

Kystens naturlige geologi og biologi trues af klimatilpasninger

Kysten udgør noget af det mest oprindelige natur, vi har tilbage i Danmark. Men også den er kraftigt påvirket af menneskelige aktiviteter. Med udgangspunkt i de geologiske og biologiske forhold langs Sjællands Nordkyst, beskrives de specielle livsbetingelser, der knytter sig til den sandede havbund ud for vores åbne, bølgepåvirkede kyster. Endvidere beskrives en måde, som både kan tilgodese behovet for kystsikring og det liv, der udfolder sig ud for kysten.

EBBE KANNEWORFF, MICHAEL OLESEN
& TROELS AAGAARD

Selv om den " nøgne " sandbund er en bundtype, der i areal dominerer ud for vores åbne og eksponerede kyster, bliver vi sjældent fortalt om de særlige naturkvaliteter, der knytter sig til sandbunden. Derimod hører vi til stadighed om stenrevenes fortræffeligheder. Dette på trods af, at den stenede bund spiller en langt mindre økologisk rolle end sandbunden for de danske havområder.

Den tætbebyggede sjællandske nordkyst står over for et stadigt stigende pres fra havet som følge af klimaforandringer, hvorfor behovet for en øget kystsikring trænger sig på. Dette indebærer dog et stort upåagtet problem for havmiljøet. Den allerede eksisterende hårde kystsikring med skræntforseglinger og stensætninger har nemlig vist sig at medføre en betydelig negativ virkning for livet ud for kysten, samt for selve kystens rekreative værdi. For at bevare de hvide sandstrande og hindre en fortsat forarmelse af kystnaturen, er det nødvendigt at finde en anden måde at beskytte kysten på.

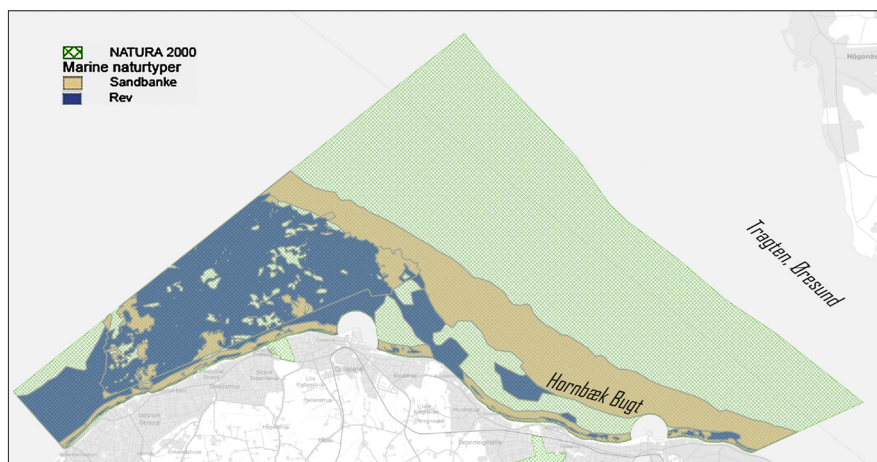
Den geologiske dynamik

Det altafgørende for livet på sandbunden er den geologiske dynamik, som for Nordkysten har betydet, at sandet gennem tiderne har

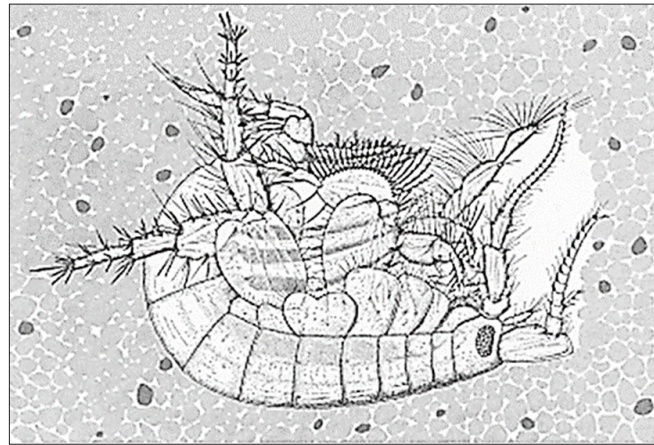
vandret fra vest mod øst, hvor det har lagt sig som store undersøiske sandbanker i det nordlige Øresund øst for Gilleleje (Fig.1). Samtidig er der sket en gradvis frilæggelse af istidens stenede og lerede sedimenter på havbunden ud for kysten vest for Gilleleje (Fig.1).

