedimentbudget som huvudsakligen är i balans inom områdena. En viss förlust av sand från dessa avlagringar till djupare vatten på måste dock alltid förväntas på längre sikt.

På stränderna dominerar sand och grus, oftast i ganska tunna lager ovanpå morän eller sedimentär berggrund. Längs ett par kustavsnitt, till exempel vid Sofiero och Kulla Gunnarstorp eroderas lös berggrund av jurassisk ålder (fig. 19). Denna erosion går dock långsamt.

Kullen

Stränderna runt Kullaberg är branta och består av hårt kristallint berg (fig. 3). I några små vikar finns klappersten. Den morän som troligen en gång funnits där har för länge sedan svallats bort. Söder om Mölle och längs sträckan från Arild till Rekekroken domineras stränderna av klapper och hällar av hårt berg. Detta innebär att någon ytterligare erosion runt Kullen inte kan förväntas.



Figur 19. Erosionsbrant i jurassisk siltsten vid Kulla-Gunnarstorp. Foto: Magnus Persson.

Liknande förhållanden, med stabil havsbottnen ur erosionssynpunkt, förekommer också nära stranden runt Kullen, trots en stark exponering. Längre ut från stränderna är bottnen här annars variationsrik både vad gäller sediment och djupförhållanden.

Skälderviken

Stranden i inre delen av Skälderviken utgörs av en sandstrand med dyner (fig. 20). I havsbottenytan förekommer över stora områden rörlig och relativt välsorterad fin–mellansand, med mäktigheter från några centimeter upp till cirka två meter. Läget är mycket skyddat med avseende på sedimenttransport längs stranden, där Kullaberg och Bjärehalvön utgör rejäla skyddsbarriärer. Det finns därför anledning att betrakta det inre av Skälderviken som ett slutet system när det gäller sedimenttransport. Trots detta har stranden vid Ängelholm eroderats kraftigt vid ett par stormtillfällen under senare år och det har även skett kraftig erosion av dynerna. Detta har skett vid stormar från nordväst, när vind och vågor haft fritt spelrum in mot stranden. Trots erosionen av dynerna har stranden inte blivit smalare, utan en jämförelse mellan flygfoton från olika år visar att stranden är smalare vissa år och bredare andra, vilket tyder på att sanden omfördelats, men finns kvar i systemet.

Vid vår kartläggning syntes spår av aktiv erosion framför allt på den norra delen av stranden vid Ängelholm, söder om Rönne å. Enligt en undersökning av Sweco (2011) har sanden på södra delen av stranden mindre kornstorlek än sanden på norra delen, vilket tolkas som att fint material har sköljts ut och transporterats nedströms, det vill säga söderut, längs stranden.

Riktningen på sandtransporterna beror på vindriktning och ström och kan därför vara såväl inåt och utåt som längs stränderna. Studier av historiska strandlinjer i flygfoton indikerar dock en viss strandtillväxt i de södra delarna, vilket kan innebära en nettotransport av sand söderut. Om sand tas bort från detta mer eller mindre slutna system kan risken för erosion längs stränderna öka. På längre sikt måste en viss förlust av sand till djupare vatten alltid förväntas.

Figur 20. Sandstranden vid inre delen av Skälderviken. Bilden är tagen i oktober 2012 och dynerna har utjämnats maskinellt efter adventsstormen 2011 då de eroderades kraftigt. Senare har dynerna åter eroderats och efterbehandlats vid flera stormtillfällen. Foto: Elisabeth Magnusson.

Bjärehalvön, Laholmsbukten och Hallands Väderö

Stränderna längs Bjärehalvön domineras av klapper och hårt berg – gnejs och kambrisk sandsten. Detta innebär att stränderna inte är erosionskänsliga. På södra sidan av halvön och i Laholmsbukten finns sandstränder.

På kuststräckan från Ängelholm till Båstad samt runt Hallands Väderö domineras havsbottnen längs stranden av ytlig morän och berggrund med tunna lager, upp till en halvmeter mäktiga, av överlagrande grus till block direkt i bottenytan. Dessa sediment är relativt orörliga och stabila ur erosionssynpunkt, men längs vissa buktformade strandavsnitt har sandavlagringar med mäktigheter upp till några meter ansamlats. Dessa eroderas och ackumuleras växelvis och har en sedimentbudget som huvudsakligen är i balans inom områdena. En viss förlust av sand från dessa områden till djupare vatten måste dock alltid förväntas.

Från Båstad till länsgränsen mot Halland förkommer inom stora havsbottenområden rörlig och relativt välsorterad fin–mellansand med mäktigheter från några centimeter upp till några meter. En jämförelse mellan flygfoton från olika år visar att stranden här växelvis är utsatt för erosion och ackumulation, vilket tyder på att sanden omfördelas, men finns kvar i systemet.

BESKRIVNING AV GEOLOGIN RUNT KUSTEN

Metodiken för kartläggningen av jordarterna i strandzonen, liksom av havsbottnens geologi, har beskrivits av Malmberg Persson m.fl. (2014), se även Nyberg m.fl. (pågående arbete). Fältkarteringen på stränderna gjordes huvudsakligen våren och hösten 2012, med några mindre kompletteringar våren 2013. Den maringeologiska undersökningen gjordes 2012–2014. Stränderna och de grunda delarna av havsbottnen är dynamiska miljöer, i ständig förändring, vilket gör att jordartskartan i vissa områden eventuellt inte längre stämmer i detalj.

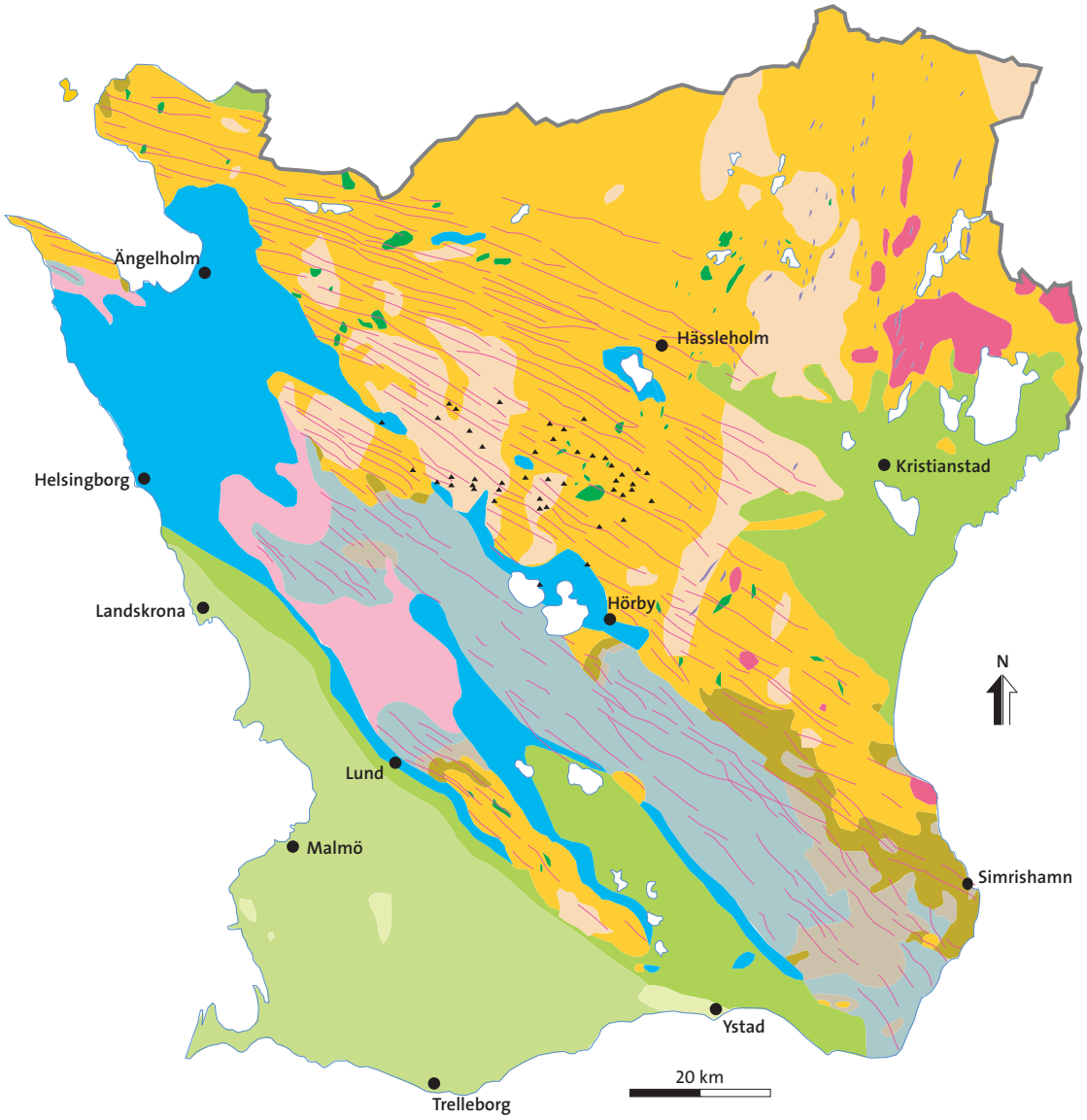
Sedimentkartorna för havsbottnen har en redovisningsform som bygger på den som används för jordartsinformationen på land. Det innebär att en geologisk terminologi används, samt att sedimentens fördelning är uppdelade i två skikt. Det ena skiktet visar den sedimenttyp som dominerar i den översta metern av havsbottnen och kallas för huvudjordart. Den ger havsbottnen sin allmänna karaktär i termer av ytformer, erosionsbeständighet, bärighet etc. Det andra skiktet visar tunna och osammanhängande sedimentlager i den direkta bottenytan (< 50 centimeters mäktighet), det kan vara grövre residualmaterial från till exempel morän, isälvsmaterial och glaciallera, eller tunna, både rörliga och ackumulerade, sand-, silt- eller lerlager som ibland likt en slöja överlagrar underliggande sediment.

Berggrund

Skånes kust är till största delen uppbyggd av lösa sediment, avsatta under eller efter den senaste istiden. På en del ställen saknas dock lösa jordlager och berggrunden är blottad. Skånes berggrund är synnerligen varierad med avseende på bergarternas sammansättning och ålder (fig. 21). På jordartskartan har berghällar delats in i tre klasser: berg (prekambrisk berggrund), sedimentärt berg (fanerozoisk sedimentär berggrund) och fanerozoisk diabas. Stora hällar har markerats som ytor på jordartskartan medan små bergblottningar markerats som punkter med ett plustecken.

Den äldsta berggrunden utgörs av kristallint berg av prekambrisk ålder (”urberg”), varav de vanligaste bergarterna är gnejs och granit. Längs stränderna dominerar dessa bergarter på Bjärehalvöns norra och västra del, på Kullaberg och vid Stenshuvud, samt på Hallands Väderö. Stränder som utgörs av prekambrisk berggrund är inte erosionskänsliga.

Yngre sedimentära bergarter påträffas på sina håll längs stränderna, oftast i små blottningar. Eftersom havsstränderna ständigt förändras stämmer inte alltid jordartskartan med dagens utseende. Små hällar som inte finns med på jordartskartan kan ha svallats fram av vågorna och andra hällar kan ha täckts av sand och är inte längre synliga. Ställvis är de sedimentära bergarterna



Figur 21. Berggrundskarta över Skåne.

