

TEMANUMMER ØRESUND Den faste forbindelse og kystmiljøet

- Den faste forbindelse
- Kysterne i undersøgelsesområdet
- Metoder anvendt i overvågningen
- Resultater
- Miljøkriterier

Øresund: Den faste forbindelse og kystmiljøet



Merete Binderup

Ethvert indgreb i kystzonen har afledte effekter for kystmiljøet, store eller små, positive eller negative, og som med de rette værktøjer altid kan måles. I Øresund er man snart færdig med at bygge den faste forbindelse mellem Danmark og Sverige. GEUS har i en årrække været involveret i overvågningen af kystmiljøet i den region af Øresund, hvor effekter af anlægsaktiviteterne og af selve anlægget kan vise sig at påvirke miljøet. De værktøjer, der benyttes i overvågningen, er hovedsagelig flyfotograferinger, profilopmålinger og indsamling af sedimentprøver fra kysten og havbunden. Resultater af de hidtidige undersøgelser viser, at der i undersøgelsesområdet som helhed er nogen variation i profilerne og sedimentsammensætningen fra år til år, og at det endnu ikke kan vurderes med sikkerhed, om, eller i hvilken grad, anlægsarbejderne i Øresund har forårsaget disse variationer. Der kan derimod ikke herske tvivl om, at afsætningen af meget finkornede materialer og det forøgede kalkindhold på havbunden mellem Saltholm og Peberholm skyldes spildmateriale fra gravearbejderne.

I Øresund, midt mellem storbyerne København og Malmø, finder vi øen Saltholm, der med sine særprægede, næsten uberørte kyster, vidtstrakte grønne strandenge og rige fugleliv giver indtryk af en "oprindelig natur", som man efterhånden kun sjældent møder i Danmark.

Øen er lidet tilgængelig for offentligheden, i kraft af begrænsede transportmuligheder og omfattende fredninger med dertil hørende adgangsrestriktioner. Men Saltholm er kendt fra medierne, hvor øen har været i fokus i flere omgange bl.a. i debatten om, hvorvidt en storlufthavn skulle anlægges på øen. I de senere år har interessen især været knyttet til etableringen af den faste forbindelse mellem Danmark og Sverige, idet bro- og tunnelanlæggene kan medføre ændringer i vandgennemstrømningen i Øresund, og i betingelserne for dyrelivet på Saltholm.

Fokus har også været rettet mod eventuelle konsekvenser for kystudviklingen på Saltholm og på andre naturskønne og forholdsvis uberørte kyststrækninger i umiddelbar nærhed af den faste forbindelse. Her tænkes specielt på "Sydstranden", sydvest for Dragør, og i Sverige på kysten mellem Lernacken og Klagshamn (fig. 1).

På disse strækninger, og på de tilstødende "storbykyster" har GEUS i perioden 1996 - 1999 gennemført en overvågning af kysterne og det kystnære marine miljø som en del af myndighedernes vurdering af de miljømæssige konsekvenser af byggerierne af den faste forbindelse over Øresund.

Med det formål at skaffe viden om den hidtidige kystudvikling i regionen, dvs. i perioden forud for opstarten af anlægsaktiviteterne, har GEUS desuden gennemført en "Basis-undersøgelse" af den generelle kystudvikling i perioden 1954 til 1993. Undersøgelsen er primært baseret på analyser af flyfotos.

Denne artikel giver et rids af byggeriets omfang, af kystens udformning, og af de metoder, der er anvendt i kystovervågningen. Endelig præsenteres nogle af de væsentligste resultater af undersøgelserne.

Den faste forbindelse

Aftalen om at bygge den faste forbindelse over Øresund blev godkendt af det danske Folketing og den svenske Riksdag i 1991. Anlægsarbejdet gik igang i 1995, og den ventes afsluttet i år 2000. Forbindelsen omfatter:

- En kunstig halvø, der strækker sig 430 m ud fra kysten ved Kastrup.
- En sænketunnel (3.510 m) mellem den kunstige halvø og en kunstig ø (Peberholm).
- En kunstig ø, Peberholm (4.055 m) syd for Saltholm.
- En bro (7.845 m) mellem Peberholm og Lernacken i Sverige.
- En samlet strækning på ca. 15.840 meter.

Etableringen af anlægget har betydet, at omkring 7 mio. m³ materiale måtte graves væk fra havbunden for at skabe plads til

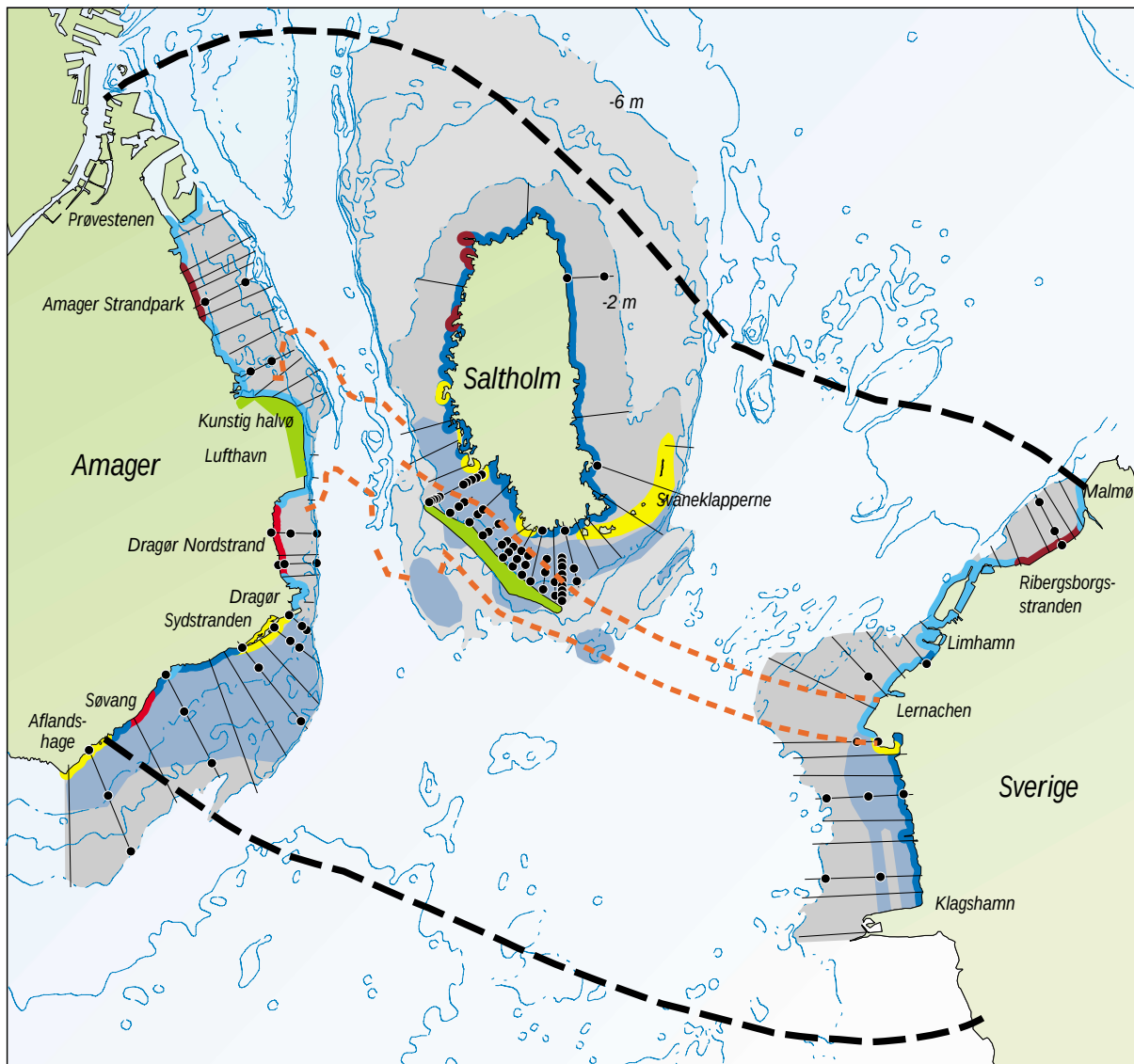
sænketunnel og bropiller og for at sikre en uændret vandgennemstrømning i Øresund. Det afgravede materiale er anvendt til at bygge den kunstige halvø ved Kastrup og Peberholm.

Der er således tale om ret væsentlige ændringer af det fysiske miljø, dels i det eksisterende kystlinjeforløb, især ved den kunstige halvø, dels ved skabelsen af en række "forhindringer", specielt den kunstige ø, men også ved alle bropillerne. Endelig er der ved kompensationsafgravningerne sket ændringer af havbundstopografien.

