

Miljøministeriet
Kystdirektoratet

Modul 2

Naturbaseret kystbeskyttelse

November 2021



Foto: Henrik Vinge Karlsson. Busene Have

Indledning

Den danske kyst er dynamisk

De fleste af de danske kyster er dynamiske. Sedimenter transporteres hele tiden langs med kysten, som nogle steder nedbrydes og andre steder vokser. Mange af Danmarks kyster er lavtliggende. De kan blive oversvømmede under stormfloder med forhøjet vandstand og nogle endda også ved det daglige tidevand. Det er naturlige processer, som skaber og vedligeholder lokale naturlige systemer, men disse naturlige processer har udviklet sig til udfordringer i takt med, at vi mennesker i stigende grad har bygget og bosat os i de kystnære områder.

Udfordringerne for de kystnære byer og sommerhusområder bliver ikke mindre af, at vandet stiger i havene omkring os, og at klimaforandringerne betyder, at vi får flere stormfloder. Hændelser, som er sjældne i dag, vil kunne opleves hvert år allerede om 40-50 år. Samtidig betyder havvandsstigningen, at stormfloderne vil blive ledsaget af markant højere vandstande end dem, vi oplever i dag.

Klimaet vil forandre kystlandskaberne

Klimaforandringerne er dog ikke kun et spørgsmål om højere vandstande og flere stormfloder, men også om, at landskabet gradvist vil ændre karakter. Strande og strandenge vil svinde ind og kystklinter vil blive eroderet af bølgerne og destabiliseret af stigende grundvand og vekslen mellem tørkeperioder og perioder med kraftige regnskyl.

Når vi så samtidig ser ind i en fremtid, hvor behovet for kystbeskyttelse vokser, er det væsentligt, at vi skaber en balance mellem beskyttelsesforanstaltningerne og den natur, som vi alene finder i kystområderne.

Hvorfor naturbaserede løsninger?

Grundtanken med at bygge kystbeskyttelse med naturen som medspiller er, at kystbeskyttelsen i fremtiden skal bygges med og for naturen. Dette er ikke noget nyt, samspillet med kystlandskabet og den omgivende natur er allerede indbygget i kystbeskyttelseslovens hensyn. Se loven på Retsinformation her

Gevinsterne er mange: Naturen i kystlandskabet er attraktiv som rekreativ zone for os mennesker. Det naturlige plante- og dyreliv og biodiversiteten i kystområderne er i fare for at gå tabt, hvis vi fortsat udelukkende anvender kystbeskyttelsesmetoder, som ikke arbejder sammen med naturen.

Hvis vi fremover ønsker at tilgodese både menneskeskabte- og naturværdier, er det ikke nok, at kystbeskyttelsen ”bare” beskytter baglandet mod erosion eller oversvømmelse. Kystbeskyttelsen kan ikke være et naturfremmed

element i landskabet, som en vej eller en jernbane. Kystbeskyttelsen bør være en del af det landskab, den beskytter. Eller endnu bedre: Landskabet kan i sig selv være kystbeskyttelsen.

Guidens formål og baggrund

Formålet med denne guide er at give vejledning og inspiration til kommuner, som ønsker at etablere naturbaserede og klimarobuste kystbeskyttelsesprojekter. Samtidig er det håbet, at denne guide kan give en række grundlæggende indsigter, som fremmer dialogen mellem de ansvarlige i kommunen og rådgivere og interessenter. I EU-Interreg.-projektet, Building with Nature, har Danmark har i en årrække i samarbejde med seks andre europæiske lande arbejdet med ”levende laboratorier” for at afprøve og videreudvikle naturbaserede kystbeskyttelsesmetoder. Metoder, der aktivt inddrager naturens egne kræfter til at skabe eller genskabe en naturlig kystbeskyttende udvikling og effekt i kystlandskaberne.

Denne guide er udarbejdet på baggrund af analyser og resultatet fra Kystdirektoratets deltagelse i dette arbejde.



Foto: Kystdirektoratet, Skodbjerge

Introduktion til guiden

Guiden er opbygget med udgangspunkt i syv trin, som bør være en fast bestanddel af ethvert kystbeskyttelsesprojekt. Klik på cirklen for at komme til et bestemt trin.

Guiden findes også som et interaktivt iPaper dokument. Gå til iPaper version her
Alle links og film vil være aktive her.

Klik på cirklen for at komme til et bestemt trin.

1. Identificér udfordringen
2. Forstå kystsystemet
3. Definér målsætninger
4. Vælg metoder til at nå målsætningerne
5. Realisér projektet
6. Overvåg
7. Evaluer