Figur 22. Horsahallen – en häll i fanerozoisk diabas söder om Simrishamn. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

längs Skånes kust lösa, lättvittrade och lätteroderade och bildar därför inte klippstränder på samma sätt som det kristallina berget (fig. 19). Ett undantag är den hårda kambriska sandstenen som förekommer i relativt stora hällar längs Skånes östkust, mellan Vik och Gislövshammar (fig. 7), samt på Bjärehalvöns västra del, norr om Torekov.

Fanerozoisk diabas är en magmatisk gångbergart som trängt upp genom sprickor i berggrunden under perioderna karbon–perm. Den bildar hällar bland annat vid kusten söder om Simrishamn (fig. 22) och är mycket svåreroderad.

Berggrund på havsbotten

De undersökningsmetoder som SGU använder för maringeologisk kartläggning är främst lämpade för lösa sediment. Berggrundsytor, kalt berg och om berggrunden är kristallin eller sedimentär går oftast att identifiera och redovisas därför i kartbilden (se exempelvis fig. 23). Möjligheterna att mer i detalj studera och identifiera den marina berggrunden är begränsade. Generellt har kristallint berg en hård struktur och hög motståndskraft mot erosion. Detta medför att det kristallina bergets yta ofta är betydligt ojämnare än det sedimentära bergets yta.

Längs Skånes kust är berggrunden på den kustnära havsbottnen oftast densamma som på den kustnära landremsan. Ett undantag finns dock utanför Bjärehalvöns norra del, i Laholmsbukten, där en karbonatrik sedimentär bergart (kretaceisk kalksten) dominerar havsbottnen. Nära stranden förekommer dock kristallint berg i bottenytan från Segelstorp i väster till Kattvik i öster. Ett annat undantag är utanför Bjärehalvöns västra del, där en kristallin bergart finns på land, men en kvarts-fältspatrik sedimentär bergart (kambrisk sandsten) dominerar havsbottnen.

Figur 23. På flygfotot (från 2014) från kusten söder om Sofiero syns berggrunden på havsbotten. Berget består av jurassisk sandsten och lersten och lagringsstrukturerna syns tydligt.

Bergarten förekommer på stora ytor i bottenytan och vid strandkanten, från Segeltorp i norr till Torekov i söder. Från Torekov och söderut till Burensvik, samt runt hela Hallands Väderö, förekommer dock det kristallina berget på stora ytor i bottenytan.

Kristallint berg av prekambrisk ålder finns också i den strandnära bottenytan i nordvästra Skåne runt Kullen, från Mölle i söder till Svanshall i norr, samt vid Stenshuvud.

Jordarter

Morän

Morän är en osorterad jordart, det vill säga den består av en blandning av kornstorlekar från block till lerpartiklar. Moränerna avsattes i direkt anslutning till inlandsisen, antingen under isen eller i den yttre zonen av den avsmältande isen. Så gott som all morän i Skåne har bildats under den senaste istiden, Weichselistiden. Flera olika moränlager avsattes under denna tid och de kännetecknas i regel av olika kornstorlekssammansättning och olika bergartsinnehåll. Moränen indelas efter sin lerhalt uttryckt i viktprocent, se tabell 4.

Moränleror och leriga moräner dominerar i södra och västra Skåne, vilket främst beror på deras innehåll av mjuka sedimentära bergarter. I norra och nordöstra Skåne dominerar sandiga moräner som består av partiklar av kristallint berg.

Flacka moränstränder är vanligen inte särskilt erosionskänsliga. Där moränens yta svallas av havets vågor sköljs de finare partiklarna bort. Om moränen innehåller rikligt med block och sten kommer dessa att ligga kvar och bilda en sten- och blockmatta ovanpå den opåverkade

Tabell 4. Moräners indelning efter lerhalt.

Benämning	Lerhalt %
Lerfri morän	<5
Lerig morän	5–15
Morängrovlera	15–20
Moränfinlera	>25

moränen, vilket hindrar erosion. Så ser det ofta ut på de flacka moränstränderna i nordöstra Skåne (fig. 5). I andra fall kan moränen överlagras av tunna lager av sand eller grus. Så är det till exempel på den flacka kusten söder om Malmö, där marken utgörs av moränlera som delvis överlagras av tunna lager av torv och sand.

Där stränderna är branta bildas klintkuster där moränbranterna undermineras av vågorna. På grund av ras och skred hamnar moränen så småningom på strandplanet och svallas där av vågorna. Sådana moränkuster finns på flera håll runt Skånes kust (fig. 12).

På havsbottnen i områden som utsatts för starka våg- och strömrörelser är finmaterialet i ytan på moränen ursköljt. Där betecknas moränen som svallad och ytsedimentet utgörs av ett residualsediment bestående av material som lämnats kvar, till exempel sten och block. Moränen på havsbottnen längs Skånes kust har i regel samma sammansättning som moränen på närliggande landområde och utgörs mestadels av moränlera.

Lerfri morän dominerar längs nordvästra Skånes kust, norr om Lervik och Hallands Väderö, samt mellan Mölle och Jonstorp och norr om Åhus längs nordöstra Skånes kust.

Inom huvuddelen av det kartlagda havsbottenområdet ligger moränen direkt på berggrunden och finns direkt i havsbottenytan över stora arealer, med ett överlagrande tunt residuallager av sand, grus, sten och block, men även med överlagrande tunna transportlager av grus, sand och silt.

Moränens mäktighet varierar oftast från någon meter till tio meter, men kan ställvis uppgå till cirka 15–20 meter (se Nyberg m.fl., pågående arbete).

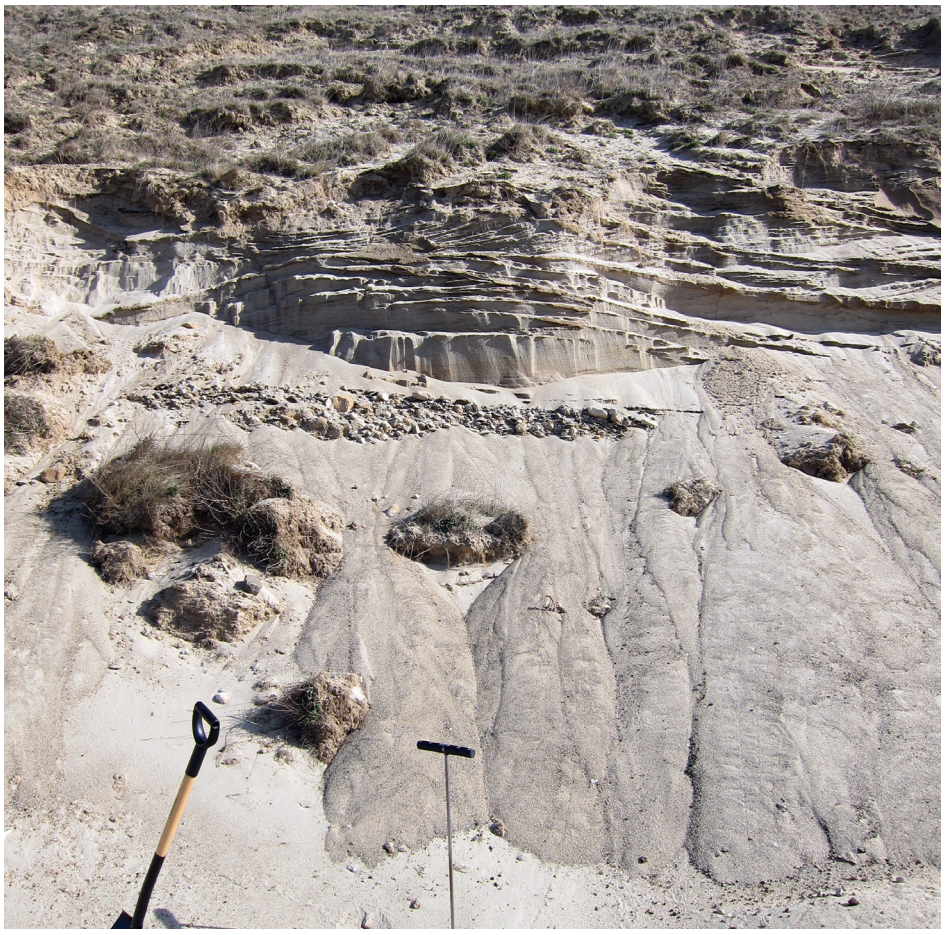
Isälvssediment

Isälvssediment består av sand, grus och sten som transporterats och sorterats av isens smältvatten. Sedimenten har avsatts som till exempel rullstensåsar och isälvsdeltan. Isälvsavlagringarna i närheten av Skånes kuster består i regel huvudsakligen av sand. Där isälvsavlagringar ligger intill kusten eroderas de välsorterade sedimenten lätt av vågorna och sandstränder bildas. Isälvsavlagringarna utgör en källa till sand som påförs stränderna efterhand som erosionen framskrider.

Den största isälvsavlagringen på land längs Skånes kust är Kåsebergaåsen, som sträcker sig längs östra delen av Skånes sydkust, från Kabusa till Löderup. Den är ingen egentlig rullstensås utan ett stort isälvsdelta med komplex uppbyggnad. Hela södra delen av avlagringen, det vill säga mot kusten, utgörs av en erosionsbrant (fig. 24 och 25). Denna erosion kan till stor det ha skett under Litorinatid, det vill säga för cirka 7 000–4 000 år sedan, då havets yta låg cirka fem meter högre än idag (Davidsson 1963). På strandplanet nedanför branten har isälvssedimenten omlagrats av vågor och vind och sedimenten betecknas på kartan som postglacial sand eller grus. I den undre delen av avlagringen dominerar stenigt grus, vilket överlagras av sand (Daniel 1986). Isälvssanden är i de övre delarna omlagrad av vinden till flygsand på många ställen.

Sand från Kåsebergaåsen har under långa tider transporterats österut med vågor, strömmar och vind, exempelvis till Löderup, Sandhammaren och Sandhammaren bank. Isälvsmaterial återfinns i havsbottenytan längs kusten vid Kåseberga, där avlagringen tillhör samma isälvsdelta som påträffas på land.

Figur 24. Kåsebergaåsens branta, eroderade avgränsning mot söder. Stranden består av sand och grus som till stor del kommer från isälvssedimenten i åsen. Foto: Elisabeth Magnusson.



Figur 25. Isälvssediment bestående av sand och grus i Kåsebergaåsen. Foto: Elisabeth Magnusson.

Saxtorpsdeltat är en annan stor isälvsavlagring. Det ligger på Skånes västkust, vid Lundåkrabukten mellan Hofterup och Häljarp. I södra delen avgränsas deltat i väster av ett 6–7 meter högt strandhak ner mot strandplanet och Öresund. Strandhaket bildades under Litorinatid. Deltat har en flack överyta och är till största delen uppbyggt av sand, med inslag av grus i övre delen (Ringberg 1976).

En stor och mäktig sammanhängande isälvsavlagring på havsbottnen finns söder om Åhus. Denna stora avlagring har en total sedimentmäktighet på som mest 90 meter och en mycket komplex uppbyggnad. Den är avsatt i en sänka i den sedimentära berggrunden, direkt på densamma. Mycket av den sand som förekommer på havsbottnen i denna del av Hanöbukten har sitt ursprung från denna isälvsavlagring.

I havsbottenområden där isälvsavlagringar har utsatts för starka vågrörelser är de i likhet med moränen svallade och uppvisar vanligen en yta dominerad av grus, sten och block. Tunna ytlager av grus, sand och silt i transport kan dock också förekomma.

Glacial grovsilt–finsand

De jordarter som har beteckningen glacial grovsilt–finsand på jordartskartan utgörs av issjösediment. Dessa sediment finns dels på Skånes östkust, dels på västkusten från Rydebäck och söderut, där de syns i kustklintarna. Sedimenten består huvudsakligen av finsand, med inslag av mellansand och silt, och har avsatts under den senaste istiden i issjöar som dämts upp av inlandsisen. Sedimenten är mycket skredbenägna och lätteroderade.