Det er indlysende, at så markante ændringer har konsekvenser for miljøet: Det kan fx ikke helt undgås, at noget af det afgravede materiale spildes og påvirker vandkvalitet, fauna, flora og havbundstopografi. Desuden må det forventes, at de nye anlæg og den ændrede bundtopografi påvirker bølge- og strømforholdene, og i kraft heraf også kysterne og den kystnære del af havbunden.

I følge lovgivningen vedrørende den faste forbindelse er myndighederne da også forpligtet til at opstille en række miljøkriterier for Øresund og Østersøen (se s. 12). For at sikre, at miljøkriterierne opfyldes under og efter byggeriets opførelse, er der forud for anlægsarbejdernes påbegyndelse opstillet et kontrol- og overvågningsprogram, som omfatter vandkvalitet, bundvegetation og fauna, fisk, fugle og kystens udformning.

I begyndelsen af 1996 blev kontrol- og overvågningsopgaven lagt ud i EU-licitation. Resultatet af licitationen og de efterfølgende forhandlinger blev, at BioConsult A/S, Danmarks Miljøundersøgelser (DMU), Carl Bro A/S og GEUS dannede et joint venture, SEMAC JV, som udfører miljømyndighedernes kontrol- og overvågningsprogram. Indenfor SEMAC JV (Sound Environmental Monitoring And Control) er programområderne fordelt således, at BioConsult og DMU er ansvarlige for de biologiske undersøgelser, GEUS for de kystmorfologiske undersøgelser og Carl Bro for kvalitetssikringen.



- | | | |
|--|---|---|
| Undersøelsesområde med profil-målinger, sedimentprøveindsamling og flyfototolkninger | Nærområde; en 500 meter bred zone på hver side af den faste forbindelse | Reguleret kyst, sandstrand der fodres (Amager og Sverige) |
| Undersøelsesområde, der udelukkende analyseres vha. flyfotos | Påvirkningsområde; en 7 km bred zone på hver side af nærområdet | Mindre havne- og broanlæg (Saltholm) |
| Profil | Område med opfyldning (den kunstige halvø og Peberholm) | Bebygget, befæstet kyst |
| Position for prøveindsamling | Sanddækket havbund med aktive bundformer | Naturlig, ikke særlig aktiv kyst |
| | | Aktiv, naturlig kyst |
| | | Dige-kyst |

Figur 1. Oversigt over undersøgelsesområdet. På figuren er angivet samtlige profiler, der er opmålt i perioden 1996 – 1999. Langt fra alle profiler er målt hvert år, jævnfør oversigten i tabel 1, side 11.

Kysterne i undersøgelsesområdet

På dansk side af Øresund strækker undersøgelsesområdet sig fra Prøvestenen i nord til Aflandshage i syd på Amager, og omfatter desuden hele kysten rundt om Saltholm. I Sverige strækker undersøgelsesområdet sig fra Malmø i nord til Klagshamn i syd (fig. 1). Der er tale om en samlet kystlængde på knap 50 km, hvoraf Saltholms kystlinje tæller ca. 20 km. På basis af "beskyttelsesgraden" kan kysterne overordnet inddeles i 4 kategorier:

- A Massivt beskyttede kyster
- B Digebeskyttede kyster
- C Plejede, sandfodrede kyster
- D Naturligt udviklede kyster

Kategori A,

de massivt beskyttede kyster, udgør ca. halvdelen af kysterne inden for undersøgelsesområdet på Amager og i Sverige. De er karakteriseret ved sammenhængende havne- og kaj anlæg eller massive stensætninger, der skal beskytte rekreative arealer, veje, bygninger og diverse installationer mod erosion. Kysten ud for Københavns Lufthavn (den kunstige halvø), Dragør, Kastrup og Prøvestenen på Amager er massivt beskyttede kyster. Det samme er, med ganske få, lokale undtagelser, tilfældet for den svenske kyst mellem Malmø og Lernacken (fig. 1 og 2).

Kategori B,

digebeskyttede kyster, findes på Dragør Nordstrand og rundt om parcelhuskvarteret Søvang, syd for Sydstranden (fig. 1). På Dragør Nordstrand, som ligger klemmt inde mellem Dragør Havn og lufthavnen, er der en ganske smal stenbræmme nedenfor diget. Egentlig strandbred eksisterer ikke (fig. 2). Ud for diget ved Søvang findes lokalt naturlige strandvolde, men kysten præges generelt af tilgroning.

Kategori C,

de plejede, sandfodrede kyster, ses bl.a. ved Amager Strandpark og Ribersborgsstranden syd for Malmø (fig. 1). Ved Amager Strandpark finder sandfodringen sted indenfor en lav træspunsvej, der ved normal vandstand udgør selve kystlinjen (fig. 2).



Figur 2.
Limhamn (A)
Dragør Nordstrand (B)
Amager Strandpark (C)
Sydstranden (D)

Ved Ribersborgsstranden finder sandfodringen sted på bagstranden, samtidig med at man plejer et kunstigt anlagt klitbælte. Begge "strandparker" har stor rekreativ værdi, ikke mindst betinget af deres ringe afstand til storbyer.

Kategori D,

de naturligt udviklede kyster, udgør knap halvdelen af den totale kyststrækning, og kan underinddeles i 3 kysttyper:

D1 Barrierekysten,

D2 Strandvoldskysten og

D3 Tilgronings-/strandengskysten.

D1 Barrierekysten:

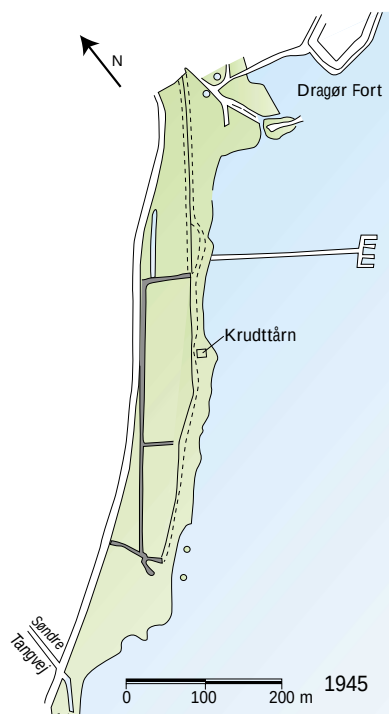
Den største sammenhængende, naturligt udviklede barrierekyst er Sydstranden på Amager, som er en relativ ung dannelse (fig. 1 og 2). På basis af kortblade fra århundredskiftet og fra 1945 samt analyser af 9 serier af flyfotos (optaget i 1954, -74, -85, -89, -92, -93, -96, -97 og -98) må det antages, at langt størstedelen af de barriere-dannelser, der eksisterede i 1954, er skabt mellem 1945 og -54. Tilsvarende vides det, at de mest markante kystændringer i dette område har fundet sted i perioden før

1974. I perioden efter 1974 har kysten tydeligvis også været under forandring, men den udvikling, der har fundet sted, har overvejende været i form af justeringer af det etablerede barriersystem, der fandtes i midten af 1970'erne (fig. 3).

På den sydligste del af undersøgelsesområdet på Amager, ved Aflandshage, findes ligeledes en barriere-kyst, hvor der er foregået en udvikling i løbet af undersøgelsesperioden, selv om netto tilvæksten i dette område har været væsentlig mindre end den, der er registreret ved Sydstranden. De mest markante ændringer har hér fundet sted før 1985 og efter 1996 (fig. 4).