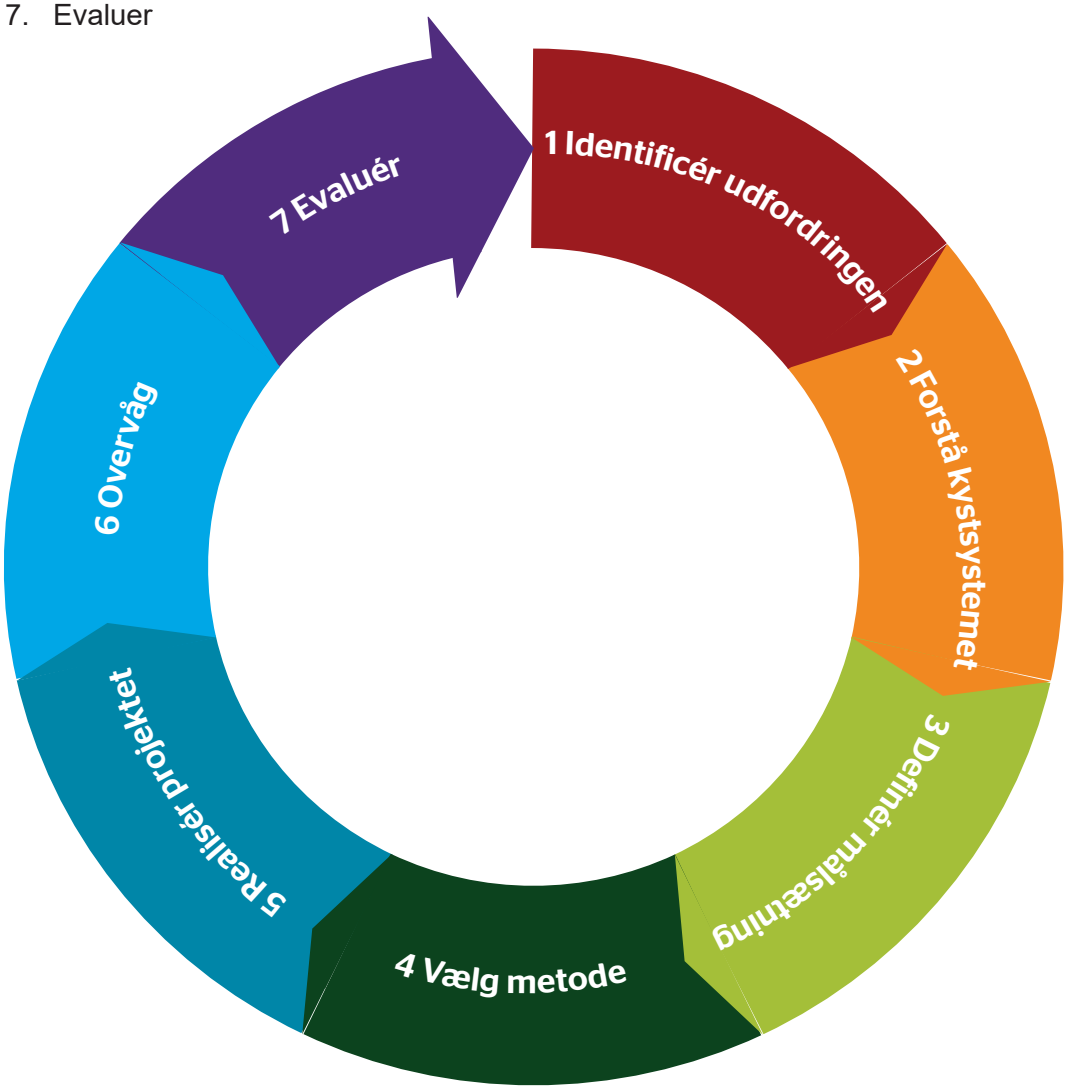




Foto: Ragnhild Kørschen. Fynshoved

1 Identificér udfordringen

Et kystbeskyttelsesprojekt skal beskytte, men mod hvad? Inden et projekt sættes i gang, er det er helt afgørende at få undersøgt, om kysten er udsat for oversvømmelse, erosion eller en kombination.



Det typiske udgangspunkt for at etablere kystbeskyttelse på en strækning er i reglen, at der tidligere har været hændelser eller nærved-hændelser, hvor menneskeskabte værdier har været under pres fra havet.

Med udgangspunkt i de historiske hændelser vil man derfor ofte mene, at man allerede kender udfordringen: Truslen fra havet er oversvømmelse eller erosion – eller en kombination.

Historiske hændelser

Det giver da også god mening at se på, hvilke historiske højvands- og stormflodshændelser, der har været i området, inden der iværksættes et kystbeskyttelsesprojekt.

Disse oplysninger kan typisk findes i lokale arkiver eller i oversigtform her. Se evt PDF: Metoderapporten. Bilag A - Historiske stormflodshændelser

Det skal dog tages med i betragtning, at kysterne er dynamiske, så der kan være sket ændringer i landskabet eller udnyttelse af kysten, som historien ikke tager højde for. Det kan også ske, at der historisk er blevet indbygget visse ”misforståelser”, for eksempel i forklaringerne på hovedårsagerne til en oversvømmelse.

Den historiske vinkel giver heller ikke mulighed for at tage højde for de vandstandsstigninger og ændringer i stormmønstrene, som klimaforandringerne vil indebære.

Der er altså flere elementer, som man kan risikere at overse, hvis man kun tager historiske hændelser i betragtning.

For at opnå robuste og fleksible løsninger, som passer til såvel nutidens som fremtidens udfordringer, bør man sætte sig ind i mulige fremtidige scenarier. Derfor kan det godt betale sig at tjekke en ekstra gang, om der er helt styr på udfordringen, om den eventuelt har ændret sig eller den potentielt ændrer sig i fremtidige scenarier.

Kystplanlægger

Her kan du med fordel bruge Kystplanlægger 2021. Kystplanlægger er en national risikokortlægning, hvor du kan zoome ind på en relevant strækning og screene nuværende og kommende udfordringer.

Her får du også et overblik over, hvilke strækninger, der kystteknisk set hører sammen og hvor den samme strategi anbefales.

Data fra Kystplanlægger præsenteres i webGIS og alle data kan frit importeres til kommunens eget GIS-system.

I Kystplanlægger kan du blandt andet finde GIS-lag, der viser:

Oversvømmelsesrisiko og erosionsrisiko

Lagene viser henholdsvis den samlede oversvømmelsesrisiko og den samlede erosionsrisiko, som er kombinationen af faren og den totale økonomiske skade. Både oversvømmelses- og erosionsrisikoen vises i tidsperspektiverne 2020, 2070 og 2120. Risikoen er kategoriseret i fem klasser og vises i 100 m x 100 m felter opgjort i kr. pr. år.

Oversvømmelsesfare og erosionsfare

Oversvømmelsesfaren og erosionsfaren er inddelt i tre undergrupper for henholdsvis 2020, 2070 og 2120. Hver undergruppe har tre lag indeholdende faren ved henholdsvis en 100-, 1.000- og en 10.000-års hændelse. Oversvømmelsesfaren vises i kortet af en fladedækkende blå farve.