Glacial finsand och silt är relativt vanligt förekommande även på havsbottnen längs Skånes kust. I den maringeologiska kartan har dock dessa sedimenttyper sammanförts med isälvsmaterial eftersom de framför allt återfinns i närheten av isälvsavlagringarna där de oftast överlagras av glacial lera och postglaciala avlagringar.

Glacial lera och glacial silt

Lera och silt utgör det allra finaste materialet som transporterats av isens smältvatten. Det har avsatts på botten av issjöar och ishav. Lera och silt finns fläckvis ovanpå morän och isälvssediment på många ställen. Tjocka lager av lera och silt förekommer också längs kusten och exponeras på sina håll i klintar (fig. 8). Leran och silten kan överlagras av yngre svallsediment och kan också utgöra lager i komplexa lagerföljder. Dessa finsediment är mycket skredbenägna, i synnerhet silt.

Den glaciala leran är vanligt förekommande på havsbottnen längs Skånes kust, men förekommer framför allt nära bottenytan i Laholmsbukten, Skälderviken, söder om Ystad och i Hanöbukten. De ytor som är markerade som glacial lera i den maringeologiska kartan är överallt täckta av ett några centimeter till några decimeter mäktigt svall- eller transportskikt bestående av sten, grus, sand eller finsand. Glacialleran söder om Åhus har mäktigheter uppåt 40 meter, och i Skälderviken samt Laholmsbukten uppåt 80–100 meter.

Glacial lera karaktäriseras av en låg (vanligen under en procent) organisk halt, en hög lerhalt och hög plasticitet. Den innehåller sporadiskt sand- och gruspartiklar, samt stenar som i samband med inlandsisens avsmältning smält fram och tappats av isberg. Erosionskänsligheten är normalt relativt låg på grund av starka kohesionskrafter mellan partiklarna i glacialleran, men i grunda havsbottenområden som utsätts eller har utsatts för kraftig vågpåverkan, och i områden utsatta för starka strömmar, är den glaciala leran vanligen eroderad. Ytan täcks då, som nämnts, normalt av ett tunt residuallager av sand, grus, enstaka stenar och block, som vågor och strömmar eroderat fram men inte förmått transportera bort.

Klapper

Svallsedimenten bildas genom att vågsvall och bränningar under lång tid bearbetar kust och grundområden, samt transporterar och sorterar jordpartiklarna efter kornstorlek. Dessa bildningar återfinns i allmänhet i bränningszonen. Svallsedimenten överlagrar normalt andra sediment eller berg, men kan också underlagra finkorniga sediment i områden som genom landhöjningen hamnat i ett för vågor mindre exponerat läge.

Klapper är det grövsta svall- och strandsedimentet som förekommer på land. Det utgörs av sten och block som frisköljts, avrundats och anhopats i de för vågorna mest utsatta lägena. Klappern ligger ofta ansamlad i strandvallar (fig. 26). Stora klapperfält finns till exempel längs Kullahalvön och runt Bjärehalvöns yttre delar. Klapperstenar kännetecknas som regel av sin välrundade form (fig. 27), men längs långa sträckor, bland annat Kullahalvöns norra sida och bitvis på Bjärehalvön, består klapperfälten av kantiga stenar av den lokala gnejsberggrunden samt kambrisk sandsten (fig. 28).

Postglacial grus och sten

Postglacial grus och sten betecknar det grövsta svall- och residualsedimentet på havsbottnen och förekommer eller har förekommit i områden med stark våg- och strömexponering. På havsbottnen i Skånes kustområde förekommer postglacial grus och sten på stora ytor, både som huvudjordart mäktigare än en halvmeter, och som tunt lager direkt i bottenytan.

Postglacial sand och grus

Postglacial sand och grus betecknar i regel svallsediment och strandsediment. Dessa sediment bildas genom vågornas bearbetning av morän eller isälvssediment i strandzonen. På grund av landhöjningen efter istiden finns svallsediment på nivåer högt över dagens stränder. Till exempel finns vid Stenshuvud en serie strandvallar på nivåer upp till 32 meter över havet, vilket där motsvarar Högsta kustlinjen, det vill säga den högsta nivå som Västerhavet eller Östersjön i olika stadier nått sedan inlandsisen lämnade området.

För cirka 7000–4000 år sedan steg Litorinahavet, en föregångare till Östersjön, till nivåer som idag ligger från cirka fem meter över havet i södra Skåne och upp till tio meter över havet i norra Skåne. Längs denna nivå finns sträckvis en tydlig strandvall, ofta med en gammal landsväg på krönet.

Sand och grus på den nuvarande stranden betecknas också som postglacial sand och grus. Stränderna är dock mycket dynamiska miljöer; strandvallar byggs upp och försvinner. Serier med parallella strandvallar finns till exempel norr om Torekov (fig. 29) och norr om Brantevik. Förutom vågornas effekt på strandmaterialet spelar vindtransport en viktig roll på sandiga stränder. Sandstrand är den vanligaste strandtypen längs Skånes kust; cirka 25 procent av kusten utgörs av sandstrand.

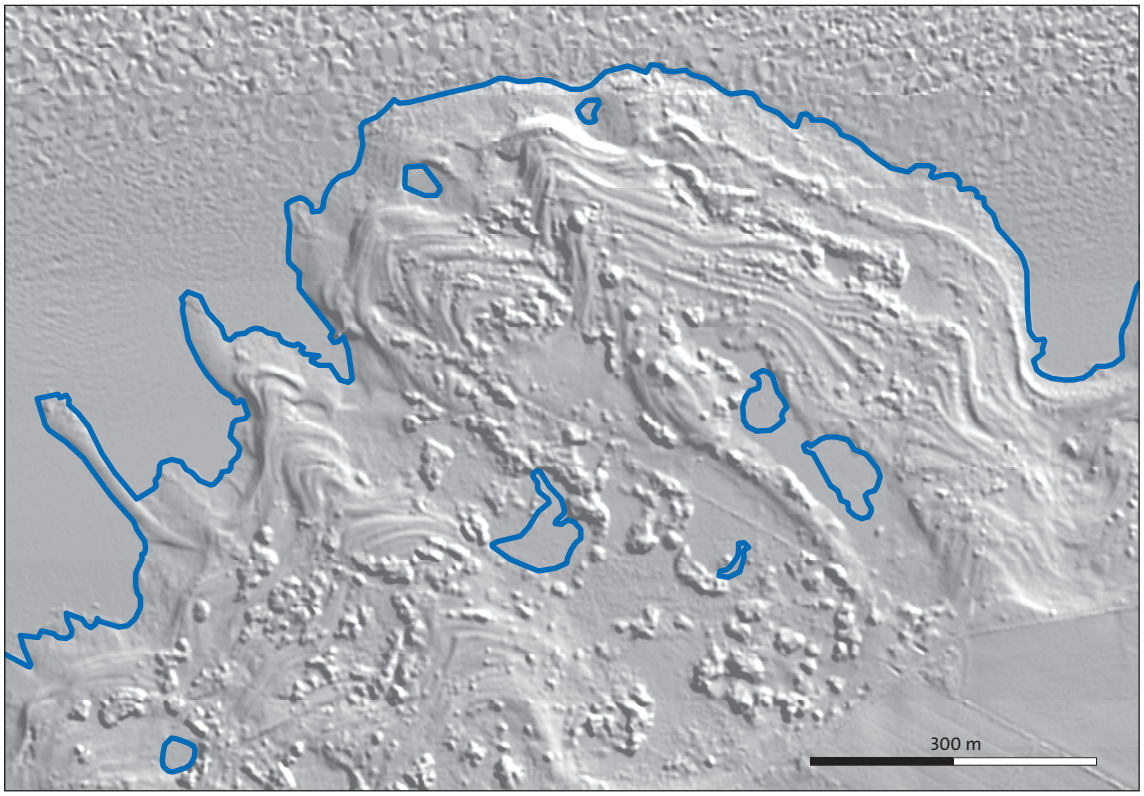
Postglacial sand och grus är relativt välsorterade sediment. De förekommer på transportbottnar och avsätts i mindre exponerade lägen och i områden en bit ut från stranden, i områden med liten strömpåverkan, i sänkor, samt vid hinder som land eller grunda bottenområden. Postglacial sand och grus kan även förekomma som svallavlagringar och tunnare residualsediment.

På havsbottnen längs Skånes kust förekommer stora mängder postglacial sand och grus, både som huvudjordart mäktigare än en halvmeter, och som tunt lager direkt i bottenytan överlagrande andra sediment eller berggrund. Generellt är kornstorleken i sedimenttypen grövre ju mer utsatt för vågor och bottenströmmar och ju närmare land materialet återfinns. Mäktigheten varierar och uppgår som mest till cirka 5–10 meter.

Figur 26. Strandvall av stenig grusig klapper söder om Lerhamn. En sådan vall kan bildas vid ett enda storm-tillfälle. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Figur 27. Klapper-fält med välrundade klapperstenar söder om Mölle. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Figur 28. Klapper-fält med kantiga stenar av gnejs söder om Torekov. Foto: Kärstin Malmberg Persson.



Figur 29. Parallella strandvallar norr om Torekov syns tydligt i nationella höjdmodellen.

Postglacial finsand

Den jordart som betecknas som postglacial finsand är ett mycket välsorterat sediment som består av både finsand och mellansand. Den förekommer frekvent på transportbottnar och avsätts i mindre exponerade lägen och i områden längre ut från stranden, i områden med liten strömpåverkan, i sänkor, samt vid hinder som land eller grundare bottenområden. Finsanden överlagrar normalt andra sediment, men kan i vissa fall underlagra finkornigare sediment, något som exempelvis sker om miljön ändrats och blivit mindre exponerad. Den postglaciala finsanden är mycket erosionskänslig.

Postglacial finsand påträffas med mäktigheter på några meter, men även allmänt på havsbottnen i kartområdet som ett tunt lager ovanpå andra jordarter. Postglacial finsand finns också på stränderna, till exempel på Falsterbohalvön.

Flygsand

Flygsand är en mycket välsorterad jordart som nästan enbart består av fin- och mellansand. Där jorden är obunden av vegetation, till exempel på stränder, kan vinden virvla upp sandkorn och transportera dem i luften. Flygsanden avsätts så småningom i drivor, så kallade dyner eller klitter (fig. 10). Dessa är mycket vanliga längs Skånes sandiga kuster. Stora flygsandfält med dyner finns bland annat vid Sandhammaren och vid Furuboda/Friseboda. En ryggformad sanddyn utgör ofta strandzonens begränsning mot land (fig. 30). På jordartskartan hittar man flygsand dels som flygsandfält, dels som dynryggar.

Vindtransport av sand är en starkt bidragande orsak till stranderosion på sandiga stränder. Vid höga vågor eroderas dynerna och en brant uppstår i sanden. Om dynerna är låga kan höga vågor slå över eller bryta igenom dynerna med risk för översvämning i låglänta områden innanför dynerna.

Figur 30. Sandstranden öster om Ystad begränsas av en dyn med en erosionsbrant mot havet. Foto: Elisabeth Magnusson.

Postglacial lera, gyttjelera och lergyttja på havsbotten

Vid erosion av tidigare avsatta sediment suspenderas de minsta partiklarna och kan med vattenmassorna transporteras långt bort från källområdet innan de så småningom avsätts som lera långt ut från stranden eller i vikar och fjärdar som är skyddade mot vågor och strömmar. De postglaciala lerorna kan vara laminerade, det vill säga innehålla mer eller mindre regelbundna strukturer och skikt. I vissa fall kan lamineringen sammankopplas med årstidsvariationer i sedimenttillförseln, i andra fall med variationer i bottenvattnets syresättning (växlingar mellan oxiderande och reducerande förhållanden).