Nordkysten påvirkes hovedsageligt af bølger fra vestlige og nordvestlige retninger. Når bølgerne bryder tæt ved land, dannes en kystparallel bølgestrøm, som kan opnå hastigheder på 1 meter/sekund, eller mere. Strømmen fragter sand langs kysten fra vest mod øst og denne transport af løse sedimenter kan sammenlignes med et transportbånd, hvor sandmængden stiger jævnt fra nul ved Spodsbjerg til omkring 25.000 kubikmeter/år ved Gilleleje, hvorefter den så aftager til cirka 15.000-20.000 kubikmeter/år ved Hornbæk. Siden Stenalderhavets tid er sandet blevet ført videre mod Helsingør og aflejret på Lappegrund og Disken hhv. nord og syd for Helsingør. Dog har etableringen af havnene ved Gilleleje og Hornbæk betydet, at store dele af sandet nu om dage aflejres vest for havnene, idet molerne fungerer som store høfder.

Havspejlet er igennem de sidste 130 år steget med omkring 0.4 mm/år. Siden 1960 dog med en hastighed på ca. 1.6 mm/år. Dette har, sammen med nederosionen af havbunden (det såkaldte abrasionsflak) og de tilta-



Figur 1. Det godt 150 km² store Natura 2000 område ud for Sjællands Nordkyst (Gilleleje Flak og Tragten), hvor også de beskyttede naturtyper er vist med sand i øst og stenede bundtyper i vest.



Figur 2. Tv.: skitse af forskellige former for mikrobentiske alger på og mellem sandkorn (vist som blå afgrænsninger). Th.: Det ca. ½ cm store krebsdyr *Bathyporeia sarsi*, der her ses nedgravet i sandet, hvor det på ryggen ligger og afrasper sandkornene for mikroalger.

gende kraftige nordvestlige storme, sat landskabet under øget erosionspres. Men kysterosion, og dermed frigivelsen af løse sedimenter især fra klinterne til vedligeholdelse af strandene, er kraftig blevet modvirket i takt

med de seneste 100 års etablering af hård kystbeskyttelse. Således er der på strækninger med skråningsbeskyttelse ofte ingen strandbred tilbage.

Sandbundens biologi

Den sandede bund ved Sjællands Nordkyst repræsenterer to generelle bundtyper, nemlig sandrevlerne tæt på kysten og sandfladerne på det lidt dybere vand. De benævnes af og til som sandbanker på hhv. lavt og dybt vand.