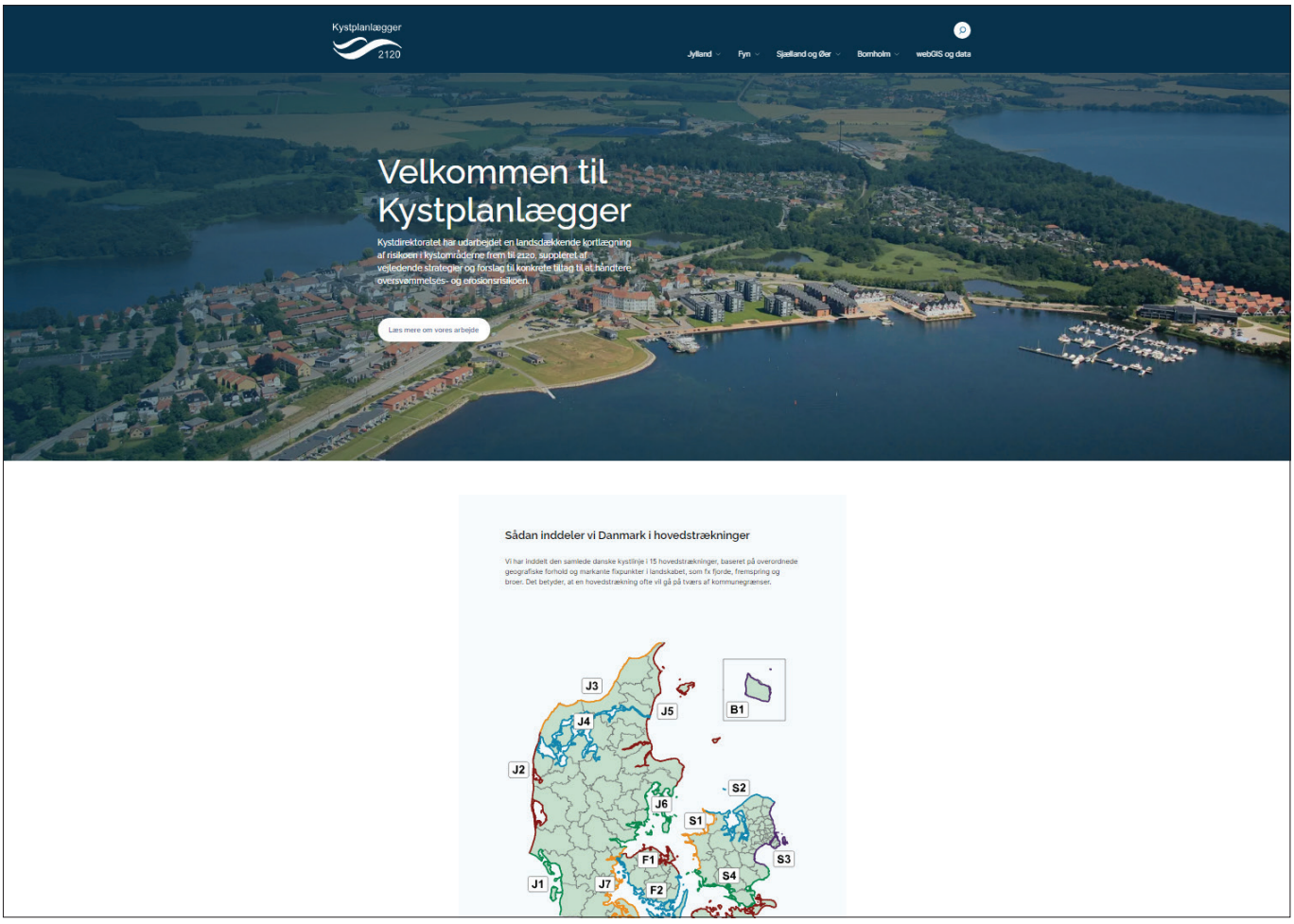
Erosionsfaren vises med en fladedækkende gul farve for den samlede erosion med en sort skravering af den del, som er akut erosion.

Total økonomisk skade ved oversvømmelse og total økonomisk skade ved erosion

Lagene viser den totale økonomiske skade ved henholdsvis oversvømmelse og erosion ved forskellige hændelser. Skaden vises for begge typer i tre tidsperspektiver (2020, 2070 og 2120) for hhv. en 100-, 1.000- og 10.000-års hændelse. Den totale økonomiske skade vises i 100 m x 100 m felter og opgøres i kr.

I Kystplanlægger får du desuden anbefalinger til om og hvornår, risikoen på en strækning bør reduceres samt vejledende forslag til løsninger af eventuelle udfordringer på den konkret strækning.

Åben Kystplanlægger her



Figur 1 Kystplanlægger, en national kortlægning af oversvømmelses- og erosionsrisikoen frem til 2120



Foto: Kystdirektoratet, Nørlev-Liver Å

2 Forstå kystsystemet

Kend din kyst! Kystbeskyttelsen skal tilpasses den naturlige dynamik og naturen på strækningen.
En indgående forståelse for kystsystemet er derfor afgørende.





Foto: Colourbox, Keldsnor Fyr

Beskyttelse og landskab som enhed

Når kystbeskyttelsen skal designes ud fra helhedssynet i kystbeskyttelsesloven, kræver det, at beskyttelsen tilpasses den naturlige lokale dynamik. Her skal ”lokal” ikke nødvendigvis forstås som en kort strækning. De naturbaserede kystbeskyttelsesmetoder kræver netop, at der arbejdes med det samlede kystsystem og dets naturlige helheder.

Den naturlige kystbeskyttelse må nødvendigvis tage udgangspunkt i den lokale kystmorfologi og –dynamik samt de hjemmehørende naturtyper. Understøttende klitlandskaber og brede strande kan beskytte store dele af den jyske vestkyst. Den beskyttelse ser vi allerede nu. Resultaterne fra Vestkysten er opnået ved en løsning, som passer ind i den lokale og naturligt forekommende natur og dynamik, men denne løsning ville ikke nødvendigvis give mening, når det drejer sig om beskyttelse af andre kyster.

På de fleste østvendte kyster skaber vindretningen ikke som på Vestkysten en naturlig sandtransport ind på stranden. Til gengæld kan man for eksempel i bugter og fjorde, hvor der er områder ud for kysten, som hæver sig, skabe attraktive, natur-understøttende landskaber med holme og saltvandssøer. Denne type landskaber kan blive hårdt tiltrængte levesteder for en del af de planter, fugle, insekter, padder og andre arter, der i dag er klemt eller truet i en presset kystnatur.