Perioder då laminerade finkorniga sediment har bildats har förekommit under hela den postglaciala perioden. I svenska havsområden är laminerade sediment vanligast i Östersjön och återfinns främst i slutna bäcken, vikar samt i fjärdar med begränsad vattenomsättning. Om lerpartiklarna har transporterats med sötvatten till salt havsvatten har sedimentationen påskyndats till följd av de flockuleringsprocesser, det vill säga att små partiklar binds samman till större, som uppstår i mötet med den marina miljön i vattendragens mynningsområden. Efter stigande halt av organiskt material kan de finkorniga sedimenten delas in i postglacial lera, gyttjelera, lergyttja eller gyttja. I den maringeologiska kartan särskiljs inte dessa lertyper. På land finns dessa jordarter i strandnära våtmarker (se nedan).

Områden med kontinuerlig, nutida sedimentation av finkorniga sediment, så kallade depositionsområden, innehåller ofta en hög komponent av organiskt material. Detta utgörs av rester från organismer från såväl vatten som land. Det organiska materialet har väsentligt lägre täthet än oorganiska partiklar av samma storlek och sjunker således långsammare till bottnen. Det är

Figur 31. Flack strand med gyttja och vassvegetation vid Gessie, söder om Malmö. Här sker ingen stranderosion. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

orsaken till att organiskt material i huvudsak avsätts i lugna och skyddade havsmiljöer, det vill säga samma miljöer som lera och finsilt sedimenterar i. I mäktigare avlagringar kan halten av metangas vara betydande. Metangasen bildas av mikroorganismer vid nedbrytning av organiskt material i sedimenten.

Erosionskänsligheten är mycket hög i okonsoliderade leror, det vill säga leror med hög vattenhalt och pågående sedimentation. Till följd av kohesiva krafter är känsligheten betydligt lägre i konsoliderade leror. De postglaciala lerorna uppvisar på havsbottnen normalt en jämn och strukturlös yta.

Längs Skånes kust förekommer postglaciala leror, gyttjeleror och lergyttjor utanför Kullen, i Valjeviken och i Öresund.

Torv och gyttja på land

Torv består av döda och delvis förmultnade växtdelar som bevarats i fuktig miljö, såsom kärr och mossar. Grundvattenytan ligger där nära markytan. Gyttja består av finkorniga rester av döda organismer och avsätts på botten av sjöar och grunda havsvikar. De gyttjiga sedimenten har delats in i gyttja respektive lergyttja/gyttjelera. Längs Skånekusten finns torv och gyttja på flera ställen, bland annat som vassbevuxna våtmarker närmast vattnet vid flacka stränder (fig. 31). Kärr finns till exempel innanför sanddynerna vid Bingsmarken, öster om Skateholm på Skånes sydkust.

På många ställen längs kusten ligger tunna torvlager på morän eller sand. Där stranden har ett lager av torv eller gyttja indikerar det att ingen nämnvärd erosion pågår.

Figur 32. Ön i Limhamn består av fyllning som utgörs av flinta och kalksten från Limhamns kalkbrott. Längs den västra sidan skyddas stranden av block. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

Svämsediment

Svämsediment avsätts längs åar och bäckar vid högvatten. Sedimenten är i regel sandiga till leriga, med inslag av organiskt material. Svämsediment har avsatts runt många av de skånska åarna och finns till exempel runt mynningen av Lödde å och Rönne å.

Marsk och tunna torvlager på sand eller morän

I marskområden utgörs det översta jordlagret av växlande skikt av sand och torv. Begreppet marsk syftar egentligen på tidvattenpåverkade kustområden där sandiga–leriga sediment avsätts vid växlingen mellan ebb och flod. Tidvattnet saknar i praktiken betydelse längs Skånes kust, men vattenståndet varierar ändå och detta skapar liknande miljöer. Längs Skånes kust är marsk vanligast på flacka moränstränder, till exempel i nordöstra Skåne och längs kusten söder om Malmö (fig. 4), men marskområden förekommer även på flacka sandkuster.

Fyllning

Beteckningen fyllning innebär att den ursprungliga markytan täcks av främmande material, till exempel schaktmassor eller byggnadsavfall. Beteckningen har använts där inga naturliga jordlager finns i strandzonen, framför allt vid hamnanläggningar och tätbebyggda områden. Hela kustzonen vid Malmö stad är till exempel klassificerad som fyllning. Den ursprungliga strandlinjen låg långt innanför dagens kustlinje. Hela Klagshamns udde består av överblivna massor från det tidigare kalkbrottet i Klagshamn, främst flinta, förkislad kalksten och morän. På motsvarande sätt är Ön i Limhamn uppbyggd av överskottsmaterial från Limhamns kalkbrott (fig. 32).

Övrig information som insamlats i fält

Lagerföljder

Ett antal lagerföljder i de skärningar som finns längs stränderna har dokumenterats. Dessutom finns information om havsbottnens lagerföljder i alla de profiler som mätts med sedimentekolod och seismik samt längre provtagningar som utförts (se Nyberg m. fl. pågående arbete). Utvalda delar av denna information kommer att publiceras i rapportform och finns lagrad i SGUs databaser.

Vid bedömningen av ett kustavsnitts erosionskänslighet har hänsyn tagits till lagerföljderna. Till exempel finns ofta ett lager svallgrus eller svallsand ovanpå morän (fig. 12), vilket innebär att det är moränens känslighet för erosion som är avgörande, inte sandens. Komplexa lagerföljder med flera olika moräner samt grus-, sand-, silt- och lerlager finns i de kustklintar som kantar Skånekusten på flera ställen längs öst- och västkusten och runt Ven. Lagerföljden vid Glumslöv och runt Ven har beskrivits av Adrielsson (1984).

Jordartskartan visar vilken jordart som finns på cirka 0,5 meters djup. Eftersom underliggande jordarter kan påverka behöver inte den jordart som jordartskartan visar vara avgörande för ett kustavsnitts erosionskänslighet.

Brant med aktiv erosion

Kuststräckor med aktiv erosion dokumenterades vid fältkarteringen och har fått en enhetlig symbol i kartan. Fältkarteringen gjordes huvudsakligen under våren och hösten 2012. Några mindre områden kartlades 2013. Aktiv erosion dokumenterades längs sex procent av Skånes kuststräcka (cirka 37 km). Utbredningen av aktiv erosion kan ha ändrats en del sedan dess. Till exempel skedde en omfattande erosion i samband med stormen Sven den 5 december 2013. Beteckningen aktiv erosion har använts där en minst en meter hög, aktiv, vegetationsfri erosionsbrant påträffades vid karteringen. Aktiv erosion har kartlagts i kustklintar, i strandvallar och i sanddyner (fig. 6, 8, 12, 18B, 19 och 30).

Kuststräckor som varit utsatta för erosion har ofta någon typ av strandskydd. Det innebär att sträckor med erosionsskydd (se nedan) också kan utsättas för stranderosion om skydden inte är effektivt konstruerade eller har förstörts.

En annan typ av aktiv erosion är sedimenttransport med vind, vågor och strömmar längs kusten. Där en aktiv erosionsbrant saknas har denna typ av stranderosion inte markerats i jordartskartan, utan beskrivs i avsnittet ”Faktorer som påverkar erosionen, processer i strandzonen”. Dessa sträckor är markerade som sand- och grusstränder med betydande nettoerosion (strandtyp K) i SGUs databaser.

Erosionsskydd

Åtgärderna för att förhindra erosion brukar delas in i hårda och mjuka erosionsskydd. De vanligaste erosionsskyddens konstruktion och funktion beskrivs av Johansson (2003). Mjuka erosionsskydd kan vara till exempel kokosmattor eller olika typer av planteringar som binder sedimenten. Längs sandiga kuster med stora erosionsproblem, till exempel i Nederländerna och på Jyllands västkust används numera ofta strandfodring för att skydda stränderna. Detta innebär att stränderna fylls på med sand som i regel hämtas från närliggande havsbotten. Allt eftersom erosionen fortsätter måste stränderna underhållas med ny sand. I Skåne har Ystads kommun för första gången i Sverige utfört strandfodring i stor skala (Sweco 2013).

Dessa olika typer av mjuka erosionsskydd har inte inventerats i den här undersökningen. Vid karteringen längs Skånes kust har endast hårda skydd markerats. Många strandskydd längs kusten är ganska illa medfarna av vågor och stormar. Bara de som bedömts ha någon effekt har tagits med

Figur 33. Kustparallella gamla vågbrytare väster om Trelleborg, förmodligen med begränsad effekt. Foto: Kärstin Malmberg Persson.

vid inventeringen. Erosionsskydd kartlades längs fem procent (cirka 30 km) av Skånes kuststräcka.

De hårda skydd som har markerats är av tre olika typer: strandskoningar, hövder och vågbrytare. Strandskoningar är mycket vanliga och kan vara konstruerade på flera olika sätt. Vanligast är block eller sprängsten som läggs ut längs stranden (fig. 11 och 32). Förutom ett skyddande harnesk av stenblock finns många andra typer av strandskoningar. En stor variation av skyddande konstruktioner finns längs kusten i Bjärred (fig. 17).

Hövder är pirar, oftast av stenblock, som byggs vinkelrätt ut från stranden (fig. 11). Hövder är mycket vanliga längs den skånska kusten. Syftet med konstruktionerna är att förhindra sedimenttransport längs kusten. Många är dock i dåligt skick och har knappast längre någon större effekt.