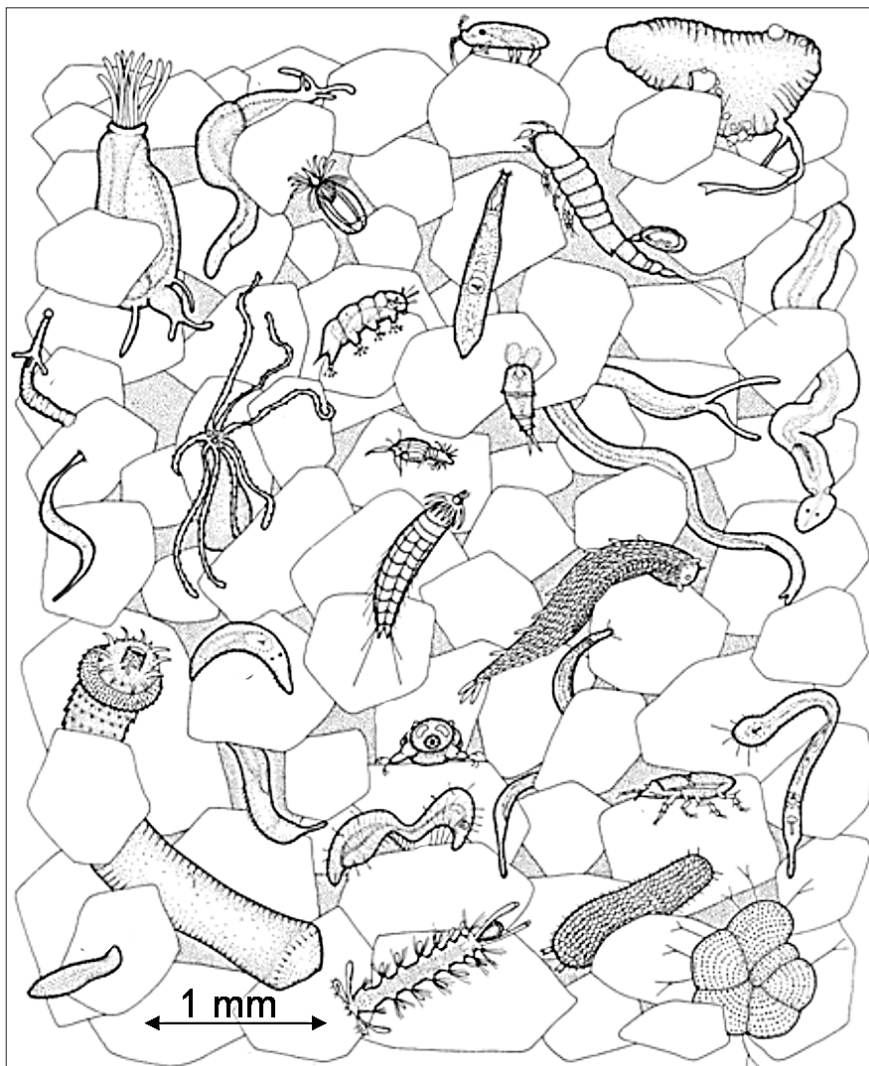
Sandrevlen

Sandbunden langs kysten er til stadighed udsat for en kraftig fysisk påvirkning som følge af bølger og strøm. Bølgestrømme sorterer og fordeler de løse ophvirvlede sedimenter efter graden af fysiske påvirkning. Slutresultatet er revler af velsorteret sand med ensartet kornstørrelse, som alt efter årstiden vandrer søværts og landværts på strandplanet.

En særlig biologisk tilpasning til denne dynamik ses såvel i første led af fødekæden (primærproducenterne) i form af mikroskopiske alger og i det andet led af "græssende" småkræ (Fig.2). De mikroalger, der holder til på sandrevlen, ligger i den lille ende af størrelsesspektret (mindre end 1/100 mm), hvor de sidder fastkittet til de glasklare sandkorn, i fordybninger og sprækker, beskyttet, når sandet er i bevægelse.

I andet led er nøgleorganismen den millimeter store tangloppe *Bathyporeia* (Fig.2), der kan forekomme i antal på over 60.000 pr. m². Den findes i velsorteret sandbund, hvor mediankornstørrelsen er mellem 0,150 og 0,220 mm. Livscyklus er tilpasset revlens vandring til det lave vand om sommeren, hvor høje temperaturer tillader arten et hurtigt generationsskifte, og til det dybe vand om vinteren, hvor overvintring sker, beskyttet mod det lave vands kolde vintertemperaturer.

Sandrevlernes høje produktivitet af smådyr er fødegrundlaget for fladfish i deres første bundstadier. Et andet vigtigt lille krebsdyr tilknyttet sandbunden, er mysider (pungrej), der optræder i tætte stimer over sandbunden. Fødeemner for de større fisk, der



Figur 3. Skitsetegning af sandbundens meiofauna, der tæller mange forskellige slags dyr i form af både voksne og larvestadier. Pga. størrelsen er de ikke i stand til at flytte rundt på sandkornene, og er derfor henvist til at leve mellem de eksisterende hulrum (omtegnet fra Danmarks Natur).

fouragerer på det lave vand om natten, er hesterejer, kutlinger og tobis (også kaldes sandgrævling, fordi den lynhurtigt kan grave sig ned i sandbunden).

Når sandkysten med revler forsvinder og erstattes af grove løse sedimente og sten med store alger, får vi en kysttype, der ikke længe har den nøglerolle i havet, som revlerne udfor den bølgeeksponerede kyst besidder.