Når det er nødvendigt at placere beskyttelse af den ene eller anden art og dermed gribe ind i et systems naturlige tilstand, så vil det påvirke den lokale dynamik. Det er derfor vigtigt, at basere sig på en god grundlæggende forståelse af forholdene på den aktuelle kyststrækning, inden man går videre til næste procestrin.

Kend din kyst

Størstedelen af Danmarks natur er formet under sidste istid og isens bevægelser har haft stor betydning for de danske kyster. Både kyst og landskab har dog forandret sig siden og der sker stadig forandring.

Med undtagelse af visse kyster på Bornholm er alle danske kyster opbygget af løse sedimenter, og de fremherskende sedimenttyper i de danske kystlandskaber er sand eller moræneler iblandet ral eller sten af varierende størrelse. Derudover findes også kyster med mere kompakte klinter af for eksempel ler, kridt eller kalk. Nogle kyster er udsat for erosion, der på andre kyster sker aflejring, dette er helt afhængigt af den lokale påvirkning.

Den lokale geologi, geomorfologi og forekomsten af forskellige jordarter og havbundssedimenter samt deres tykkelse har betydning for kystens form, karakter og natur, derfor har disse faktorer også stor indflydelse på, hvordan et naturbaseret kystbeskyttelsesprojekt skal udformes.

Det er enkelt og gratis at orientere sig om lokale geologiske forhold hos GEUS, hvor du bl.a. finder disse kort:

- Jordartskort
- Havbundssedimenter
- Israndslinjer og isafsmeltning
- Danmarks undergrund
- Prækvartær højdeforhold (før 2,6 mio år siden)
- Prækvartær Bornholm (før 2,6 mio år siden)

Find alle kortene på GEUS her.

Det er også ofte en god ide, at se på ortofotos eller skråfotos for at få et indtryk af geologien og udviklingen på kysten.

Hvordan påvirkes kysten af vejrsystemer?
På den jyske vestkyst kommer stormen som oftest fra vest. Dette skaber både store bølger og forhøjet vandstand på samme tid. Omvendt vil østvendte kyster ved Østersøen, under samme storm, ikke være særligt påvirket af høje bølger, fordi der på østvendte kyster vil være fralandsvind. Under stormen, vil vand presses ind i de indre danske farvande, hvilket medfører forhøjet vandstand. På de østvendte kyster vil der under storme fra nordvestlige retninger derfor ikke være samtidighed mellem høj vandstand og høje bølger, idet bølgerne er fralandsbølger.

Omvendt kan der i helt specielle tilfælde opstå situationer, hvor vinden vender og går i øst, samtidigt med, at der kommer et "tilbageskvulp" af vand fra øst. Dermed kan der opstå højvande og høje bølger på samme tid, men dette er dog yderst sjældent. På beskyttede kyster, som ligger i læ, vil stormen igen påvirke kysten på en helt tredje måde.

Det er derfor helt centralt at have forståelse den generelle fysik omkring stormes påvirkning af kysten og sandsynligheden for givne hændelser. Det er det, fordi forståelsen for denne sammenhæng taler ind i hvilket scenarie, man beskytter imod og hvilket beskyttelsesniveau, der er ønskeligt. Dette er en afgørende indsigt, når der designes kystbeskyttelse.

Processer

Vejr, vind og bølger har stor betydning for en kysts udseende. Bølger formes som oftest af vindens friktion med havoverfladen. Deres størrelse afhænger af vindens styrke, hvor længe det blæser, hvor lang en strækning vinden har blæst over vand og endelig af vanddybden.

Bølger, strøm og sedimenttransport
Når bølgerne dannes vil de begynde en rejse i vindens retning. Bølger betinger en lille netto-tranport af vand i udbredelsesretningen. Det vil sige, at bølgerne i princippet har vand med ind til kysten, hvorved der opstår et "overskud" af vand. Dette er med til at igangsætte strømninger på langs og på tværs af kysten, fordi overskuddet skal returenes mod havet, så der fortsat er balance.

Bølgernes form ændrer sig markant, når de kommer tæt på kysten. Det ses tydeligt når bølgerne rejser sig og bryder over revlerne eller op ad stranden i et bølgeopskyl. Når det sker, afsætter bølgen en del af sin energi til turbulens i vandet, samtidig med at der tilføres vand. Den uro, der opstår, under bryd-





Foto: Pressekontakt. Sallingsund

ningen kan også være stærk nok til, at sandet på bunden sættes i bevægelse. Hvis bølgerne kommer ind mod kysten med en skrå indfaldsvinkel, vil overskuddet af vand og bølgernes brydning igangsætte en strømning langs med kysten, og fordi sandet nu er hvirvlet op, vil der dermed kunne ske en langsgående transport af sedimenter på langs af kysten.

Sedimenttransporten i Danmark varierer. Sedimenttransporten langs en given kyst afhænger blandt andet af de geologiske forhold og hvor stor energi kysten påvirkes af.

Den resulterende bølgeenergis vinkel på kystlinjen er en god indikator for retningen på den sedimenttransport, der sker langs med en given kyst. Kystdirektoratet har overslagsmæssigt beregnet, hvor stor bølgeenergien er langs de danske kyster. De beregnede transportretninger kan ses på vores kystatlas.
Gå til kystatlas

Sedimentbudget
Balancen mellem tilførsel og fjernelse af sediment er vigtig. Derfor bør man som udgangspunkt lave et sedimentbudget.

Du kan læse mere om sedimentbudgetter i vores digitale vejledning om kystbeskyttelse her.
Åben PDF: Vejledning om kystbeskyttelsesmetoder

Rådgiveren kan levere detaljerede modeller.

Geologi, bølge- og vindforhold, sedimenttransportretning og sedimentbudget m.v. kan beregnes detaljeret blandt andet ved hjælp af modeller. Disse beregninger eller modelleringer kan udføres af rådgivende ingeniørfirmaer.