Øgruppen Svaneklapperne, der fra den sydlige del af Saltholm strækker sig mod øst og nord, er en række barriereøer (fig. 5), der

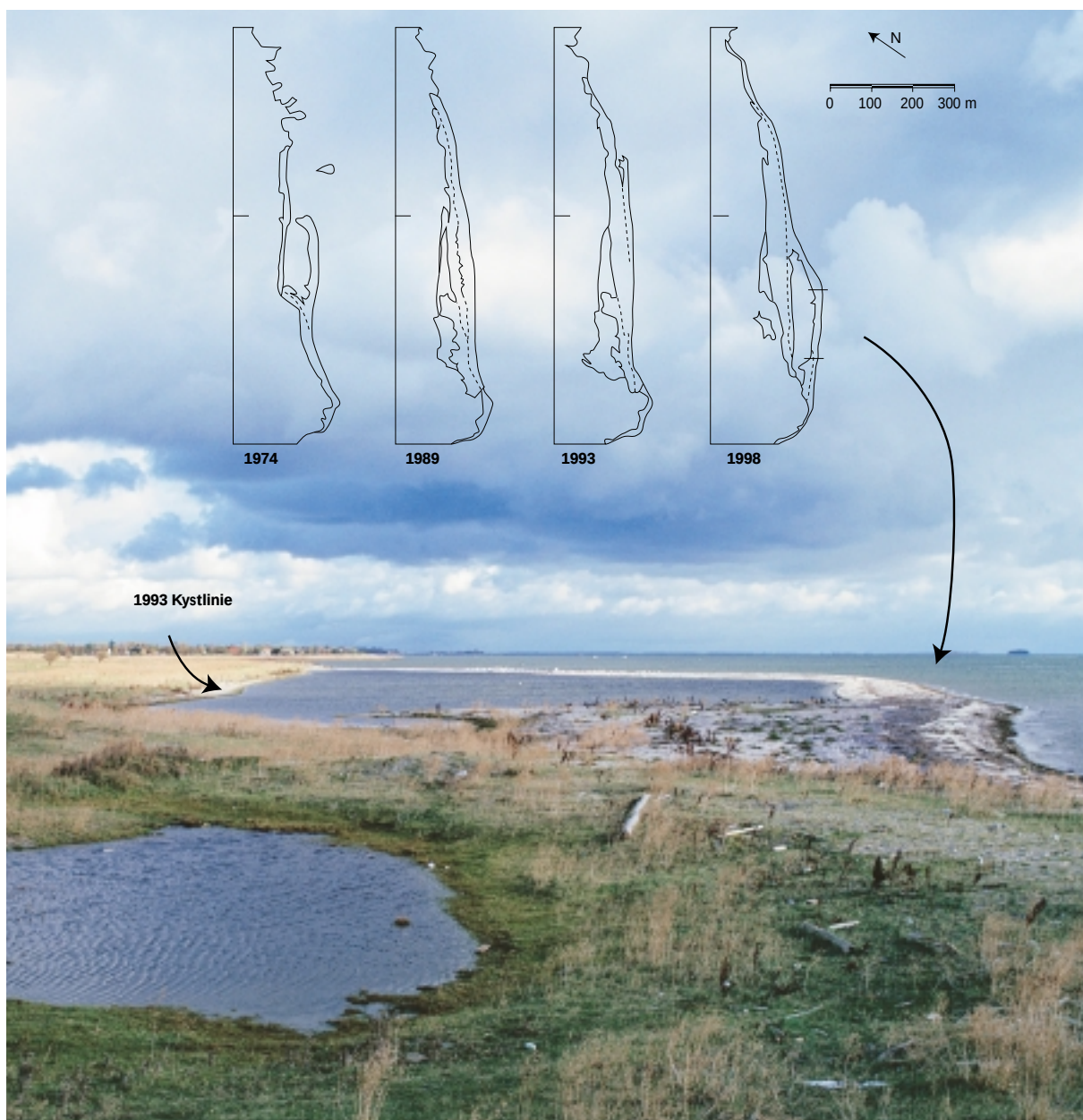
Figur 3. Kystudviklingen på Sydstranden, sydvest for Dragør. Gul farve angiver sand, der fremstår uden bevoksning på det angivne tidspunkt. De grønne farver angiver bevoksning; den mørkegrønne angiver sumpbevoksning. 1945-situationen er tegnet på grundlag af ældre målebordsblade, der senest er rettet i 1945. De øvrige situationer er baseret på tolkninger af flyfotos.



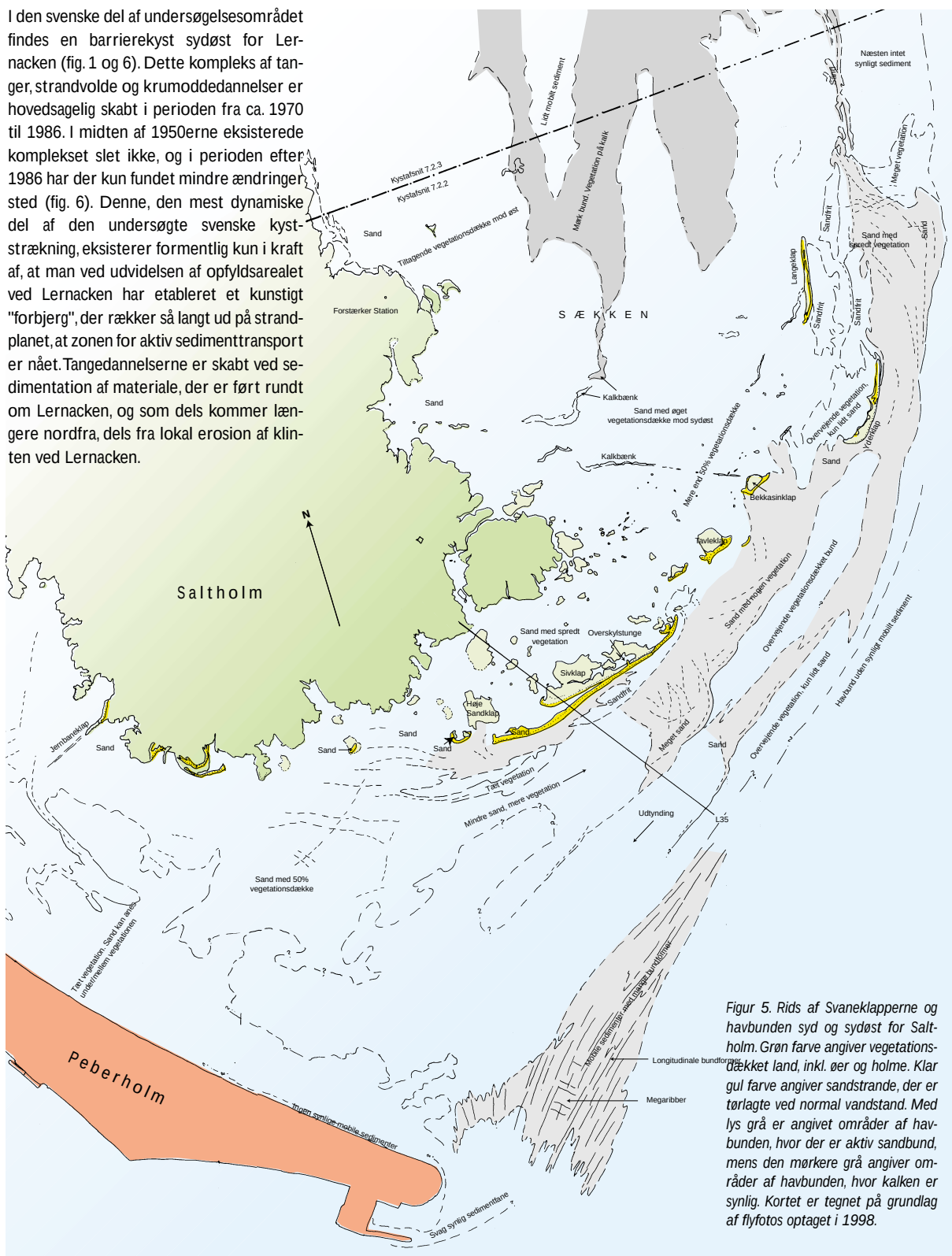
Figur 4. Kystudviklingen på Aflandshage. Fotoet er optaget i oktober 1997. Barrieren, der ses centralt i billedet er bygget ud fra den sydlige del af Aflandshage i retning mod nordøst, i perioden efter 1993. I løbet af 1997 og 1998 er barrieren vokset i bredde og højde, og den nye kystlinje forløber i 1998 omtrent parallelt med kystlinjen, der fandtes i 1993. De 4 skitser er tegnet på grundlag af flyfotos.

har en længere udviklingshistorie end ovennævnte barriersystemer. Den sydlige del af Svaneklapperne fremtræder allerede på J. Meyers kort fra 1656, men det kan ikke afgøres, om øgruppen på dette tidspunkt blot består af holme udviklet på højtliggende partier af kalkgrunden, eller om der er tale om egentlige barrierøer. Det samme er tilfældet for Generalstabskortet fra 1890, men på dette kort fremtræder hele øgrup-

pen med det samme overordnede kystlinjeforløb, som det, der kendes i dag. Øgruppen har været under ændring gennem hele den undersøgte periode 1954-1999. I løbet af overvågningsperioden 1996 til -99 er der flere steder målt tilbagerykning af kystlinjen. Et eksempel er gengivet i fig. 13. I flere tilfælde er barrierøer vokset sammen i løbet af perioden, og der er samtidig skabt mindst én ny ø i gruppen.