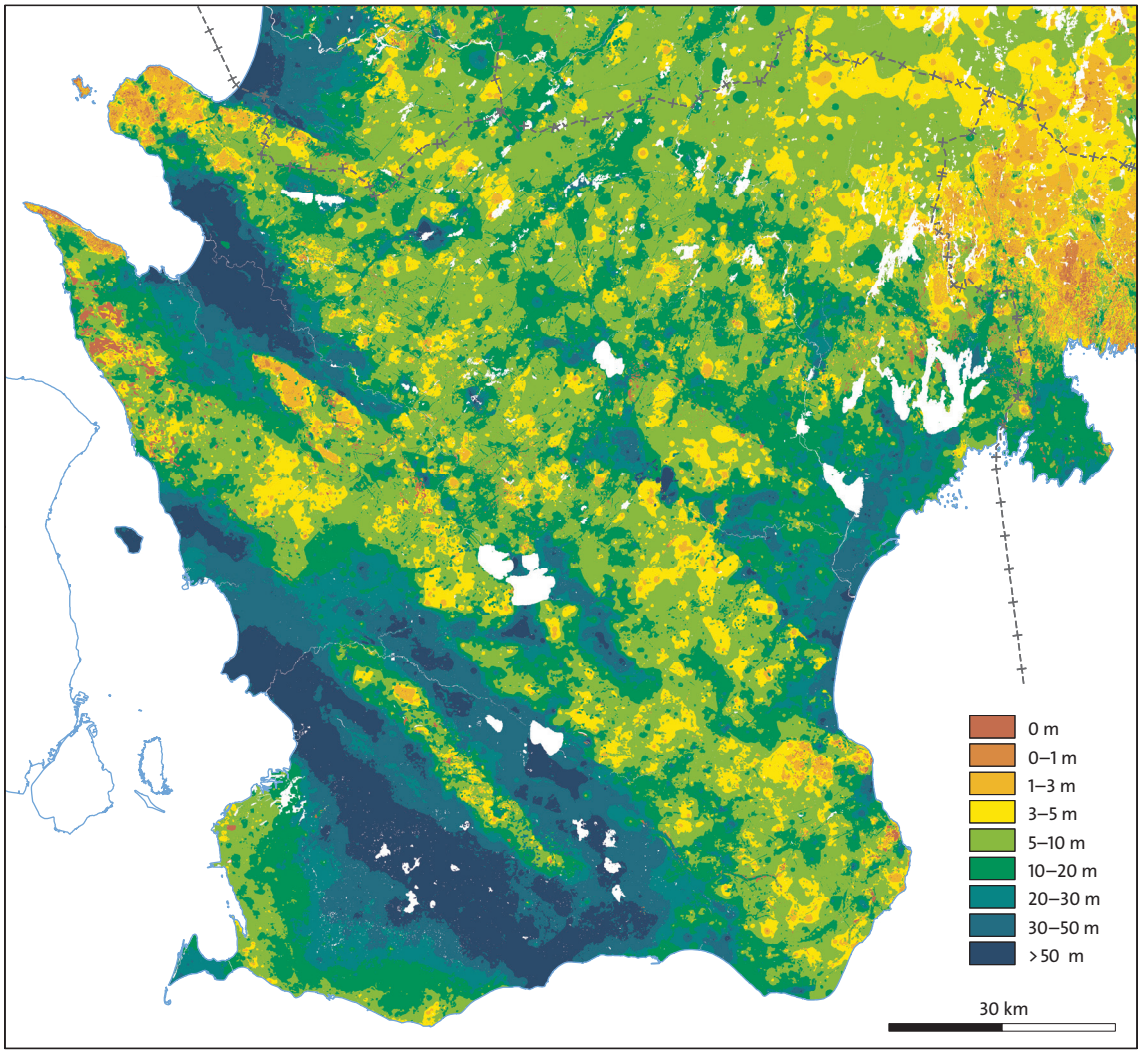
Vågbrytare av sten eller betong parallellt med stranden (fig. 33) är mindre vanliga, men finns här och där, främst vid sydkusten.

Morfologi

Jordskred och raviner

I kartvisaren Skånestrand och SGUs databaser visas var raviner i lösa jordlager har påträffats. Skred och ravinbildning sker i regel i leriga och siltiga jordar. De skredkänsliga delarna av Skånes kust finns vid branta kustavsnitt med sådana jordarter. I SGUs kartvisare ”Jordskred och raviner” har skredärr endast markerats på Ven och vid Glumslöv, där ett antal stora skred ägt rum (fig. 18). Dessa har en tydlig morfologi och kan lätt karteras med hjälp av nationella höjdmodellen. Många mindre skred och ras har skett och sker längs alla klintar med aktiv erosion längs Skånes kust.

Raviner finns på många ställen i finkorniga jordarter längs kusten. De är smala, branta dalgångar som uteroderats av rinnande vatten i kombination med sluttningsprocesser. Det rinnande vattnet utgörs ofta av grundvatten som läcker ut i ett sandigt lager i en sluttning. Ett antal raviner finns till exempel i den sandiga branten mot stranden vid Ravlundafältet norr om Haväng.



Figur 34. Jorddjupskarta över Skåne.

Strandhak

Ett strandhak är ett hak i kustprofilen som bildas genom vågerosion och ras. Strandhak där erosion pågår har markerats på jordartskartan med beteckningen ”aktiv erosion”. Fossila strandhak har inte särskilt markerats på jordartskartan, men finns bland annat på Litorinahavets nivå till exempel norr och söder om Rydebäck, vid Saxtorpsdeltat, vid Bjärred och längs Ribersborgsstranden i Malmö.

Jordlagrens mäktighet

Jordtäckets mäktighet på land framgår av fig. 34. De stora dragen i kartbilden beror på den underliggande berggrunden, som är en mosaik av bergarter med olika ålder och sammansättning samt av den tektoniska utvecklingen i Skåne med storskaliga rörelser i jordskorpan som format höjdryggar och sänkor. Berggrunden går i dagen på ett fåtal ställen längs kusten. Jordlagrens mäktighet är stor på till exempel Ängelholmsslätten och i Alnarpssänkan – den jordfyllda dalgång som sträcker sig från Abbekås mot nordväst till Löddeköpinge, Ven och vidare mot Själland. På Ven är jordlagren mer än 50 meter mäktiga, det vill säga hela ön består av lösa sediment.

Övriga maringeologiska informationskikt

Se Malmberg Pärsson (2014) samt Nyberg m.fl. pågående arbete, för mer detaljerade beskrivningar av hur den maringeologiska undersökningen utförs.

Terrängmodell (batymetri)

Terrängmodellen av havsbottnen är skapad utifrån hopslagna djupdata insamlade av SGU med de hydroakustiska instrumenten multistråleekolod och interferometrisk sonar samt av kommunerna

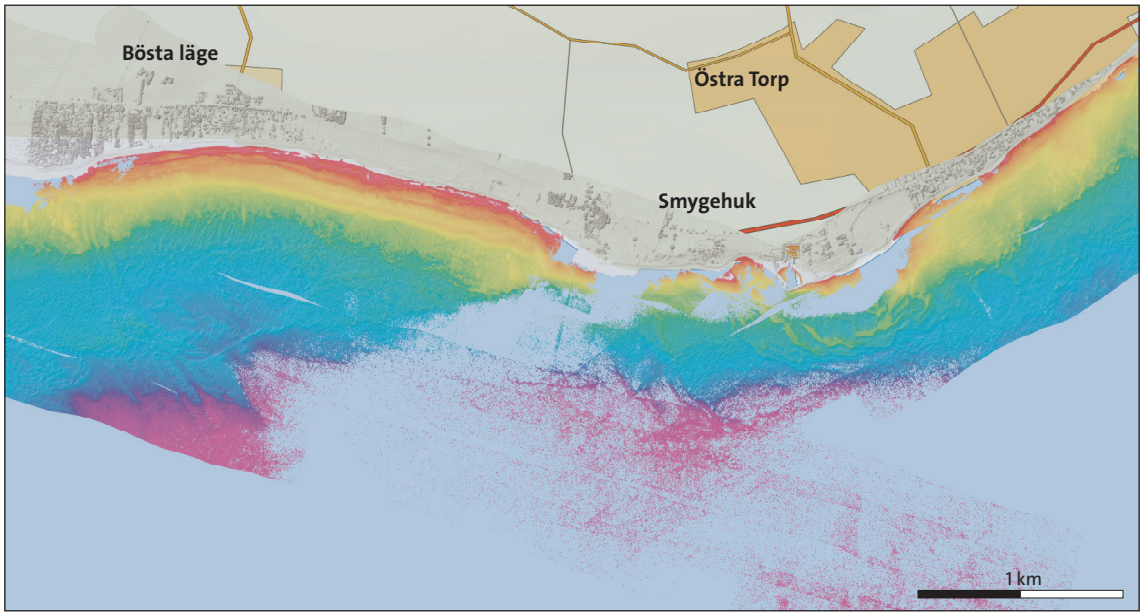


Fig 35 A. Djupdata (i färg) insamlad med flygburen LIDAR, rensad från felträffar etc., från strandkanten och ut till 2–6 meters vattendjup. Rött är grunt och blått är djupt. Höjddata (i grått) visas på land också.

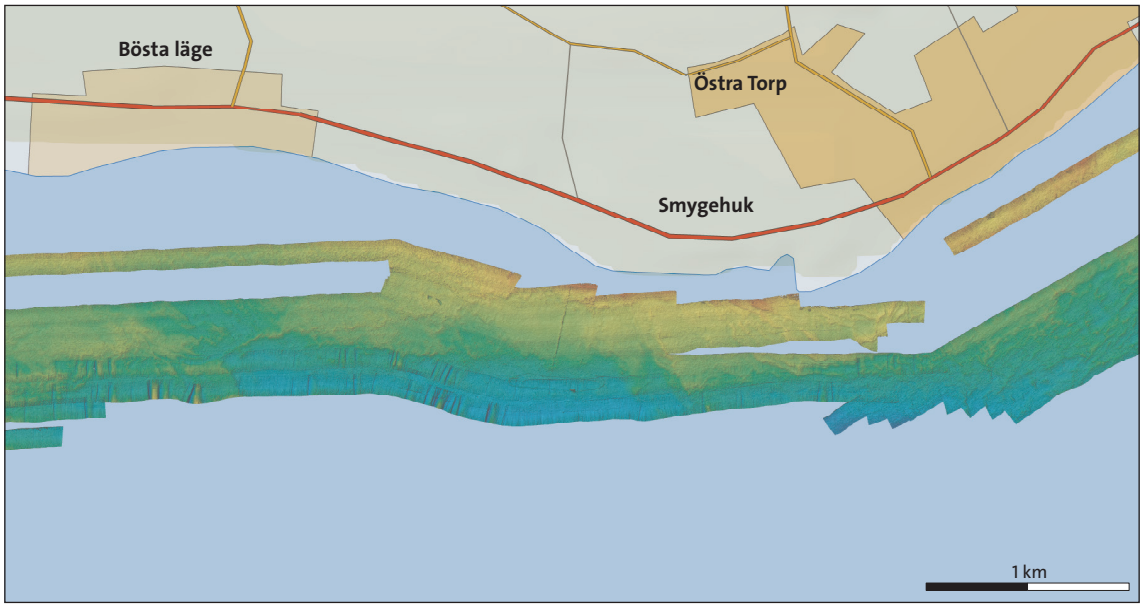
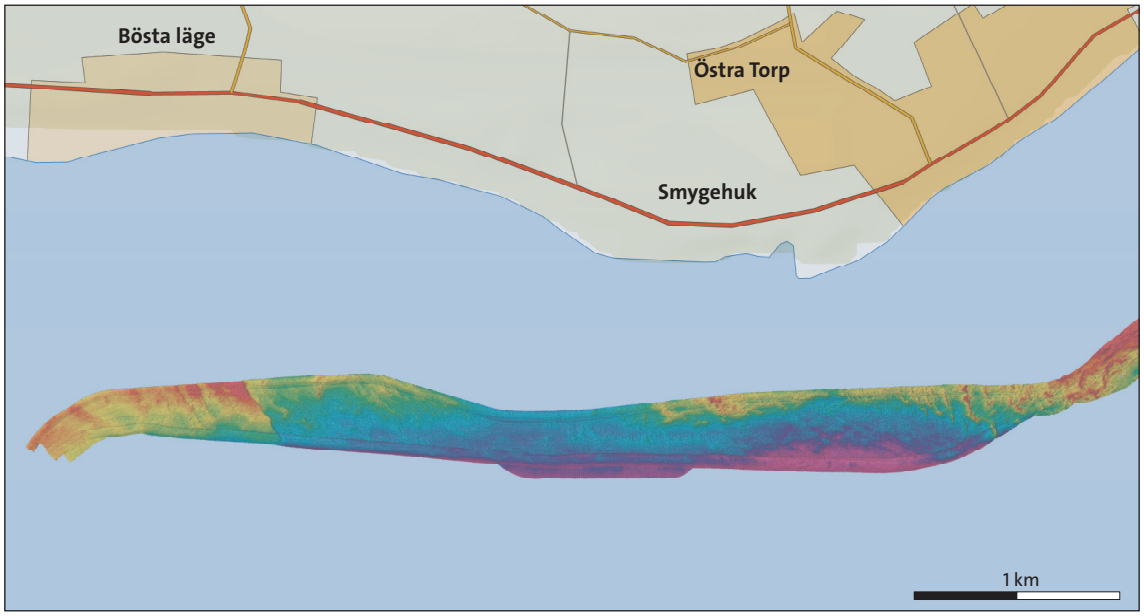
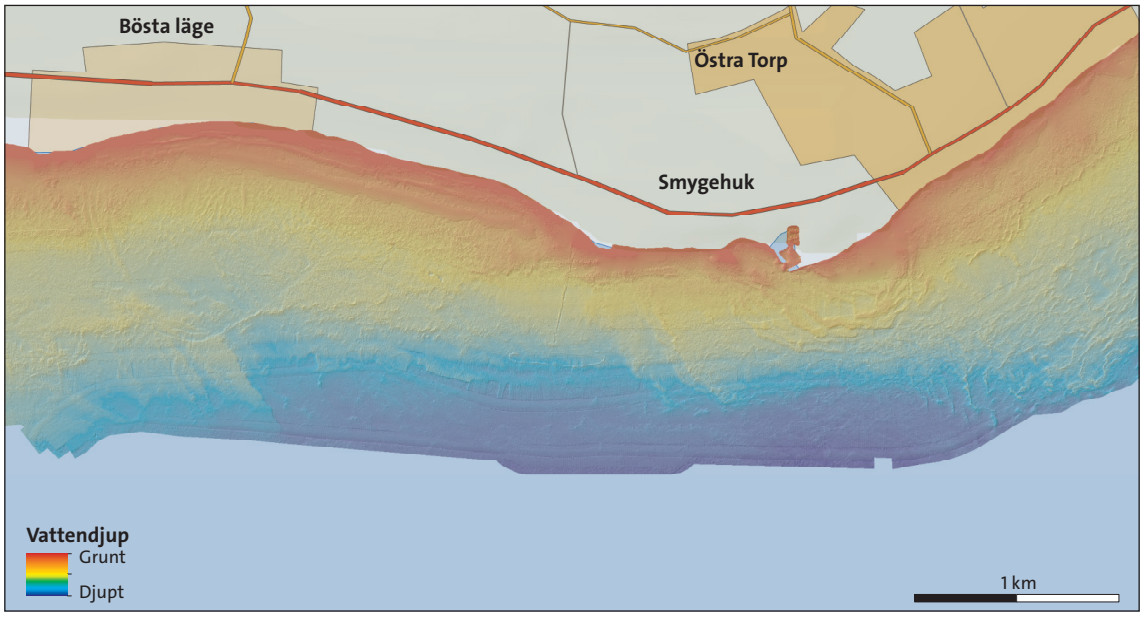