Foto: Kystdirektoratet. Klitparti fra Køge Bugt Strandpark.

Kysttyper

Alle kyster er forskellige, men danske kyster kan groft inddeles i to typer af kystprofiler: Fladkysten og stejlkysten (klintekysten)

Fladkystens profil har en lav hældning og den er opbygget af sandet sediment. Fladkysterne bliver dannet ved interaktion mellem bølgeenergi, kystnære strømninger og sedimenttransport. Der vil opstå en eller flere revler i bølgernes brændingszone.

Stejlkysten (klintekysten) har en stejlere hældning og er ofte domineret af grovere sediment. Klintens materialer og bølgepåvirkningen fra havet afgør, hvor stejl kystens hældning bliver. Stranden er ofte smal og består af ral, sten, blokke osv. På det kystnære strandplan ses ofte et lavvandet område dannet ved bølgeerosion. (Et abrasionsflak)

Fra et geologisk synspunkt kan kysterne yderligere inddeles i to hovedgrupper: De sedimenttære kyster og de ikke sedimentære.

De sedimentære kyster består typisk af istidsaflejringer eller sedimentære lag aflejret på tidligere havbund, som under Weichel-istiden er blevet skubbet op af ismasserne bevægelser. I takt med isens tilbagetrækning, havstigning og landhævning er disse tidligere sammenpressede eller aflejrede lag fundament for den natur og de former, vi finder på kysten i dag.

Ud fra de forskellige typer af kyst er der identificeret ni forskellige kysttyper i Danmark, hver med deres egne særlige natur.

Klik på billedet og se introfilm om de ni kysttyper



Klik på billedet og se to eksempler på naturlig kystbeskyttelse af forskellige kysttyper.





Foto: Colourbox. Lovns Bredning, Ulbjerg Klint

3 Definér målsætningen

En grundlæggende målsætning for ethvert kystbeskyttelsesprojekt er at reducere en risiko for oversvømmelse eller erosion.
I et naturbaseret kystbeskyttelsesprojekt kan denne målsætning dog aldrig stå alene.



En helt grundlæggende målsætning for et kystbeskyttelsesprojekt er naturligvis at reducere risikoen i relation til oversvømmelse og/eller erosion, men risikoreduktionen bør ikke være den eneste målsætning i et naturbaseret kystbeskyttelsesprojekt.

Der er allerede i kystbeskyttelsesloven fastsat nogle hensyn, som rækker ud over den rene risikohåndtering:

1) Behovet for kystbeskyttelse.
2) Økonomiske hensyn ved projekter omfattet af kapitel 1 a.
3) Kystbeskyttelsesforanstaltningens tekniske og natur- og miljømæssige kvalitet.
4) Rekreativ udnyttelse af kysten.
5) Sikring af den eksisterende adgang til og langs kysten.
6) Andre forhold.

Find kystbeskyttelsesloven her.

For at kunne opstille realistiske målsætninger for et naturbaseret kystbeskyttelsesanlæg er det desuden nødvendigt med en basal forståelse af kystens dynamik og det naturlige system i kystområdet som beskrevet i Trin 2 Forstå Systemet.

Fastsættelse af målsætninger

Formålet med at opstille en målsætning for en naturbaseret kystbeskyttelsesforanstaltning er at få mulighed for løbende at kunne forholde sig til, om anlægget eller de initiativer, der er igangsat, lever op til det formål og de ønsker, de skal opfylde. De kan også anvendes til at fastsætte projektets nytteværdi, og dermed tjene som baggrund for fordelingen af udgifterne til kystbeskyttelsen.

En målsætning bør derfor være målbar og realistisk i forhold til den naturlige udvikling i kystlandskabet og i de tilhørende økosystemer.

I det naturbaserede kystbeskyttelsesprojekt vil det også være naturligt at opstille en målsætning om som for eksempel at øge den rekreative brugsværdi langs kysten og skabe plads til fri dynamik på stranden til fordel for genetablering af naturlige biotoper. Med målsætninger af denne karakter vil man kunne reducere risikoen og samtidig gøre området mere attraktivt som naturområde for lokalsamfundet og feriegæster.

Hvis der af sådanne grunde fastsættes en målsætning om, at stranden skal have en gennemsnitlig bredde på for eksempel 30 meter i hele anlæggets levetid, kræver det altså en vurdering af, hvor stor initialfodringen skal være og hvor lang en levetid, den vil have, inden der skal fodres igen, i forhold til hvordan den naturlige udvikling påvirker målsætningen.

Når målsætningerne som her er baseret på den lokale dynamik, vil det være nogenlunde enkelt at vurdere udviklingen, når man kender omfanget af den langsgående transport. Derved vil det være muligt at opstille en målsætning for, hvornår der skal fodres igen, og med hvilken sandmængde.



Foto: Kystdirektoratet. Møns Klint



Eksempel 1:

Målsætningen er at kompensere for den årlige erosion på en kyst. Samtidig ønsker man at genetablere den naturlige sedimentsammensætning, som på grund af påvirkningen fra passiv kystbeskyttelse er blevet for grovkornet til, at der kan vokse ålegræs. Målsætningerne kan opfyldes ved at tilføre det manglende sediment i den naturlige kornstørrelse. Samtidig bliver der foretaget løbende kompensation for erosionen ved jævnlig tilførsel af sediment med den naturlige sedimentsammensætning, så der igen bliver gode vækstbetingelser for ålegræsset.

En sådan kompensation sker jævnligt på strækningen mellem Langerhuse og Agger på den jyske Vestkyst, som har været påvirket af passiv kystbeskyttelse i 100 år. Denne påvirkning har gjort den kystnære sedimentsammensætning grovere, end det er naturligt på strækningen, og har derved ændret det naturlige system.

Eksempel 2:

Målsætningen er, at der skal etableres et dige, som i hele digets længde skal kunne modstå en stormflod, som har en gentagelseshyppighed på 1 gang på 50 år med en vandstand på 3,5 m.