Sandfladen

Også sandbunden på den lidt dybere og mindre bølgepåvirkede flade, udgør et vigtigt bentisk levested i havet. Dette hænger sammen med, at vi her finder ideelle økologiske betingelser for de fødeorganismer, mindre og store fisk lever af. Den lyspåvirkede sandbund i 5-20 m's dybde giver ophav til myriader af mikroskopiske alger i og på bunden. De mikrobentiske alger, der også blev omtalt i forrige afsnit (Fig.2), vil ofte kunne genkendes som brunlige belægninger på sandfladen og mellem bølgeribberne hvor disse dannes.

Den mikrobentiske primærproduktion udgør grundlaget for det meste af det liv, der udfolder sig på sandbankerne. Primærproduktionen er størst, hvor der ikke sker en vedvarende ophvirvling fra bunden eller sedimentaflejring. De fleste bundlevende mikroalger er mobile, og vil således kunne positionere sig optimalt i forhold til lys og næringssalte. På en almindelig sommerdag kan klorofylkoncentrationen på en sandbund i 10 meters dybde snildt ligge på mellem 100-300 mg Chl/m². Til sammenligning vil planktonalgerne på den tid af året forekomme i en koncentration på omkring 20 mg Chl/m² i den overliggende vandsøjle.

Det bør endvidere nævnes, at også på de lyspåvirkede faste overflader som sten sker der en opvækst af mikroalger. Disse opnår dog sjældent en lige så høj produktion pr arealenhed som på den sandede bund. Dette skyldes, at de hårde overflader nemmere lader



Figur 4. Skitsetegning af sandfladens større dyreliv, hvor alm. sandmusling (øv. tv) og alm. østersømusling (midt tv.) og sandorm (ned. th.) er vist særskilt (fra Øresundvandsamarbejdet).

sig "afgræsse" af snegle, søpindsvin m.fl. i kombination med den skyggeeffekt som anden begroning i form af bl.a. makroalger giver anledning til.

De mindste flercellede dyr på sandfladen udgøres af den såkaldte meiofauna (< 1 mm) der kryber rundt mellem sandkornene og æder mikroorganismer (Fig.3).

Sandkornene på sandfladerne er knap så velsorteret som på sandrevlerne, og dækker sædvanligvis også over et større størrelsespektrum (60 til 300 µm). Sandfladens bund besidder typisk et porevolumen på mellem 20-30%, som tillader både meiofaunaen og vand at kunne bevæge sig relativt ubesværet (Fig. 3).

De større dyr, der lever nedgravet i sandet - den såkaldte makrofauna (> 1 mm) - tælles primært af muslinger, børsteorme, krebsdyr, snegle, søpindsvin, slangestjerner samt disse dyrs forskellige larvestadier (Fig.4). Alle er værdifulde fødeemner for bundlevende fisk.

Og uden de sandede kystvande vil bundlev-

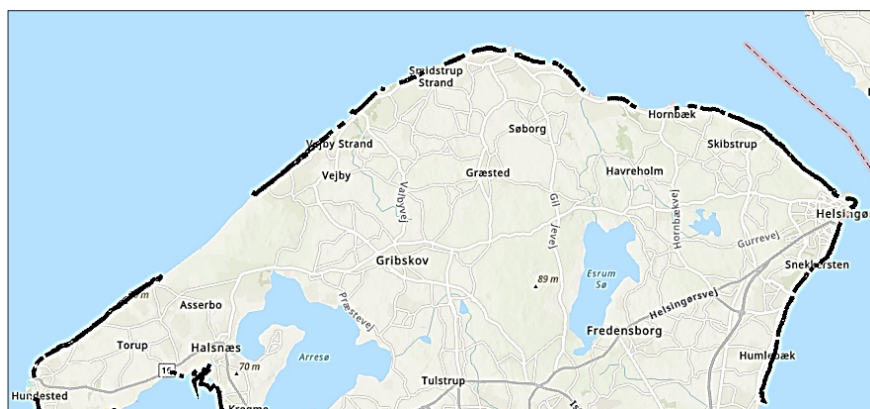
ende fisk som rødspætter og torsk ikke kunne forekomme så talrigt, som tilfældet er (eller kunne være) i de danske farvande.