Fig 35 B. Djupdata insamlad från 2–3 till cirka 6–8 meters vattendjup med SGUs interferometriska sonar monterad på den mindre undersökningsbåten Ugglan.

med flygburen LiDAR (Light Detection and Ranging), se figurerna 35 A–D. Filtrering och processering av utanförliggande registrerade djupvärden, orsakade av exempelvis vattenytor, ljud, propellrar och elektroniskt brus, har gjorts av alla djupdataset, så att de djupvärden som erhållits enbart representerar bottnen. Terrängmodellen (djupdatamängderna) är refererad till SWEREF 99 TM och höjdsystemet RH 2000.



Figur 35 C. Djupdata insamlad från cirka 6–10 meters vattendjup med SGUs multistråleekolod monterad på undersökningsfartyget Ocean Surveyor.



Figur 35 D. Heltäckande terrängmodell av havsbottnen som visar djupförhållanden relaterade till RH 2000 i 1 x 1 meters cellstorlek från strandkanten och cirka 1 000 meter ut till cirka 10 meters vattendjup. Den är skapad genom hopslagning av de djupdata som visas i figurer 35A till C.

Backscatter

Backscatter är, enkelt uttryckt, energiinnehållet i mottagna ljudpulser som har reflekterats på bottenytan och som ger en flygbildsliknande information av havsbottenytans hårdhet, struktur och textur. Med hjälp av dessa data kan ytsedimentens (ytsubstratens) horisontella fördelning kartläggas (fig. 36 A–D) samt utbredningen av vissa vegetationsklädda bottnar (fig. 37). Backscatterdata samlas in med de hydroakustiska instrumenten multistråleekolod och interferometrisk sonar, samtidigt som djupvärden samlas in, samt med det hydroakustiska instrumentet *side scan*

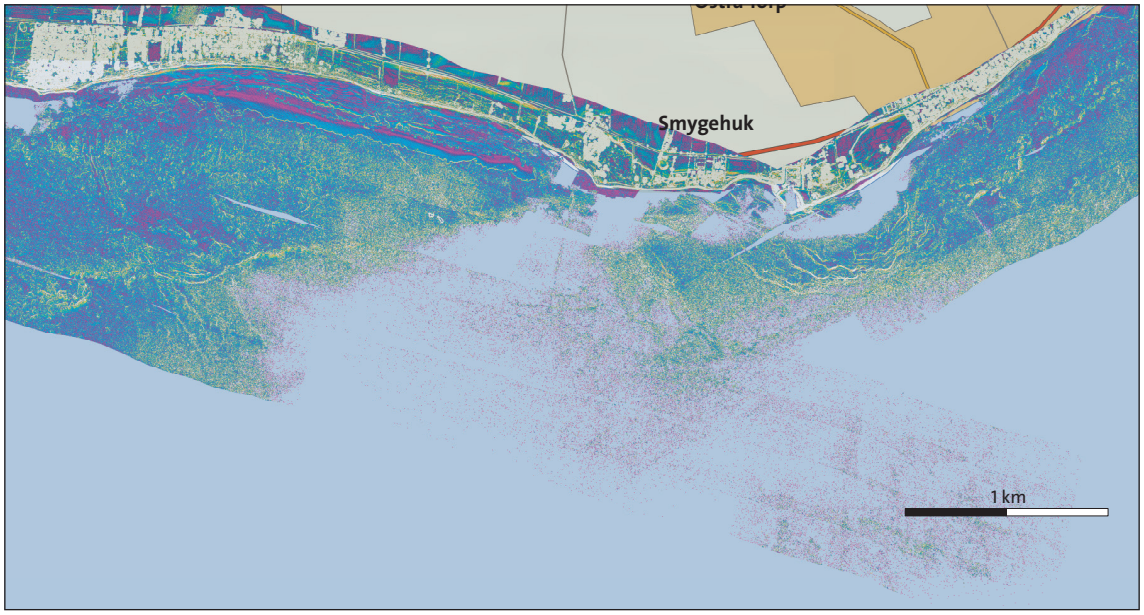


Fig 36 A. Skrovlighetsanalys av djupdata insamlad med flygburen LIDAR från strandkanten och ut till 2–6 meters vattendjup.

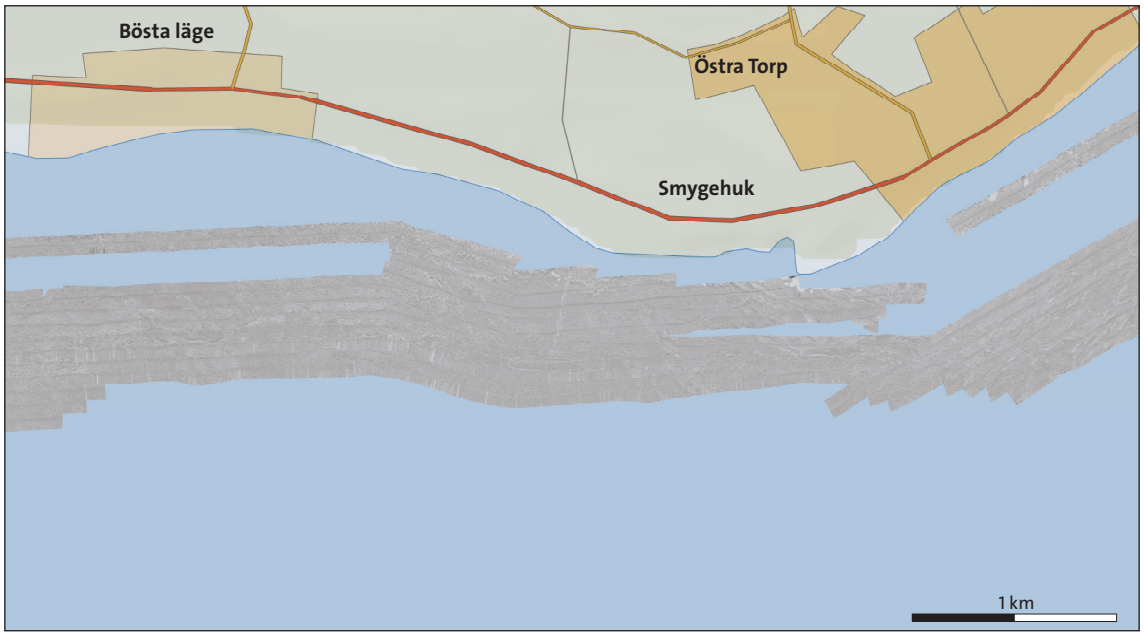
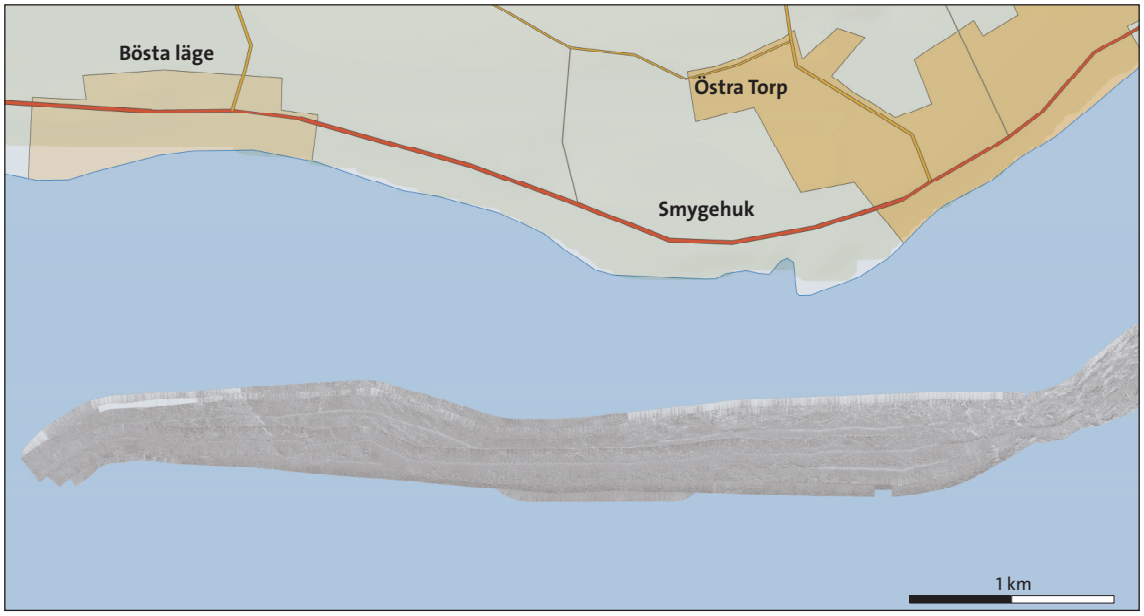
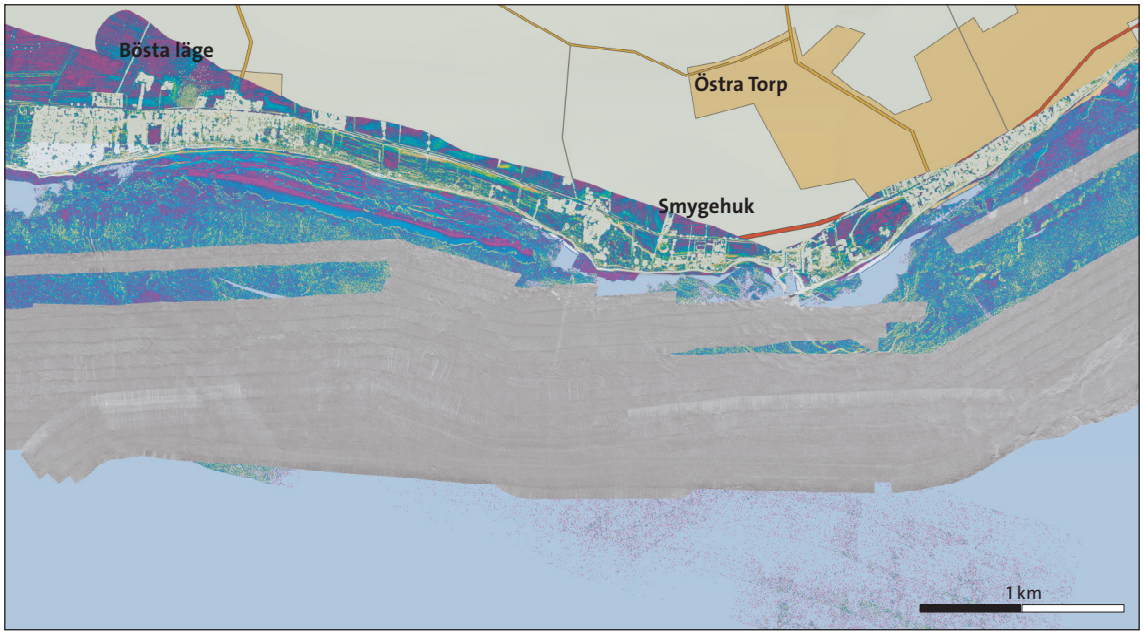