Diget designes og bygges svarende til den kalkulerede stormflodsvandstand med et tillæg for bølger. Kronekoten bliver derfor 3,8 m. Som årene går, sætter diget sig lidt nogle steder, fordi underlaget ikke er lige stabilt overalt. Nu er den overordnede målsætning ikke længere opfyldt. Her vil en nyttig understøttende målsætning være, at digets kronekote skal være mindst 3,8 m i hele digets længde i hele digets levetid.

På samme måde bør målsætningen afspejle udviklingen på langs og tværs af kysten over tid.



Eksempel 3:

En kystvej påvirkes kraftigt ved stormvejr, når bølgerne under højvande overskyller den eksisterende hårde kystbeskyttelse og rammer vejen og anlægget med erosion og underminering til følge.

For at reducere risikoen for overskyl og underminering opstilles en overordnet målsætning om at genskabe en 30 m bred sandstrand på en strækning, hvor der i forvejen er etableret seks høfder.
Umiddelbart er det enkelt at opfylde målsætningen ved at sandfodre med en sandmængde, som får stranden til at blive 30 m bred. Målsætningen for strandens bredde er opfyldt, så snart sandfodringen er gennemført.

Men over tid bliver målsætningen sat på prøve. Høfdernes påvirkning af stranden betyder, at strandbredden vil blive smallere i høfdernes læside, når den første storm rammer kysten. Den kroniske erosion vil desuden bevirke, at der gradvist føres sand væk på langs af kysten. Dermed reduceres strandbredden over tid, når der ikke tilføres nyt sand til erstatning for det, der føres ud af området.

Hvis målsætningen skal tage højde for tidsfaktoren, bør den derfor justeres for eksempel til at:

- **Strandbredden på strækningen skal i gennemsnit skal være 30 m, når fodringen afsluttes**
- **Et år efter fodringens ophør skal gennemsnitsbredden være mindst 25 m**
- **Efter to år skal den være 20 m**
- **Efter tre år skal den være 15 m**

Derefter vil det være relevant at vurdere, hvornår der skal gen-fodres på strækningen og hvor meget sediment, der skal tilføres. Dette kan fastsættes ud fra en teoretisk beregning af den potentielle langsgående sedimenttransport, men kan løbende ændres i takt med erfaringer fra strækningens udvikling.

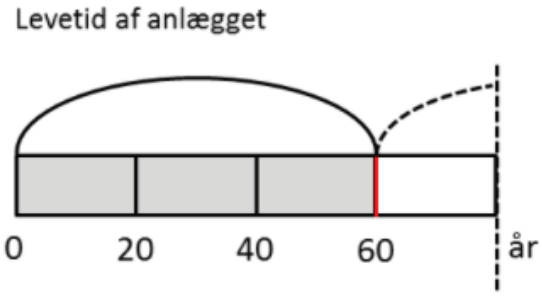


Levetiden skal indgå i målsætningen

Når der opstilles målsætninger for etablering af kystbeskyttelse skal langtidseffekten nødvendigvis tages med i beregningen for at kunne vurdere den totale risikoreduktion. Det faktum, at klimaet er under forandring, øger kun vigtigheden af, at der sættes en levetidshorisont på målsætningerne, ligesom det gøres for kystbeskyttelsen.

I forbindelse med bidragsfordelingen i kommunale fællesprojekter er levetiden desuden en afgørende komponent, når nytteværdien for den enkelte grundejer skal bestemmes.

Læs mere her.



Figur 1: Levetid
Levetid er den periode, hvor målsætningen for en kystbeskyttelse ønskes opfyldt. Figuren illustrerer en levetid på 60 år. Anlægget kan godt fungere efter levetiden er overskredet, men det opfylder ikke nødvendigvis længere den oprindelige målsætning.

Nettoeffekten af kystbeskyttelsen

Når målsætningen for et naturbaseret kystbeskyttelsesprojekt skal fastlægges, er det afgørende at kende nettoeffekterne af kystbeskyttelsen.

Det er vigtigt at vurdere nettoeffekterne i hele projektets levetid. Først og fremmest fordi effekten af kystbeskyttelsen stiger, bl.a. i form af sparede skader eller forbedret biodiversitet, fordi klimaændringernes påvirkning vil øge udfordringerne med erosion og oversvømmelse.

For at kunne fastlægge projektets nettoeffekter skal der udarbejdes beskrivelser af et basisscenarie og et projektscenarie. I det følgende defineres derfor de fire begreber: Levetid, basisscenarie, projektscenarie og nettoeffekter.

Levetid

Fastlæggelse af levetiden er afgørende for at kunne vurdere om målsætningerne nås. (For definition se ovenfor)

Basisscenariet

Basisscenariet beskriver, hvordan kysten udvikler sig uden gennemførelse af et kystbeskyttelsesprojekt. Basisscenariet indeholder en beskrivelse af kystens udvikling over projektets levetid, men uden ændring af de eksisterende kysttekniske forhold. Denne udvikling er afgørende for målsætningerne og bør beskrives nøje.

I basisscenariet fortsætter den igangværende udvikling altså uhindret, fordi naturen er dynamisk og der etableres ikke ny kystbeskyttelse. Hvis der eksempelvis er etableret en skråningsbeskyttelse, kan det betyde at stranden forsvinder i løbet af levetiden.

Udviklingen i et scenarie, hvor den nye kystbeskyttelse bliver etableret, kaldes projektscenariet.

Projektscenariet

Projektscenariet beskriver kystudviklingen, når kystbeskyttelsesprojektet er

etableret. I denne beskrivelse indgår projektets målsætninger, levetiden og karakteren af de enkelte kystbeskyttelseselementer.