Nuværende og fremtidig kystbeskyttelse på Nordkysten

Udsigt til havet betød meget da sommerhusene begyndte at blive bygget, og derfor var det attraktivt at anlægge husene i første række oppe på skrænten. Den naturlige kysterrosion blev derfor hurtigt et problem i grundejernes øjne og man begyndte at lave hård kystbeskyttelse for ca. 100 år siden. Der blev bygget høfder (ca. 470 stk.), anlagt skråningsbeskyttelse (ca. 340 stk.) og senere også bølgebrudere (ca. 185 stk.). Figur 5 viser hvordan den hårde skråningsbeskyttelse dækker 2/3 af den samlede kyststrækning langs nordkysten.

Når kystskrænterne forhindres i at tilføre sediment til bølgenes transportbånd langs kysten, ændres de økologiske betingelser ved, at sedimenterne på stranden og havbunden bliver grovere, efterhånden som det finere sand bliver ført østpå. Kun ca. en tredjedel af kyststrækningens samlede længde resterer til at sikre den frie naturlige sedimentdynamik. Ud over den ændrede sedimentsammensætning, betyder det manglende sand at det aktive kystprofil i mange tilfælde forstjæles, hvorved bølgeenergien på strandbredden øges, og det fine sediment derfor fjernes. Sammenlignes billeder af stranden nu og for 50-100 år siden, ses det tydeligt mange steder, at stranden er blevet mere stenet.

Hvis man ønsker at fastholde og genskabe naturlig biodiversitet, som i dag er negativt påvirket af den hårde kystbeskyttelse, og samtidig bibeholde eller øge sikkerheden for huse og infrastruktur, er der heldigvis håb forude.



Figur 5- der viser hvor en hård skråningsbeskyttelse er foretaget på Sjællands Nordkyst. (Per Sørensen, Kystdirektoratet)

Det grundlæggende problem er, at kysten mangler sand.

Fodring med sand kan forene de mange hensyn i form af kystsikring, rekreative strande og naturgenopretning. Det biologisk set mest skånsomme er sandfodring, der "kopierer" den tidligere naturlige tilførsel til kysten. Dette kan ske ved eksempelvis at:

- sandfodre om vinteren,
- fodre 8-10 steder ud for de tidligere erosionsudsatte klinger (sandmotormetoden, hvor sandet fyldes på kystens naturlige transportbånd),
- mængde og metode sigter mod en langsom kystopbygning, hvor dyre- og plantelivet

kan følge med kystens fremrykning, og

- fodre med et materiale, der svarer til det naturligt tilførte fra kystnedbrydningen.

Ideelt set kan der skabes et lukket kredsløb og endda med naturligt kystsand, hvis det hentes på lokaliteter (5-20 meters dybde), hvor det lejrer sig, f.eks. Lappegrund og Disken i den nordlige del af Øresund. Af alle steder, hvorfra sand kan indvindes må det være her miljøet skades mindst, fordi bølgepåvirkning og sandvandring hurtigt gendanner bundprofilen, og fordi faunaen naturligt indvandrer hver sommerhalvår. Samlet set vil vi med dette sandkredsløb få et mere sundt og

levende hav. Det fælleskommunale sandfodringsprojekt "Nordkystens Fremtid." projekterer med en generel vedligeholdelsesfodring hvert femte år i 50 år. Derfor er det ekstra vigtigt at finde en metode, der minimerer skadevirkning af sandfodring.

EBBE KANNEWORFF, pensioneret marinbiolog fra Københavns Universitet (KU). MICHAEL OLESEN, lektor emeritus, Biologisk Institut, KU. TROELS AAGAARD, professor emeritus, Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN), KU



UV-filtre – forurening af havvandet kan udgøre en miljörisiko

Et studie øger viden om kilderne og de potentielle effekter af 8 UV filtre ved analyse af vandprøver fra strande og fra renseanlæg på øen Gran Canaria i Spanien. Forskerne fandt, at det store antal af strandgæster og beskyttede omgivelser øgede forureningsniveauet ved strandene og at havvandets koncentration til tider udgjorde en stor miljörisiko.