Fig 36 B. Amplitud (backscatter) -data insamlad från 2–3 till cirka 6–8 meters vattendjup med SGUs interferometriska sonar monterad på den mindre undersökningsbåten Ugglan.

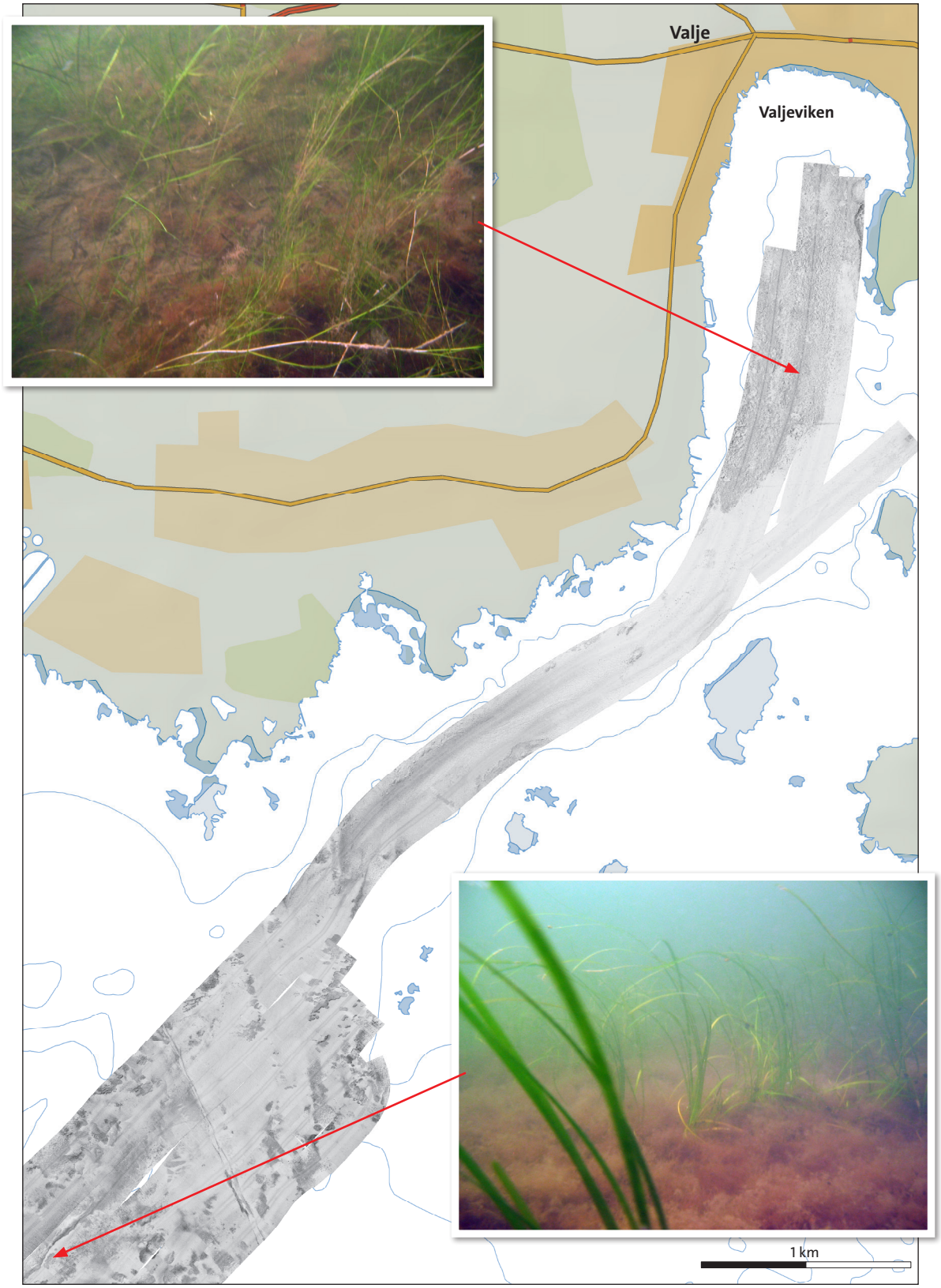
sonar. Den resulterande bilden från varje enskilt instrument kan ha en bredd på från några tiotal till hundratals meter och visar bottenytan utmed mätlinjen. De uppmätta mätlinjerna sammanfogas senare till större bilder, vilka kallas backscattermosaiker och som är refererade till SWEREF 99 TM. Informationen om bottenbeskaffenheten är framtagen utifrån backscatterdata , skrovlighetsanalyser från djupdata insamlade närmast land med flygburen LiDAR (fig. 36 A–D) tillsammans med penetrerande mätningar med sedimentekolod och seismik, samt utifrån provtagningar och visuella bottenobservationer.



Figur 36 C. Backscatterdata insamlad från cirka 6–10 meters vattendjup med SGUs multistråleekolod monterad på undersökningsfartyget Ocean Surveyor.



Figur 36 D. Heltäckande bild av backscatterdata och skrovlighet över havsbottnen som visar ytsedimentens (substratets) hårdhet, textur, struktur och fördelning från strandkanten och cirka 1 000 meter ut till cirka 10 meters vattendjup. Den är skapad genom hopslagning av de data som visas i figurer 36 A till C. Generellt representerar de mörkare ytorna hårdare, grövre och/eller mer osorterat material, och vice versa.



Figur 37. Backscattermosaik framtagen genom mätningar med SGUs interferometriska sonar som i detta fall även ger en bild av utbredningen av vegetationsklädda bottnar, se de mörkare områdena i mosaiken. Med hjälp av sedimentekolodsdata, vilket ger information om havsbottnens uppbyggnad och som visar samma ytsediment i såväl det ljusa som mörka området, kan, tillsammans med texturen i mosaiken, utbredningen av bottenvegetation bestämmas.

Ytsubstrat

Ytsubstratet redovisar det bottenmaterial som förekommer direkt i bottenytan och är framtaget genom en direktöversättning från den maringeologiska kartan(se Hallberg m.fl. 2010). För att användare lättare ska kunna tillgodogöra sig den maringeologiska informationen presenteras också kartor över ytsubstratet indelat i sju klasser enligt EUNIS-terminologin (*European Nature Information System*).

Erosions- och ackumulationsförhållanden

Erosions- och ackumulationsförhållanden beskriver havsbottnens erosionsbenägenhet och sedimentdynamik. Detta informationsskikt är baserat på det i bottenytan förekommande sedimentets bildningsmiljö, kornstorlek och innehåll av organiskt material samt terrängförhållanden. En översättning är utförd enlig tabell 5.

Bottenströmexponering

Bottenströmexponering beskriver havsbottenytans nuvarande grad av exponering för bottenströmmar i olika områden. Detta är baserat på det i bottenytan förekommande sedimentets bildningsmiljö, kornstorlek och innehåll av organiskt material samt terrängförhållanden. En översättning är utförd enlig tabell 6.
För mer detaljerade beskrivningar av hur den maringeologiska undersökningen utförs hänvisas till Malmberg Persson m. fl. (2014) samt Nyberg m.fl. (pågående arbete).

Tabell 5. Tabell som används för översättning från de sediment som förekommer i bottenytan till rådande erosions- eller ackumulationsförhållanden.

Sediment	Erosions- eller ackumulationsförhållanden
Postglacial lera, gyttjelera och lergyttja	stabil botten – ackumulation av suspenderade finkorniga sediment
Postglacial silt	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av finkorniga sediment
Postglacial finsand	starkt dynamisk botten – erosion och transport. Ackumulation av huvudsakligen fin–mellansand i sänkor/vid hinder
Glaciallera	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av sediment med varierande kornstorlek
Isälvsavlagring i allmänhet	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av sediment med varierande kornstorlek
Morän	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av sediment med varierande kornstorlek
Kristallin berggrund	stabil botten – ingen erosion
Sedimentär berggrund	stabil botten – ingen erosion
Postglacial sand och grus	dynamisk botten – erosion och transport. Ackumulation av huvudsakligen sand–grus i sänkor/vid hinder
Postglacial grus och sten	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av sediment med varierande kornstorlek
Moränlera och lerig morän	huvudsakligen stabil botten – lokal erosion, transport och ackumulation av sediment med varierande kornstorlek

Tabell 6. Tabell som används för översättning från de sediment som förekommer i bottenytan till rådande bottenströmexponering.

Sediment	Bottenströmexponering, nutid
Postglacial lera, gyttjelera och lergyttja	låg
Postglacial silt	låg–måttlig
Postglacial finsand	måttlig–hög
Glaciallera	måttlig–hög
Isälvsavlagring i allmänhet	måttlig –hög
Morän	hög
Kristallin berggrund	hög
Postglacial sand och grus	måttlig–hög
Postglacial grus och sten	hög
Moränlera och lerig morän	måttlig–hög

HUR ANVÄNDS KARTORNA?

I kartvisaren Skånestrand och i SGUs databaser finns en stor mängd geologisk information som bland annat kan användas för att bedöma strändernas känslighet för erosion, såsom jordarter på land och på havsbotten, observerad aktiv erosion och erosionsskydd samt batymetri. I kartvisaren finns också en mängd foton från stränder och från havsbottnen. Dessutom visas förutsättningarna för erosion runt kusten på flera olika sätt.