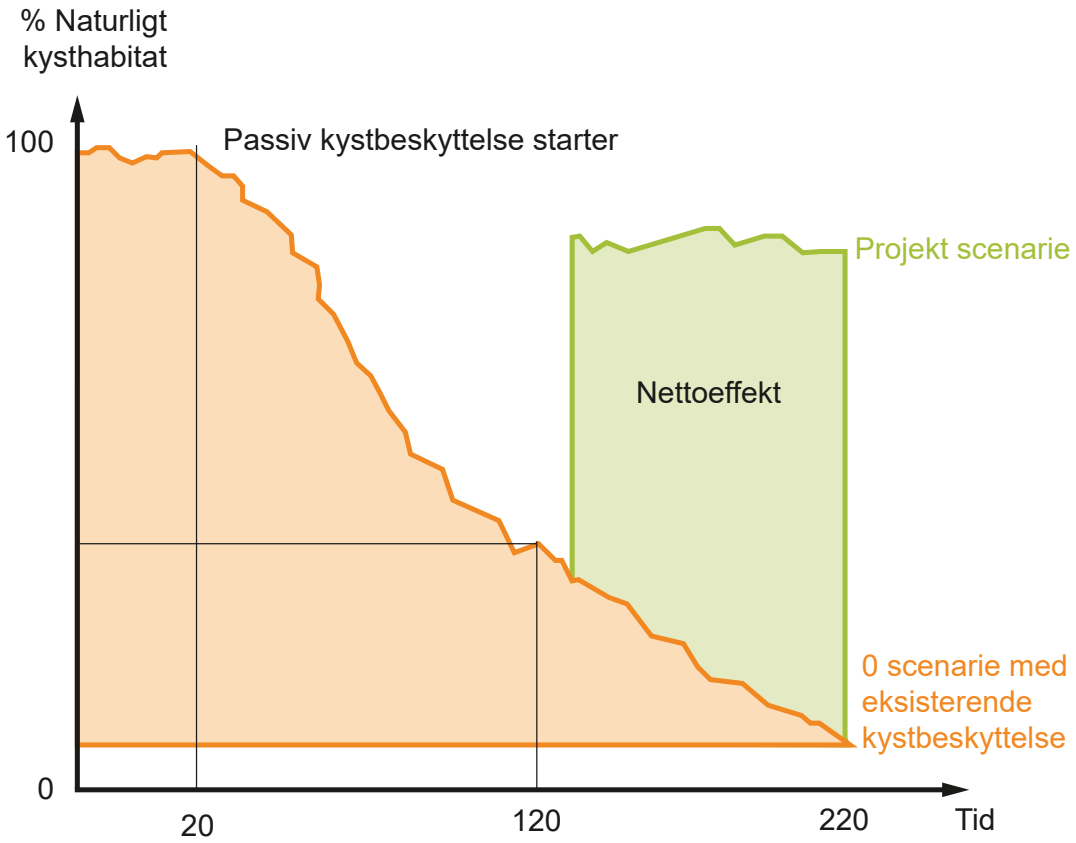
Et eksempel på et projektscenarie: Et kystbeskyttelsesprojekt, der består i tilbagerykning af et eksisterende dige, resulterer i en beskyttelse af det bagvedliggende område mod en valgt vandstand indtil slutningen af projektets levetid. Samtidig kan den naturlige kystudvikling foran anlægget, hvor der ligger et beskyttet strandengsområde, opretholdes.

Den kystudvikling vi ser i projektscenariet under kystbeskyttelsesprojektets levetid bør altid være klarlagt, når projektet designes.

Nettoeffekten

Nettoeffekten ved et kystbeskyttelsesprojektet er forskellen mellem effekterne i basis- og projektscenariet. Nettoeffekten er den reelle effekt af kystbeskyttelsen og det er den, som afvejningen af hensynene i kystbeskyttelsesloven bør foretages ud fra. Nettoeffekten anvendes også til at vurdere konsekvenserne på miljøet, herunder påvirkningen i Natura 2000-områder.

I denne forbindelse er det også værd at huske, at de fastsatte nettoeffekter anvendes som grundlag for bidragsfordelingen i kommunale fællesprojekter.



Figur 2: Nettoeffekt af kystbeskyttelse.

Eksempel på nettoeffekten af et kystbeskyttelses-projekt på de naturlige forhold på en kyststrækning.

På strækningen blev der i 1920 etableret en passiv kystbeskyttelse, som fastholder kystskrænten. Over tid vil kystprofilet rykke ind i land og bevirke, at muligheden for at færdes på stranden gradvist forsvinder.

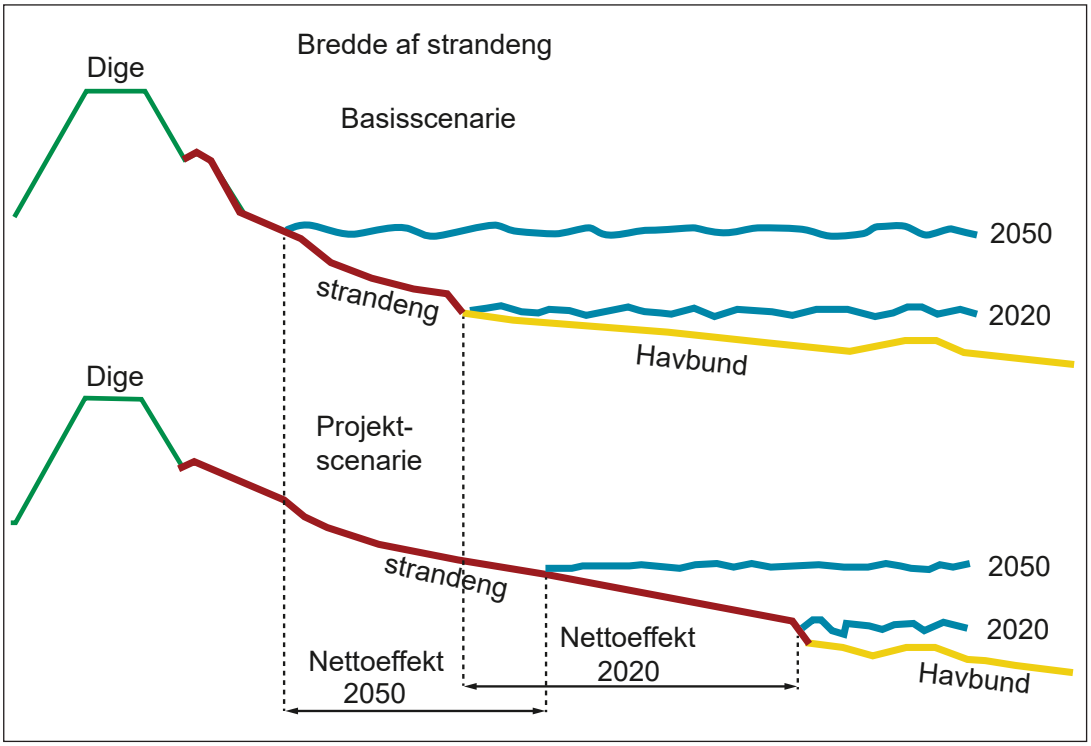
Derved vil den rekreative værdi af området reduceres. Erosion bevirker desuden, at kystprofilet bliver stejlere og sedimentsammensætningen bliver grovere.