Ultraviolette filtre er kemiske stoffer som spreder UV lys og anvendes i stigende grad i specielt solcremer og lotioner såvel som i industrien for at øge levetiden af plastik og andre materialer. Stofferne betragtes som "nye forurenende stoffer", som dagens viden indikerer har visse miljøsædvanlige effekter og i nogle tilfælde tendens til at bioakkumulere. I juli 2022 tilføjede EU Kommissionen 3 UV filtre til sin "Surface Water Watch List" (Commission Implementing Decision (EU) 2022/1307 of 22 July 2022). Stofferne er butyl methoxydibenzoylmethan (avobenzon), octocrylen og benzophenon-3 (oxybenzon).

Forskerne målte koncentrationen i vandprøver fra strande og renseanlæg og sammenlignede dem med eksisterende data vedrørende miljøsædvanlige effekter. De tog månedlige prøver mellem maj og oktober

2019 og målte koncentrationen af 8 forskellige stoffer. De tog vandprøver ved middagstid fra 3 strande med forskellig brugsmønstre af lokale og turister og indsamlede prøver fra ind- og udløb fra 3 renseanlæg, for at vurdere fjernelsesraten af de forskellige stoffer. De fandt desuden 7 publicerede effekt studier på specifikke organismer for 3 af stofferne, herunder på mikroalger, invertebrater og fisk ved kendte koncentrationer.

De rapporterede at octocrylen (OC) blev fundet i alle havvandprøver, mens den mest almindelige benzophenone-3 (BP3) blev fundet i 83% af prøverne. Ved øens Las Canteras strand toppede BP3 dramatisk i august. Forskerne mener, at dette kan skyldes at stranden benyttes sæsonmæssigt af de lokale og er beskyttet af naturlige barrierer, så vandudskiftningen er ringe. Arinaga stranden, som også hovedsageligt benyttes af lokale, viste et tilsvarende mønster, men med meget lavere koncentrationer, som formentlig skyldes større vandudskiftning.

På Playa del Inglés, var der imidlertid ud over august BP3 toppen en top i oktober, formentlig fordi stranden besøges året rundt af internationale turister og med mellemliggende koncentrationer sammenfaldende med moderate vandudskiftninger.

Forskerne rapporterer, at de fandt UV filtre i alle vandprøver fra ind- og udløb af renseanlægene. De rapporterede varierende fjernelsesrater i anlæggene, gående fra mere end 50% for 4 stoffer (OC, BP3, 4-methylbenzyliden camphor (4MBC), and butyl methoxydibenzoylmethan (BMDBM)), faldende helt til 17% for stoffet methylene bis-benzotriazolyltetramethylbutylphenol (MBP).

Forskerne siger, at OC når det var til stede blev fundet i niveauer der udgjorde en stor risiko for alle tidligere studerede organismer, mens 4MBC blev fundet i medium eller højrisiko niveauer i alle vandprøver. De rapporterede varierende resultater for BP3 inklusive højrisiko niveauer i flere tilfælde, især fra juli og frem, for mikroalger og muslinger.

Niveauerne af UV filtre i havvand ved strande afhænger især af direkte input af produkter til personlig pleje fra de besøgende på strandene mener forskerne, og med koncentrationer der afhænger af vandudskiftningsraten ved de enkelte strande. Selv om stofferne ofte er til stede i udløbene fra renseanlæggene udledes de som regel i åbent vand og fortyndes hurtigt.

Tilstedeværelsen og toxiciteten af kemiske stoffer i miljøet er relateret til deres opløselighed i vand eller organiske opløsningsmidler. Mere vandopløselige stoffer som BP3 er sandsynlige i vandprøver og mere fedtopløselige stoffer som OC er mere sandsynlige til at akkumulere i levende organismer. Med nogle kemiske stoffer i havvand på høj miljømæssigt risiko niveau mener forskere, at bioakkumulation, nedbrydningsprodukter og synergieffekter også skal tages i betragtning.

Kilde:

Cadena-Aizaga, M. I., Montesdeoca-Esponda, S., Sosa-Ferrera, Z. and Santana-Rodríguez, J. J. (2022) Occurrence and environmental hazard of organic UV filters in seawater and wastewater from Gran Canaria Island (Canary Islands, Spain). *Environmental Pollution* 300: 118843.

CH