Genom att analysera informationen från olika utgångspunkt har vi definierat tre olika begrepp:

- Strandtyp. Skånekusten har delats in i 11 olika strandtyper. De olika typerna (tabell 1, 2) karaktäriseras av olika geologiska förhållanden och topografi samt av olika erosionsförhållanden. Den vanligaste är typ G: sand- och grusstränder med omväxlande ackumulation och erosion, men i stort sett i balans över en längre tidsperiod (cirka 20–30 år).
- Erosionsförhållanden. De olika strandtyperna har indelats i 6 grupper efter de erosionsförhållanden som råder idag. Till exempel kännetecknas både strandtyp I (stränder med löst sedimentärt berg samt sand och grus) och strandtyp J (klintstränder) av långsam erosion. Man bör ha både lagret ”Strandtyp” och lagret ”Erosionsförhållanden, nutid” förbockade för att förstå informationen fullt ut.
- Erosionskänslighet. Ett antal olika parametrar har bestämts för olika kuststräckor med likartade förhållanden och den samlade bedömningen har beräknats som ett erosionsindex. Detta har delats in i fyra olika klasser: stor, måttlig, liten och ingen erosionskänslighet, vilket visas med en linje i olika färger längs kusten.

Erosionskänsligheten ger en snabb överblick över vilka områden som är känsliga, mindre känsliga och okänsliga för erosion. Erosionsförhållanden beskriver mer i detalj hur stränderna ser ut och vilka erosionsprocesser som är aktiva.

Vi har också gjort en bedömning av hur erosionsförhållandena kan bli vid en framtida höjd havsnivå på cirka en meter. Denna visas på samma strandlinje som övriga erosionsbedömningar, men i realiteten kommer strandlinjen förstås i regel att ligga en bit in från den nuvarande kusten. Jämför genom att tända lagret ”Vattenyta vid höjda havsnivåer” på nivån 1 m.

Strandlinjens förändring från 1940 till 2010 visar dessa förändringar som de framgår av jämförelser mellan flygfoton från olika år. Det bör dock understrykas att ett kustavsnitt kan vara

utsatt för erosion utan att det syns i strandlinjens läge. Exempelvis eroderas klintkuster genom ras och skred, vilket innebär att de nedrasade sedimenten hamnar på strandplanet nedanför klinten för att så småningom sköljas bort av vågorna. Stranden kan tillfälligt bli bredare om ett stort skred avsatt stora jordmassor på stranden.

Olika lager framträder bäst vid olika skala, så prova att zooma ut eller in för att få tydligast information.

SLUTSATSER OCH DISKUSSION

Den enda delen av Skånes kust där en verkligt dramatisk erosion har skett under senare år är Löderup. På andra ställen med erosionskänsliga stränder sker i regel omväxlande erosion och ackumulation eller irreversibel men långsam erosion, såsom runt Ven.

Ett viktigt resultat från projekt Skånestrand är att modellering av erosionskänslighet på Skånes stränder inte ger de robusta resultat som önskas med de indata som vanligen används: jordarter på land och på havsbotten, topografi, batymetri, vindriktning, våghöjd och så vidare. Verkligheten är betydligt mer komplicerad och föränderlig. Två stränder med till synes identiska förhållanden kan uppvisa olika mönster för erosion respektive ackumulation. Ett exempel är Sandhammaren, där det nu sker en kraftig ackumulation av sand, men där perioder med erosion förekommit relativt nyligen. Dessa mönster förändras över tid, troligen beroende på förändringar i vind, vågor och strömmar. Påverkan från olika konstruktioner, såsom hamnar och kustskydd, spelar också en stor och svårbedömd roll.

För att kunna göra den indelning vi har gjort krävs detaljerad kunskap om var på stränderna erosion faktiskt ägt rum och vilka processer som är aktiva vid erosionen. Denna information har vi samlat in genom systematisk, detaljerad fältkartläggning av stränderna och havsbottnen längs hela kusten. En annan viktig faktor vid bedömningen är att undersöka hur strandlinjen flyttar sig över tid. För att komma långt tillbaka i tiden har vi studerat flygfoton från olika år. Här finns dock stora felkällor till exempel otillräcklig noggrannhet i georefereringen av flygfotona, svårigheter att tolka var strandlinjen ligger och det faktum att läget av långgrunda kusters strandlinjer är starkt beroende av vattenståndet vid flygfotograferingen.

Kunskap om fördelningen av sediment med olika erosionskänslighet, erosions-, transport- och ackumulationsförhållanden, samt områdens sedimentbudget på havsbottnen är också viktiga faktorer. Kuststräckor där erosion pågår är oftast områden där större sandavlagringar, både på land och på havsbotten, har ansamlats. Dessa sandavlagringar är lätteroderade och lätttransporterade och har i områden där erosion pågår en negativ budget, alltså mer sand transporteras bort från avlagringarna, både på land och på havsbottnen, än vad som tillförs. Kunskap om detta, samt källor och slutstation för sand i sandtransportsystem fås genom maringeologisk kartläggning.

Det är viktigt att inse att de olika sätten att presentera erosionsförhållanden gäller för nuvarande situation. Ändringar kan ske i vindarnas och havsströmmarnas dominerande styrka och riktning, vilket kan leda till nya förutsättningar för erosionen. Det är också viktigt att påpeka att våra bedömningar gäller för nuvarande havsnivå och troligen också för en något högre nivå. Men när havsnivån höjs kommer också strändernas utseende och topografi att förändras. Jordlager som idag finns innanför stranden och har andra egenskaper kan då komma att utgöra strandsediment. Den bedömning av erosionsförhållanden vid en framtida havsnivåhöjning på cirka en meter som visas i kartvisaren Skånestrand bör därför användas med försiktighet.

REFERENSER

Adrielsson, L., 1984: Weichselian lithostratigraphy and glacial environments in the Ven-Glumslöv area, southern Sweden.

Binderup, M., 1998: Kystovervågning och kystmorfologi i Øresundsområdet. GEUS Årsberetning 1998.

Brown, J., 2013: Waves, Tides and Shallow-Water Processes: Prepared by an Open University Course Team. Elsevier.

Bruun, P., 1962: Sea-level rise as a cause of shore erosion. Proceedings of the American Society of Civil Engineers. *Journal of the Waterways and Harbours Division 88*, 117–130.

Catto, N., 2012: Coastal Erosion in Newfoundland. Hämtat från <http://atlanticadaptation.ca/sites/discoveryspace.upei.ca.acasa/files/Coastal%20Erosion%20in%20Newfoundland.pdf> 2012-03-31.

Connor, D.W. & Hiscock, K., 1996: Data collection methods. Marine Nature Conservation Review: rationale and methods (red. K. Hiscock). Peterborough: Joint Nature Conservation Committee (Coasts and seas of the United Kingdom, MNCR series). 51–65, 126–158.

Cooper, J. A. G. & Pilkey, O. H., 2004: Sea-level rise and shoreline retreat: time to abandon the Bruun Rule. *Global and Planetary Change 43*, 157–171.

Daniel, E., 1986 : Beskrivning till jordartskartorna Tomelilla SO/Simrishamn SV Ystad NO/Örnahusen NV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 65–66,* 151 s.

Daniel, E., 2006: Besiktning av stränder vid Klagshamn med anledning av uppförande av Lillgrund vindkraftspark. *Sveriges geologiska undersökning, uppdrag. Dnr 08-1102/2005*.

Daniel, E., 2007: Fotodokumentation av erosionssituationen utmed den skånska sydkusten i januari 2007. *SGU-rapport 2007:34*. 48 s.

Davidsson, J., 1963: Litteral processes and morphology on Scanian flat-coasts particularly the peninsula of Falsterbo. *Lund Studies in Geography Serie A 23*, 232 s.

Erlingsson, U., 1990: Geomorphological development of the bottoms off Österlen, southernmost Sweden. *UNGI Rapport Nr 76*.

Gornitz, V., White, T. W. & Cushman, R. M., 1991: Vulnerability of the U.S. to future sea-level rise. Proceedings of Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management. ASCE, 2354–2368.

Hallberg, O., Nyberg, J., Elhammer, A. & Erlandsson, C., 2010: Ytsubstratklassning av maringeologisk information. *SGU-rapport 2010:6.*

Hansen, J. M., Aagaard, T. & Binderup, M., 2012: Absolute sea levels and isostatic changes of the eastern North Sea to central Baltic region during the last 900 years. *Boreas 41*, 180–208.

IPCC, 2013: Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working group I contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. 1552 s.

Johansson, L., 2003: Stranderosionsskydd Typer – Dimensionering – Modellering. *Statens geotekniska institut Varia 532*. 40 s.

Jönsson, A., Broman, B., & Rahm, L., 2002: Variations in the Baltic Sea wave fields. *Ocean Engineering 30*, 107–126.

Kystdirektoratet, 2013: Hämtat från <http://kystatlas.kyst.dk/kdi/viewer.html?ViewerConfig=http://kystatlas.kyst.dk/geocortex/essentials/rest311/sites/KDI_Ekstern/viewers/kystdirektoratet/virtualdirectory/config/viewer.xml> 2016-08-11.

Malmberg Persson, K., Nyberg, J., Ising, J. & Persson, M., 2014: Skånes känsliga stränder – ett geologiskt underlag för kustzonsplanering och erosionsbedömning. *SGU-rapport 2014:20.* 29 s.

Mattsson, J.O., 2011: Falsterbonäset – en för Sverige unik landform. *Geografiska Notiser 69*. 124–130.

Norrman, J. O., 1967: Strandens och kustens morfologi och de formskapande processerna. *Ymer årsbok 1967*, 211 s.

Norrman, J. O., Agrell, H. & Albjär, G., 1981: Stranderosion i Hanöbukten – oförklarligt fenomen eller naturlig utveckling. *Skånes natur 68*, 23–34.

Persson, G., Sjökvist, E., Åström, S., Eklund, D., Andréasson, J., Johnell, A., Asp, M., Olsson, J. & Nerheim, S., 2011: Klimatanalys för Skåne län. *SMHI Rapport 2011-52*. 77 s.

Ramieri, E., Hartley, A., Barbanti, A., Duarte Santos, F., Gomes, A., Hilden, M., Laihonen, P. Marinova, N. & Santini, M., 2011: Methods for assessing coastal vulnerability to climate change. European Topic Centre on Climate Change Impacts, Vulnerability and Adaption Technical Paper 1/2011. 93 s.

Richter, H., 1936: Studier över den yttre strandzonens dynamik och morfologi inom södra Östersjöområdets flackkust. *Svensk Geografisk Årsbok 12*, 7–69.

SGI 2008: Hållbar utveckling av Åhuskusten. Översiktlig värdering av risker för erosion, ras och översvämning. Rapport för Kristianstad kommun. 51 s.

Shaw, J., Taylor, R. B., Forbes, D. L., Ruz, M.-H. & Solomon, S., 1994: *Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level Rise.* Open File 2825, Geological Survey of Canada, Dartmouth, Nova Scotia

Sweco 2011: Stranderosion i Ängelholms kommun. Inventering av nuvarande förhållande och rekommendationer för framtiden. Rapport för Ängelholms kommun. 42 s.

Sweco 2013: Strandfodringen i Ystad 2011 – bakgrund, uppföljning, framtid. Rapport för Ystad kommun. 24 s.

Ringberg, B., 1976: Beskrivning till jordartskartan Malmö NV. S*veriges geologiska undersökning Ae 27.* 100 s.

Rydell, B., Angerud, P. & Hågeryd, A.-C., 2004: Omfattning av stranderosion i Sverige. Översiktlig kartläggning av erosionsförhållanden. *Statens geotekniska institut Varia 543*. 22 s

Rydell, B., Blied, L., Hedfors, J., Hågeryd, A.-C. & Turesson, S., 2012: Metodik för översiktlig kartering av risker för stranderosion. *Statens geotekniska institut Varia 641*. 65 s.

Wright, L.D. & Short, A.D., 1984: Morphodynamic variability of surf zones and beaches: asynthesis. M*arine Geology 56*, 93 – 118

Åhman, R., 1980: Stranderosion vid Löderup. *Svensk geografisk årsbok 56*, 38–46.