I den svenske del af undersøgelsesområdet findes en barrierekyst sydøst for Lernacken (fig. 1 og 6). Dette kompleks af tanger, strandvolde og krummoddedannelser er hovedsagelig skabt i perioden fra ca. 1970 til 1986. I midten af 1950'erne eksisterede komplekset slet ikke, og i perioden efter 1986 har der kun fundet mindre ændringer sted (fig. 6). Denne, den mest dynamiske del af den undersøgte svenske kyststrækning, eksisterer formentlig kun i kraft af, at man ved udvidelsen af opfyldsarealet ved Lernacken har etableret et kunstigt "forbjerg", der rækker så langt ud på strandplanet, at zonen for aktiv sedimenttransport er nået. Tangedannelserne er skabt ved sedimentation af materiale, der er ført rundt om Lernacken, og som dels kommer længere nordfra, dels fra lokal erosion af klinten ved Lernacken.



Figur 5. Rids af Svaneklapperne og havbunden syd og sydøst for Salt-holm. Grøn farve angiver vegetations-dækket land, inkl. øer og holme. Klar gul farve angiver sandstrande, der er tørlagte ved normal vandstand. Med lys grå er angivet områder af havbunden, hvor der er aktiv sandbund, mens den mørkere grå angiver områder af havbunden, hvor kalken er synlig. Kortet er tegnet på grundlag af flyfotos optaget i 1998.

D2 Strandvoldskysten:

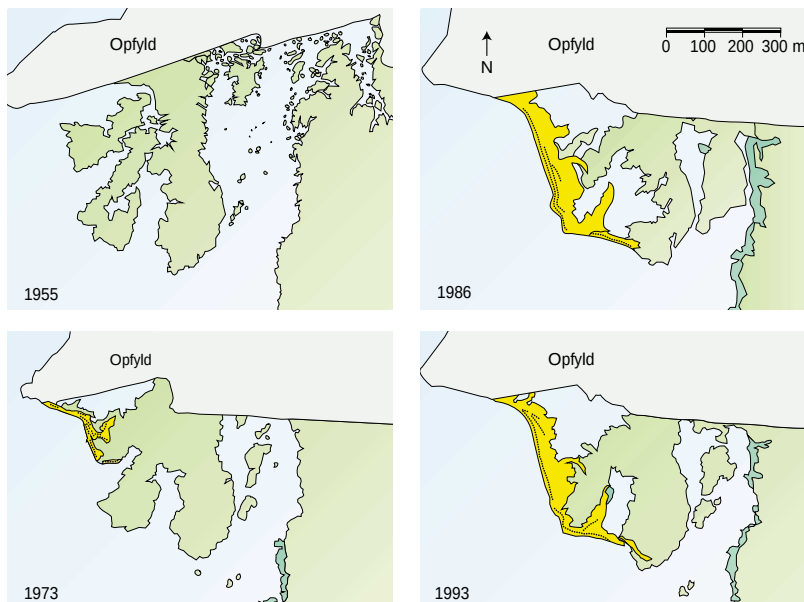
En større sammenhængende strandvoldskyst, der fremstår uden egentlige træk af barrieredannelser, findes kun på den nordlige del af Saltholms østkyst, som i modsætning til resten af øens kystlinje fremstår delvis udlignet (jvf. fig. 1). Strandvolde findes lokalt på nordkysten og den sydvestlige del af Saltholm, samt enkelte steder på den sydlige del af Amager.

D3 Tilgronings-/strandengskysten:

Tilgroningskysten findes især på den svenske kyst mellem Lernacken og Klagshamn. I læ af barrieren sydøst for Lernacken veksler rolige vandflader af varierende størrelse med tætte bevoksninger af forskellige rørskove. Herfra og til Klagshamn, der ligger ca. 3,7 km længere mod syd, bræmmes kystlinjen af en tæt og høj rørskov (fig. 7 og 8). Rørskoven har den største udbredelse i den sydlige del af regionen. Selv ved lavvande findes vandkanten indenfor den ydre afgrænsning af rørskoven, og det er vanskeligt at fastlægge kystlinjens eksakte beliggenhed. På denne kyststrækning, der er eksponeret mod vest og mod et relativt stort frit stræk, ville man umiddelbart forvente at møde en kysttype af høj- eller mellem-energitypen, svarende til fx barrierekysten sydøst for Lernacken, og bestemt ikke de tætte rørskove. Forklaringen på tilstedeværelsen af denne udprægede lav-energi-kyst er det tilstødende meget brede flak-område, der giver den nødvendige lævirkning. Bredden af flakket indenfor 2 meter dybdekurven er således hele 3,5 til 4 km.

Tilgroningskyster findes også på den sydlige del af Amager, dels omkring Søvangdiget, men mere udbredt umiddelbart nord og syd for digestrækningen.

Strandengs- og tilgroningskyster er de dominerende kysttyper på Saltholm, hvis kyst imidlertid er yderst særpræget for danske forhold. Nord-, vest- og sydkysten er meget lav og præges af mange småholme, stenklunger og tanger, som overvejende er opbygget af kantede flintesten. Vestkysten er forrevet, og kystlinjen har nærmest form af en skærgårdskyst. Størstedelen af Saltholm er præget af en frodig vegetation

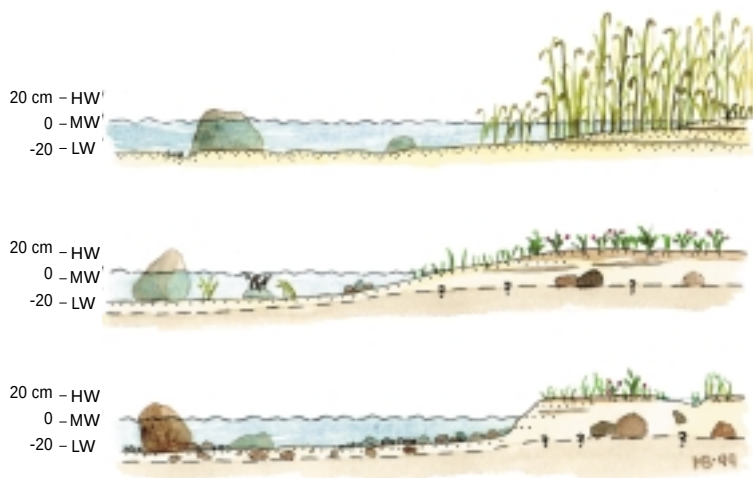


Figur 6. Kystudviklingen på den svenske kyst, sydøst for Lernacken. Gul farve angiver sand, evt. med spredt vegetation. Grøn farve angiver sammenhængende bevoksning. Grå farve angiver kunstigt opfyld. Nederst er vist et udsnit af flyfoto optaget i 1999.





Figur 7. Foto af de tætte rørskove, der præger den svenske kyst på strækningen mellem Lernacken og Klags-hamn, jævnfør figur 1. De mest landnære dele af rørskovene kan være mere end 2 meter høje, hvorfor det er forbundet med nogen vanskelighed at orientere sig ved færdsel langs kysten i dette område. Billedet er fra eftersommeren 1997. Øverst i billedet ses Lernackens hvide klinger.



Figur 8. De tre skitser afbilder hver især ca. 50 meter af et profil målt vinkelret på kysten.

Øverst: Tilgroningsforland på den svenske kyst. Sandbund med blokke. Rørskove på forland af sand, der er aflejret under oversvømmelse, vekslede med lag af henfaldent, organisk materiale.

Midten: Tilgroningskyst på Saltholm. Højtliggende kalk med residualblokke og sand, der er aflejret under oversvømmelse, vekslede med lag af henfaldent, organisk materiale. Øverst findes et tyndt muldlag med vegetation af bl.a. engelskgræs og malurt. Vegetationen gror helt ud i vandet, som det også er tilfældet langs den sydlige svenske kyst, men på Saltholm møder man ikke de tætte rørskove.

Nederst: Strandengskyst på Saltholm. Her er bølgeenergien lidt større end på tilgroningskysten, og en lav forlandskant er udviklet. Sedimentet på havbunden er en blanding af sand, grus, skarpkantede sten og blokke.

helt ud til vandkanten (jvf. foto side 14 og 15). Overalt på øen, i bunden af de utallige små vige og i læ af holme og småøer, støder man på små strimler af tilgroningskyst, mens det er strandengskysten, der dominerer, hvor energiniveauet er blot en anelse større (fig. 8). Tilstedeværelsen af disse to lavenergikysttyper er begrundet i den energidæmpende effekt af det meget udstrakte flak, der omgiver øen. Flakket er desuden præget af talrige store sten og blokke.

Metoder anvendt i overvågningen

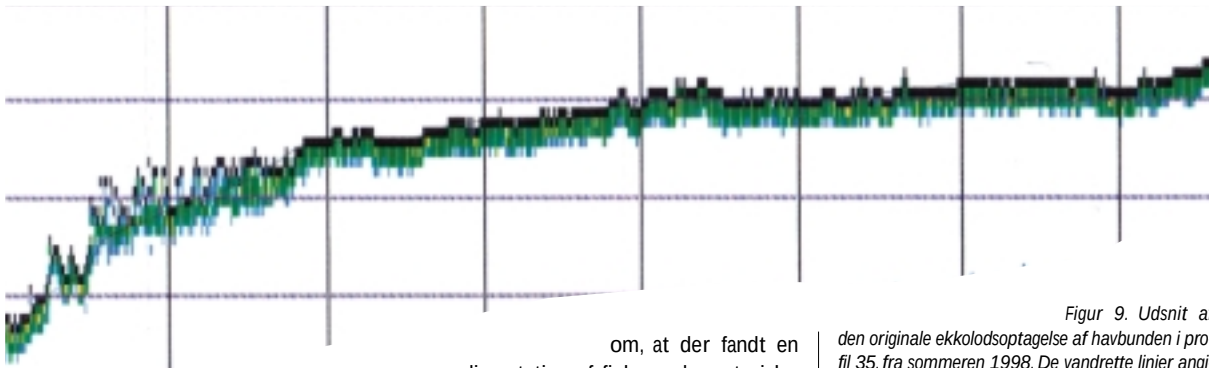
Overvågningen af kysterne og det kystnære, marine miljø er primært baseret på de 3 datatyper: Flyfotos, profilmålinger og sedimentprøver.

Flyfotos:

Hvert år i maj/juni måned foretager Kamp-sax/Geoplan for GEUS en flyfotografering af hele undersøgelsesområdet, således at kystzonen dækkes af flyfotos fra mindst 100 meter indenfor kystlinjen ud til 6 meters vanddybde i alle tre regioner, Amager, Saltholm og Sverige. Ved den efterfølgende analyse af flyfotos identificeres elementer, som har betydning for karakteriseringen af kysten. Det gælder bl.a.: Kystlinje, strandvolde, vegetationsgrænser, strandsøer, kystklinger, revler samt andre bundformer på havbunden. Desuden afgrænses arealer på strandplanet, der har forskellige morfologiske, vegetationsmæssige- og/eller sedimentologiske karakteristika.

Profilmålinger:

Der foretages hvert år opmåling af et antal profiler, som er orienteret vinkelret på kysten. Opmålingen finder sted fra ca. 50 meter indenfor kystlinjen ud til 6 meters vanddybde for profilerne på Amager og i Sverige, og til 2 meters vanddybde for profilerne på Saltholm. Et profil er i princippet blot en ret linje, på hvilken der i et stort antal punkter registreres sammenhørende værdier af afstand og dybde. Ved at foretage en tilstrækkelig tæt punktmåling er det muligt at opnå et meget præcist og detaljeret øjebliksbillede af topografien i profilet og af kystlinjens beliggenhed. Ved at sammenligne profilerne fra år til år kan det afgøres, om kystlinjen er stabil, under tilba-



Figur 9. Udsnit af den originale ekkolodsoptagelse af havbunden i profil 35, fra sommeren 1998. De vandrette linjer angiver 1 meter dybdeintervaller. De lodrette linjer angiver de punkter, hvori de geografiske koordinater registreres. Det tolkede og udtegnede profil er gengivet (spejlvendt) med stiplede linje i figur 13.

gerykning eller i fremvækst, samt hvor stor en eventuel ændring er. Det kan samtidig vurderes, om der er områder af havbunden, der er udsat for erosion eller sedimentation og om eventuelle bundformer, fx revler, har bevæget sig fra år til år. Afhængig af typen og størrelsen af de ændringer, der registreres fra år til år, eller over en længere årrække, vurderes det, hvorvidt ændringerne blot er udtryk for naturlige variationer i kystmiljøet, eller om der kan være tale om effekter hidrørende fra gravearbejderne i Øresund, eller fra selve konstruktionerne i den faste forbindelse, jævnfør de førnævnte ændringer i bølge- og strømforholdene.

Antallet af profiler har varieret fra år til år (tabel 1). I det første undersøgelsesår, 1996, blev der foretaget opmåling af 65 profilinjer. Fra 1996 til -97 var antallet af opmålte profiler på Amager og i Sverige færre, mens antallet af opmålte profiler på den sydlige del af Saltholm, mellem Saltholm og Peberholm, øgedes. Programudvidelsen i dette område var en konsekvens af resultaterne fra 1996, der gav mistanke

om, at der fandt en sedimentation af finkornede materialer sted. Der var behov for at foretage en mere intensiv overvågning af dette område, hvor der i følge miljøkriterierne (jvf. s.12) ikke må ske en sedimentation, der kan føre til landfæste mellem Saltholm og Peberholm. I 1997 blev der opmålt i alt 58 profiler. Antallet af profiler på Amager og i Sverige blev yderligere reduceret fra 1997 til 98 mens antallet og lokaliseringen af profiler på Saltholm forblev uændret. I 1998 blev der således i alt opmålt 50 profiler. I 1999 er der kun foretaget opmåling af profilerne omkring Saltholm, i alt 25.

Profilerne opmåles i to tempi. Den indre, lavvandede del af profilerne måles med elektronisk opmålingsudstyr (teodolit) fra land (fig. 10), mens den ydre, dybere del måles med ekkolod fra båd. For at sikre, at lokaliseringen og orienteringen af profilerne er identisk fra år til år, er der forud for opmålingen etableret et system af fikspunkter indenfor kystlinjen. Koordinaterne på samtlige fikspunkter er målt ind ved anvendelse af satellitbaseret positioneringsudstyr (DGPS), mens koordinaterne

på den ydre ende af profilerne er aflæst på kortblade. Niveaue, eller koten, på fikspunkterne er ved hjælp af teodolitten målt ind i forhold til officielle fikspunkter, hvorved det er blevet muligt at beregne det absolute niveau på den del af profilinjen, der måles op fra land. Tætheden af målepunkter i den "land-opmålte" del af profilet afpasses efter topografien og eventuelle skift i sedimenttyperne. Hvor bunden er plan og ensartet, er der således længere mellem målepunkterne, end dér, hvor der er revler og andre "ujævnheder".

Ved gennemførelsen af ekkolodspejlingerne benyttes det samme system af fikspunk-

Figur 10. Opmåling af profil på den sydvestlige del af Saltholm. Opmålingen finder sted med teodolit fra land. Bemærk fikspunktet, det gule rør, under teodolitten nederst i billedet (se pilen).



ter og koordinater, som ved nivellementerne. Koordinaterne er forud for sejladsen indlagt i et navigationsprogram på den computer, der anvendes til navigation af båd under sejlads. Data indsamles med et 200 kHz ekkolod, og der navigeres med DGPS-udstyr. Ved ekkolodsmålinger registreres dybden automatisk én gang for hver ca. 60 cm. Alle data opsamles og lagres på computer. I fig. 9 er gengivet et eksempel på et originalt ekkolod og det tilsvarende digitaliserede og udtegnede profil ses i fig.13.

Sedimentprøver:

I udvalgte profiler indsamles sedimentprøver fra normalt 3 forskellige prøvetagningspositioner, i enkelte profiler syd for Saltholm, dog fra 10 positioner. I 1996 blev der indsamlet prøver fra i alt 63 positioner (tabel 1). I 1997 og 98 blev antallet af prøvetagningspositioner øget til 93 i forbindelse med intensivering af overvågningen mellem Saltholm og Peberholm. I 1999 blev der kun indsamlet prøver omkring Saltholm, i alt 56. Positionerne er

kurven til belysning af spildmateriale aflejret på havbunden. Da spildmaterialet fra gravearbejderne langt overvejende består af kalk, må det forventes, at der samtidig sker en forøgelse af kalkindholdet, hvis der er tale om, at en eventuel sedimentation af ler og silt er forårsaget af spildmaterialer. Det er derfor også nødvendigt at have kendskab til kalkindholdet i sedimentprøverne. Kalkindholdet (CaCO_3) måles ikke direkte, men kan beregnes som $(\text{TC}-\text{TOC}) \times (\text{molvægten for kalk/molvægten for kulstof})$, idet det antages, at næsten alt karbonat i dette miljø er bundet i kalk. Forhøjede silt+ler koncentrationer i kombination med høje værdier af kalkindholdet er således væsentlige oplysninger til bedømmelse af om en akkumulation af sediment på havbunden kommer fra gravearbejdet, altså om der er tale om egentlige spildmaterialer.

År	Profiler	Amager		Saltholm		Sverige		Sedimentprøver I alt
	I alt	Profiler	Prøver	Profiler	Prøver	Profiler	Prøver	
1996	65	30	32	15	15	20	16	63
1997	58	20	25	25	56	13	13	94
1998	50	16	25	25	56	9	12	93
1999	25	---	---	25	56	---	---	56

Tabel 1. Antal og fordeling af opmålte profiler og analyserede prøver i de enkelte overvågningsår.

Ved at sikre et tilstrækkeligt stort overlap mellem hhv. den teodolit- og den ekkolodsopmålte del af profilet, er det muligt at koble de to profildele sammen, hvorved også den eksakte dybde på ekkolodsopmålingen kendes.

I forbindelse med profilopmålingen fra land, foretages der samtidig en beskrivelse af kysten i og omkring profilet (skema fig. 11). Denne kystkarakteristik indeholder oplysninger om stranden, om type og afgrænsning af vegetation, af kystlinjen og den indre del af strandplanet, om morfologien og sedimenttyperne, samt specielle omstændigheder på kysten i nærheden af profilet, der kan være væsentlige at kende til for den efterfølgende tolkning af eventuelle kystændringer. Beskrivelserne suppleres med fotos af kysten omkring profilet. Et eksempel er vist i fig. 12. Fotos optages fra de samme positioner og viser ens udsnit af kysten fra år til år, således at eventuelle ændringer kan iagttages.

Kystkarakteristikken er et væsentligt supplement til profilopmålingerne, når omfanget og typen af de ændringer, der har fundet sted, skal vurderes.

identiske fra år til år, hvorved eventuelle ændringer i sedimenterne kan bestemmes. Fra hvert profil, hvori der indsamles prøver, er én af positionerne lokaliseret meget kystnært, oftest i opskylszonen. De øvrige prøver indsamles fra båd på strandplanet på positioner, hvor det fra ekkolodspejlingerne vides, at der er aktiv sandbund, således ofte fra revlerne.

På GEUS' laboratorier foretages bestemmelse af kornstørrelsesfordeling, og prøverne analyseres bl.a. for indhold af total organisk kulstof (TOC) og total kulstof (TC). Fra kornstørrelsesanalyserne anvendes middeldkornstørrelsen og den procentvise fordeling af fraktionen under 63 μm (0,063 mm; ler+silt indholdet) som de væsentligste størrelser til belysning af bundsedimentets sammensætning.

På de lavvandede, eksponerede områder af Øresund ligger den procentvise del af fraktionen under 63 μm (ler+silt indholdet) normalt på under 5%. På de dybere dele af sundet er procenten ofte over 50%. Da hovedparten af spildmaterialerne fra gravearbejderne ved brobyggeriet ligger i ler+siltfraktionen, anvendes denne del af korn-

Resultater

Analysen af flyfotos kombineret med feltundersøgelser og sedimentanalyser fra den første undersøgelseskampagne i 1996 har resulteret i en klassifikation af alle de kyststrækninger med tilstødende strandplan, som er indeholdt i overvågningsprogrammet; det vil sige kystzonen fra ca. 50 meter inden for kystlinjen og ud til 6 meters vanddybde (jvf. fig. 1).

COASTAL PROFILE DESCRIPTION		Locality:
Sample no.:		Profile no.:
Photos:	Film no. Photo no.	Photo data: Position:
Coastal characteristics:		
Beach:		
Near shore zone:		
Shoreline:		
Other remarks:		
Carried out by : Date:		
GEUS COASTAL MONITORING ØRESUND ENCLOSURE B35-1		

Figur 11. Skema til beskrivelse af kysten.

"Basisundersøgelsen" af kystudviklingen i perioden 1954 til 1993 har resulteret i, at der er opnået et overblik over hovedtrækkene af kystudviklingen forud for anlægsarbejderne i hele regionen.

Kortlægningen af kysttyperne og kendskabet til den generelle kystudvikling, sammenstillet med detaljerede profilmålinger og sedimentanalyser fra 1996 har været af central betydning for tolkningen af de efterfølgende registrerede ændringer af kysten og det kystnære, marine miljø.

Såvel i 1997 som 98 er der registreret talrige ændringer i kystprofilerne og markante ændringer i sedimentkaraktererne.

Den overvejende del af profilændringerne kan umiddelbart forklares ved vandring af revlesystemerne eller kystlinjebevægelser i forbindelse med den barriereudvikling, der er i gang flere steder i området af naturlige årsager (fig. 13). Disse profilændringer er derfor foreløbig tolket som værende naturlige profiljusteringer. Om der er indeholdt en langtidsudvikling i ændringerne, som knytter sig til anlæggelsen af den faste forbindelse, vides endnu ikke. Andre profilændringer, fx på havbunden mellem Saltholm og Peberholm og på kysten af den syd- og sydvestlige del af Saltholm, er formentlig forårsaget af ændrede strøm- og bølgeforhold efter anlæggelsen af Peberholm. Da profilerne kun er målt 2-4 gange, og da der altid er en vis naturlig variation i kystprofilerne fra år til



Figur 12. Den ydre del af Sivklap-barrieresystemet, hvor profil 35 er målt, jævnfør figurene 5 og 13. August 1996. Til venstre i billedet anes en tidligere generation af Sivklap-kysten.

år, er det endnu for tidligt med sikkerhed at fastslå en direkte sammenhæng mellem de registrerede profilændringer og etableringen af den kunstige ø, Peberholm.

Større sikkerhed er der m.h.t. tolkningen af de markante ændringer i sedimentparametrene i de prøver, der er indsamlet på havbunden mellem Saltholm og Peberholm i perioden 1996 - 1998. Tolkningen af data indsamlet i 1999 er endnu ikke tilendebragt.

Middelkornstørrelse: På den sydvestlige del af Saltholm, mellem Saltholm og Peber-

holm, blev der i 1996 overvejende registreret middelkornstørrelser i fraktionen mellemkornet sand. I 1997 blev der registreret et bredt bælte af fint sand og et smallere bælte af silt langs nordsiden af Peberholm. Arealet af fint-sandsbæltet var øget fra 1997 til 1998, mens der skete en mindre reduktion af arealet med middelkornstørrelse i siltfraktionen (fig. 14a og b).

Ler+siltfraktionen: Mellem Saltholm og Peberholm steg ler+silt indholdet meget væsentligt fra 1996 til 1997. Der blev i 1997 registreret 60-70% indhold af ler+silt på en-

Miljøkriterier

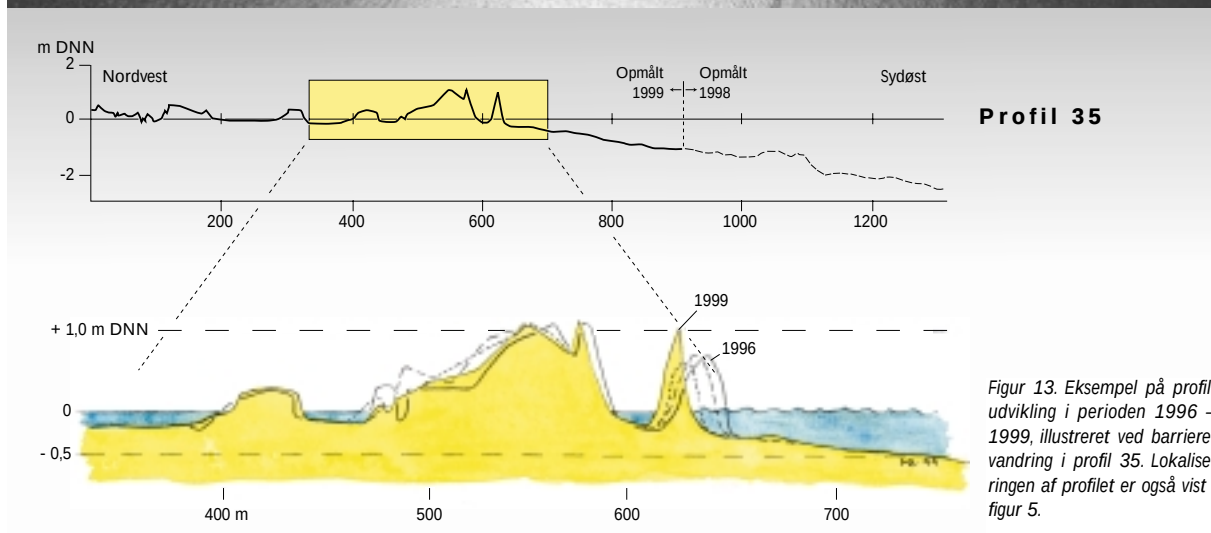
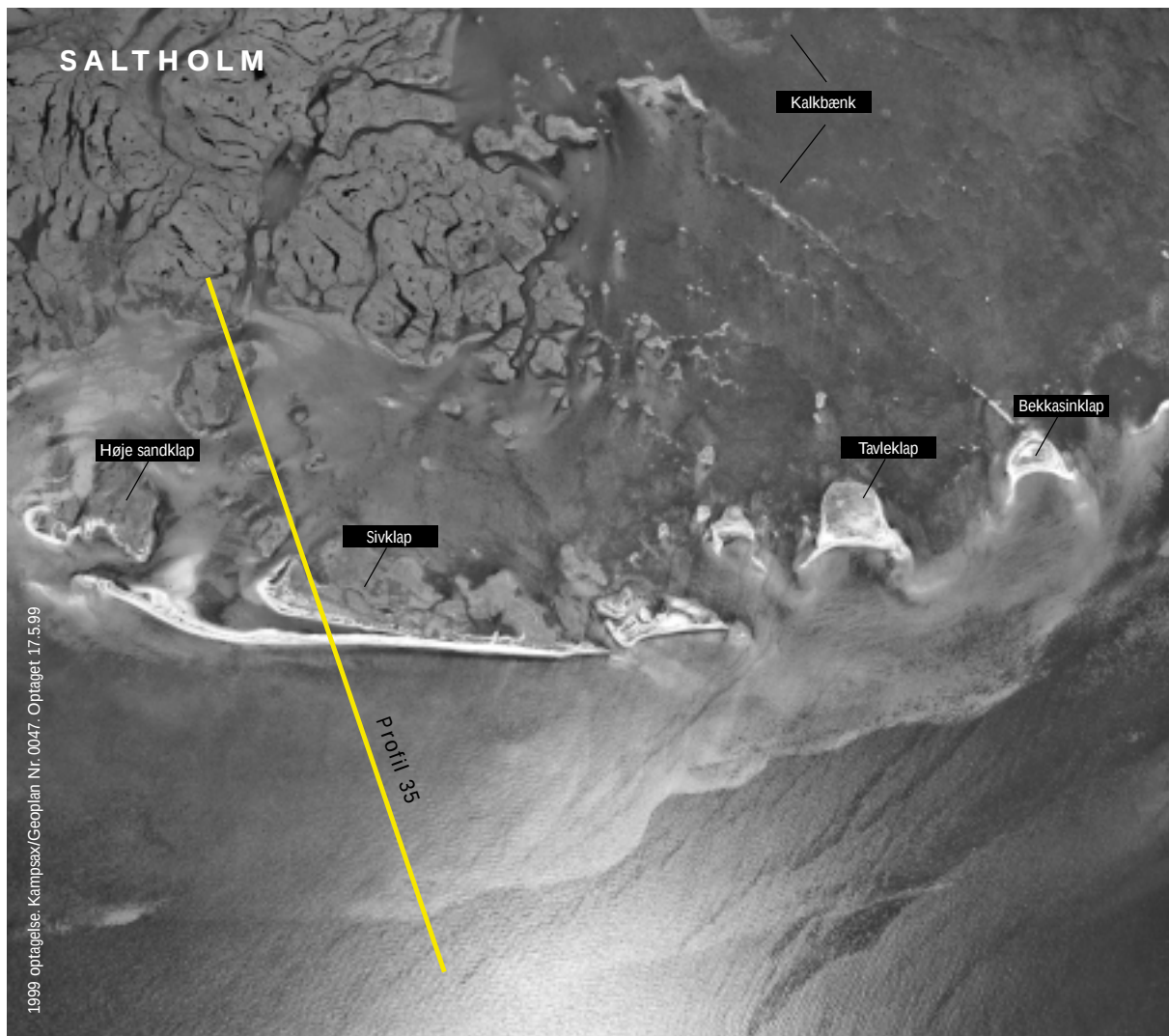
Som nævnt i indledningen af artiklen, er der forud for iværksættelsen af anlægsarbejderne opstillet en række miljøkriterier for Øresund og Østersøen. De kriterier, som kystovervågningen skal sikre bliver overholdt, er følgende:

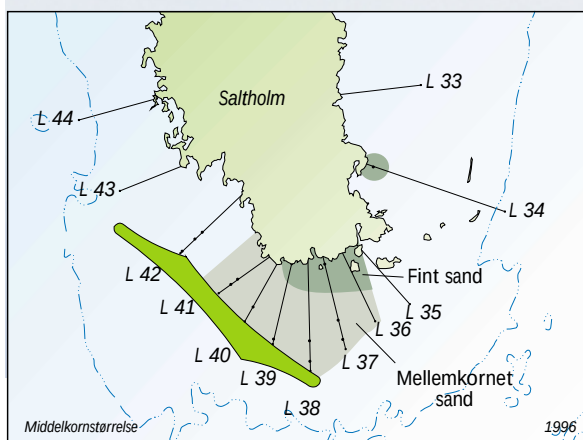
"I Øresund må Øresundsforbindelsen kun kortvarigt skabe tilstande, der er i modstrid med de nationale planer for kystområderne. Mere omfattende påvirkninger accepteres i et nærområde på 500 m på hver side af linieføringen målt fra henholdsvis nord- og sydsiden af det færdige anlæg inklusive kompensationsafgravningsområderne. Ved Saltholm dog ikke nærmere end til 1 m dybdekurven. Midlertidige påvirkninger accepteres i et påvirkningsområde 7 km på hver side af nærområdet".

"Uden for nærområdet må der ikke ske væsentlige ændringer af kystlinjen, der i øvrigt efter byggeriet skal fremstå stabil. Tilsanding og væsentlige ændringer i bundens karakter mellem den kunstige ø og Saltholm må ikke føre til, at der opstår landfæste mellem den kunstige ø og Saltholm".

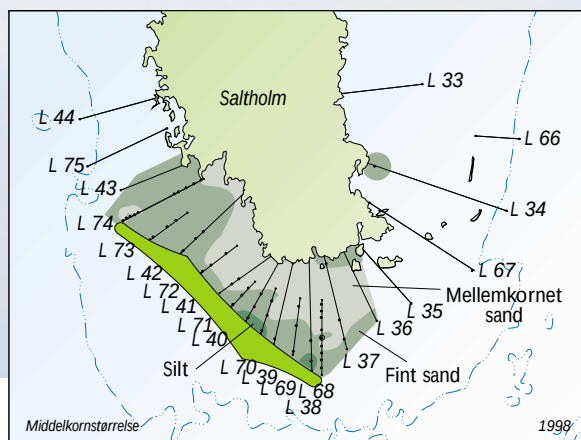
"På de øvrige kyster må der kun forekomme ubetydelige ændringer i bund- og kystforhold mod en tilgroningskyst".

Kilde: "Målsætninger og kriterier samt Miljø-myndighedernes krav til det samlede kontrol- og overvågningsprogram for Øresundsforbindelsens kyst til kyst anlæg". Trafikministeriet og Miljø- og Energiministeriet, januar 1995.

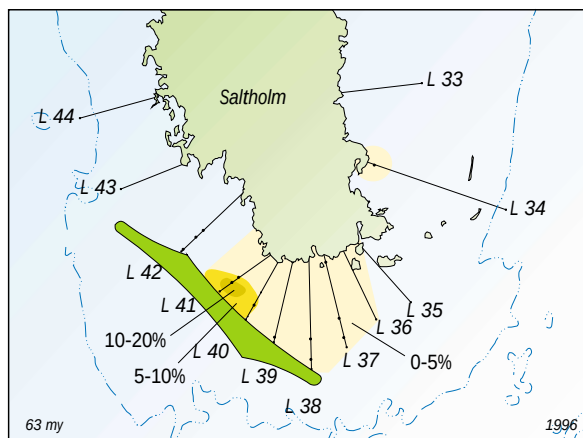




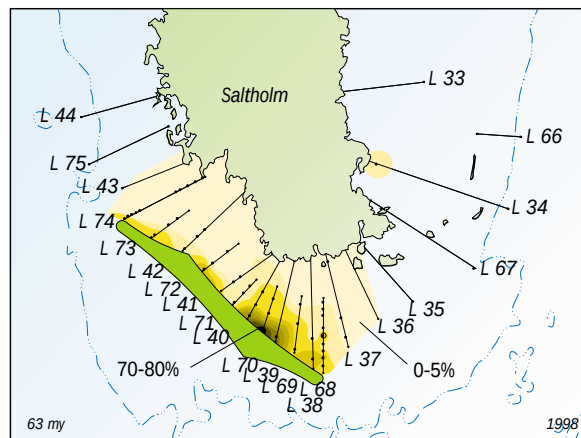
Figur 14a. Middelkornstørrelsen i sedimentprøverne indsamlet i 1996.



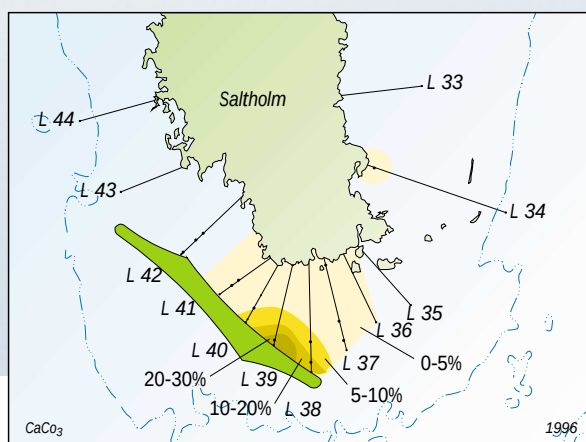
Figur 14b. Middelkornstørrelsen i sedimentprøverne indsamlet i 1998.



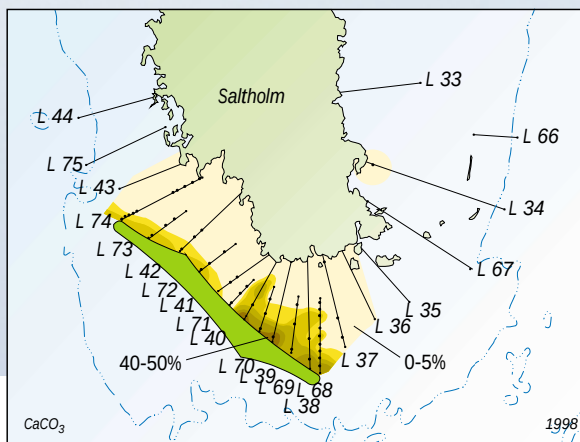
Figur 15a. Procentvis indhold af ler+silt i sediment-prøverne indsamlet i 1996.



Figur 15b. Procentvis indhold af ler+silt i sediment-prøverne indsamlet i 1998.



Figur 16a. Procentvis indhold af kalk (CaCO_3) i sediment-prøverne indsamlet i 1996.



Figur 16b. Procentvis indhold af kalk (CaCO_3) i sediment-prøverne indsamlet i 1998.

kelte positioner i dette område, og fra 1997 til 1998 skete der en yderligere tilsiltning af området. Arealerne, der i 1997 fremstod med forøget ler+silt indhold, er blevet større og der er endvidere registreret et mindre område, hvor andelen af ler+silt-fraktionen er helt oppe på 70-80% (fig. 15a og b).

Kalkindholdet: Ved Peberholm blev der beregnet kalkindhold på over 20% i et mindre område i 1996. I 1997 var koncentrationerne steget til 50-60% i dette område. Der er ikke beregnet højere værdier i 1998, men de arealer, der er karakteriseret ved forhøjede kalkværdier, er samlet set større i 1998 (fig. 16a og b).

Sammenfattende viser undersøgelserne ændringer i havbundssedimenterne mellem Saltholm og Peberholm. Der kan ikke her ske tvivl om, at tilsiltningen og det forøgede kalkindhold på havbunden er sket som følge af tilført spildmateriale i forbindelse med gravearbejderne.



Merete Binderup blev uddannet cand. scient i naturgeografi fra Københavns Universitet i 1986 og opnåede Ph.D-graden indenfor kystmorfologi i 1995. Samme år blev hun ansat ved GEUS. Overvågningen af Øresunds kyster har udgjort en betydelig del af Merete Binderup's arbejde siden opstarten i 1996.

Digitalt kort over Danmarks jordarter 1:200.000 cd-rom Version 1.0

I 1989 udgav det tidligere DGU det første landsdækkende kort over overfladenære jordarter. Kortet udkom som 4 kortblade i målforskellet 1:200.000. Dette kortværk er nu bragt på digital form og opdateret til den nyeste viden på området.

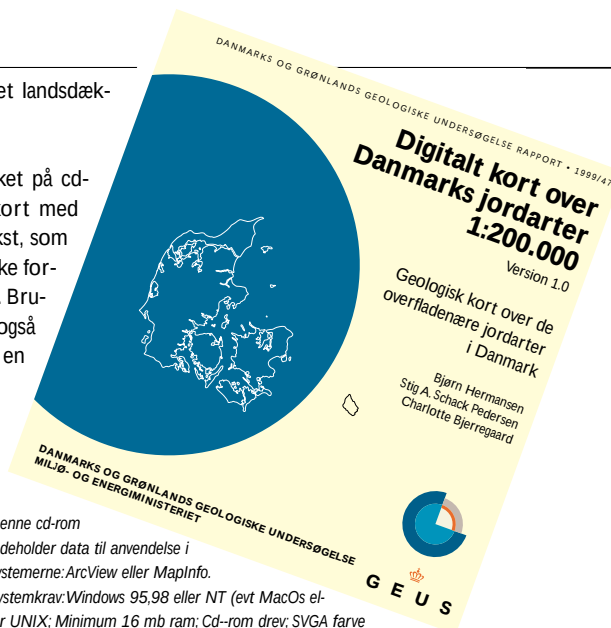
Det digitale kort er fremstillet med henblik på anvendelse i et Geografisk Informations System (GIS); det er således muligt at integrere kortet på denne cd-rom med andre digitale kort og geografiske data. Kortet har store anvendelsesmuligheder specielt inden for forskning og undervisning, hvor man ofte har brug for overblik frem for detaljviden. Digitale geografiske analyser og

beregninger er nu mulige på et landsdækkende geologisk kort.

Denne version 1.0 af kortværket på cd-rom indeholder de digitale kort med signaturforklaring samt en tekst, som beskriver geologiske og tekniske forhold i forbindelse med kortet. Brugere der ikke har et GIS vil også kunne benytte cd-rom'en, da en "GIS-viewer" medfølger gratis.

Køb af cd-rom ved henvendelse til GEUS på tlf. 38142911 eller på e-post adressen lo@geus.dk. Pris: 750 kr.

Denne cd-rom indeholder data til anvendelse i systemerne: ArcView eller MapInfo. Systemkrav: Windows 95,98 eller NT (evt MacOS eller UNIX; Minimum 16 mb ram; Cd-rom drev; SVGA farve skærm. Medfølgende tekster er i Word 6.0 og pdf format.



Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse (GEUS) er en forsknings- og rådgivningsinstitution i Miljø- og Energiministeriet.

Institutionens hovedformål er at udføre videnskabelige og praktiske undersøgelser på miljø- og energiområdet samt at foretage geologisk kortlægning af Danmark, Grønland og Færøerne.

GEUS udfører tillige rekvirerede opgaver på forretningsmæssige vilkår. Interesserede kan bestille et gratis abonnement på **GEOLOGI - NYT FRA GEUS**. Bladet udkommer 4 gange om året. Henvendelser bedes rettet til: Knud Binzer

GEUS giver i øvrigt gerne yderligere oplysninger om de behandlede emner eller andre emner af geologisk karakter.

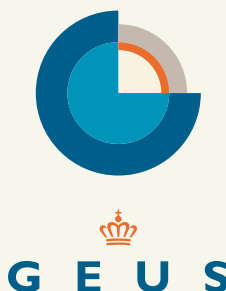
Eftertryk er tilladt med kildeangivelse.

GEOLOGI - NYT FRA GEUS er redigeret af geolog Knud Binzer (ansvarshavende) i samarbejde med en redaktionsgruppe på institutionen.

Skriv, ring eller e-mail:
GEUS

Danmarks og Grønlands Geologiske Undersøgelse
Thoravej 8, 2400 København NV.

Tlf.: 38 14 20 00
Fax.: 38 14 20 50
E-post: geus@geus.dk
Hjemmeside: www.geus.dk



GEUS publikationer:

Hos Geografforlaget kan alle GEUS' udgivelser købes.

Henvendelse kan ske enten på tlf.: 63 44 16 83 eller telefax: 63 44 16 97
E-post: go@geografforlaget.dk
Hjemmeside: www.geografforlaget.dk



Adressen er:
GEOGRAFFORLAGET 5464 Brenderup

ISSN 1396-2353

Produktion:
Gitte Nicolaisen, GEUS Grafisk

Tryk: From & Co.

Forsidebillede: Peter Moors

Illustrationer: Gitte Nicolaisen,
Carsten Thuesen og Merete Binderup