Med en grovere sedimentsammensætning vil det naturlige kystbiotop ikke længere kunne opretholdes og vil ændres hen mod et, for stedet, unaturligt biotop. Dette er vist med orange farve i figuren. Denne udvikling vil bevirke, at den naturlige biodiversitet fra udgangsscenariet vil ændres til en unaturlig biodiversitet.

Eksempel: I 2020 gennemføres et kystbeskyttelsesprojekt, hvor der tilføres en stor del af det sediment, der mangler. Herved retableres de naturlige forhold næsten og dermed også det naturlige kystbiotop. Der sker efterfølgende kystvedligeholdelse med det naturlige sediment. Nettoeffekten af kystbeskyttelsen over tid, vist med grønt, bliver større og større, fordi andelen af naturlig kystnatur fortsat ville være faldet, hvis ikke kystbeskyttelsesprojektet var blevet gennemført.

Figuren viser øverst, hvordan strandengens bredde gradvist reduceres over tid som følge af havspejlsstigninger, og hvordan strandengens udbredelse ind i land hindres af et eksisterende dige.

I det naturbaserede kystbeskyttelsesprojekt er der opbygget et forland, som ud over en bølgebrydende effekt også giver mulighed for uhindret strandengsudbredelse i takt med, at havvandet stiger. Projektet sikrer, at der forsat vil være en naturlig bred strandeng på stedet.



Figur 3 Nettoeffekt af kystbeskyttelsesprojekt på bredden af strandeng over tid. En eksisterende højvandsbeskyttelse kan bevirke, at et Natura-2000 område, som for eksempel en strandeng, gradvist forsvinder i takt med en stigende havvandstand. Dette skyldes, at anlægget forhindrer en naturlig udvikling af kystlandskabet, hvor en strandeng naturligt flyttes længere ind i land, i takt med stigende havvandstand.



Foto: Pressekontakt. Dige ved Juelsminde



Foto: Kystdirektoratet. Ulfshale

4. Vælg metode

Den metode, der vælges, må nødvendigvis tage udgangspunkt i de dynamikker, som er naturlige i kystsystemet, og det færdige projekt bør harmonere med de naturtyper, som findes på kyststrækningen.



Som det fremgår af de tidligere trin skal den metode, der vælges, altid kunne imødegå de udfordringer, der måtte være på strækningen, hvad enten der er tale om oversvømmelse, erosion eller en kombination. Samtidig skal metoden naturligvis understøtte de målsætninger, der er opstillet for projektet i dets levetid, herunder risikoreduktion.

Desuden må de naturbaserede kystbeskyttelsesprojekter nødvendigvis altid tage afsæt i den natur og de økosystemer, der findes i kystområdet. Det er ud fra sammenhængen med disse, at metoden skal vælges. Et kystbeskyttelsesprojekt, der skal fungere på naturens præmisser, kan "bygges" på mange måder inden for rammerne af kystbeskyttelsesloven og flere metoder kan kombineres i samme projekt.

Se Kystbeskyttelsesloven her

Du finder en generel gennemgang af kystbeskyttelsesmetoder her.

Det helt afgørende er, at kystens natur og de kræfter, der dominerer på kysten, understøtter bestræbelserne på at beskytte baglandet mod erosion eller oversvømmelse.

Erosionskyster

Tilførsel af sediment (fodring) er en metode, der ofte anvendes i naturbaserede kystbeskyttelsesprojekter på kyster, der er udsat for erosion. Fodringsmaterialet indgår i de naturlige processer på kysten og derved kan metoden medvirke til at opretholde den naturlige sedimentsammensætning og –dynamik i området til gavn for kystnaturen.

Når en kyst eroderes, skyldes det, at der er underskud af sediment. Bølger og strøm transporterer mere sediment væk fra kyststrækningen, end de tilfører. Erosionsfaren kan derfor reduceres ved, at der tilføres sediment, så kysten igen kommer i balance. Dette gælder både, når der er tale om akut og kronisk erosion.

Fodringsmaterialet kan være sand, ral eller ler afhængigt af lokal geologi, kysttype og sedimentsammensætning på stranden.

Fodringen designes, så den giver størst mulig effekt i forhold til målsætningen. En række af de veldokumenterede tilgange er følgende:

Overordnede metoder: Kystfodring
Kysten tilføres sediment i det aktive kystprofil med det formål at udligne erosionen og bremse kysttilbagerykningen. Sedimentet tilføres direkte i det aktive kystprofil - sedimenttransportvejen. Bølger og vind vil over tid transportere sandet på tværs og på langs af kysten, hvor det indgår i det naturlige kredsløb.

Revlefodring
Når der tilføres sediment på den yderste revle, kaldes det revlefodring. Det er en metode, som anvendes meget på den jyske vestkyst, i Holland og i Tyskland. Revlefodring kan designes til at opfylde forskellige målsætninger. Den primære er ofte at standse kystprofilets tilbagerykning ved at føde kystsystemet med sand, mens der samtidigt er mulighed for fri kystdynamik.

Revlefodring kan også designes, så den primært har en bølgebrydende ef-

fekt for at reducere eller stoppe skrænterosion under storm. Det er endvidere muligt at udforme en revlefodring, så den har et rekreativt formål, som for eksempel at forbedre mulighederne for forskellige former for surfing.

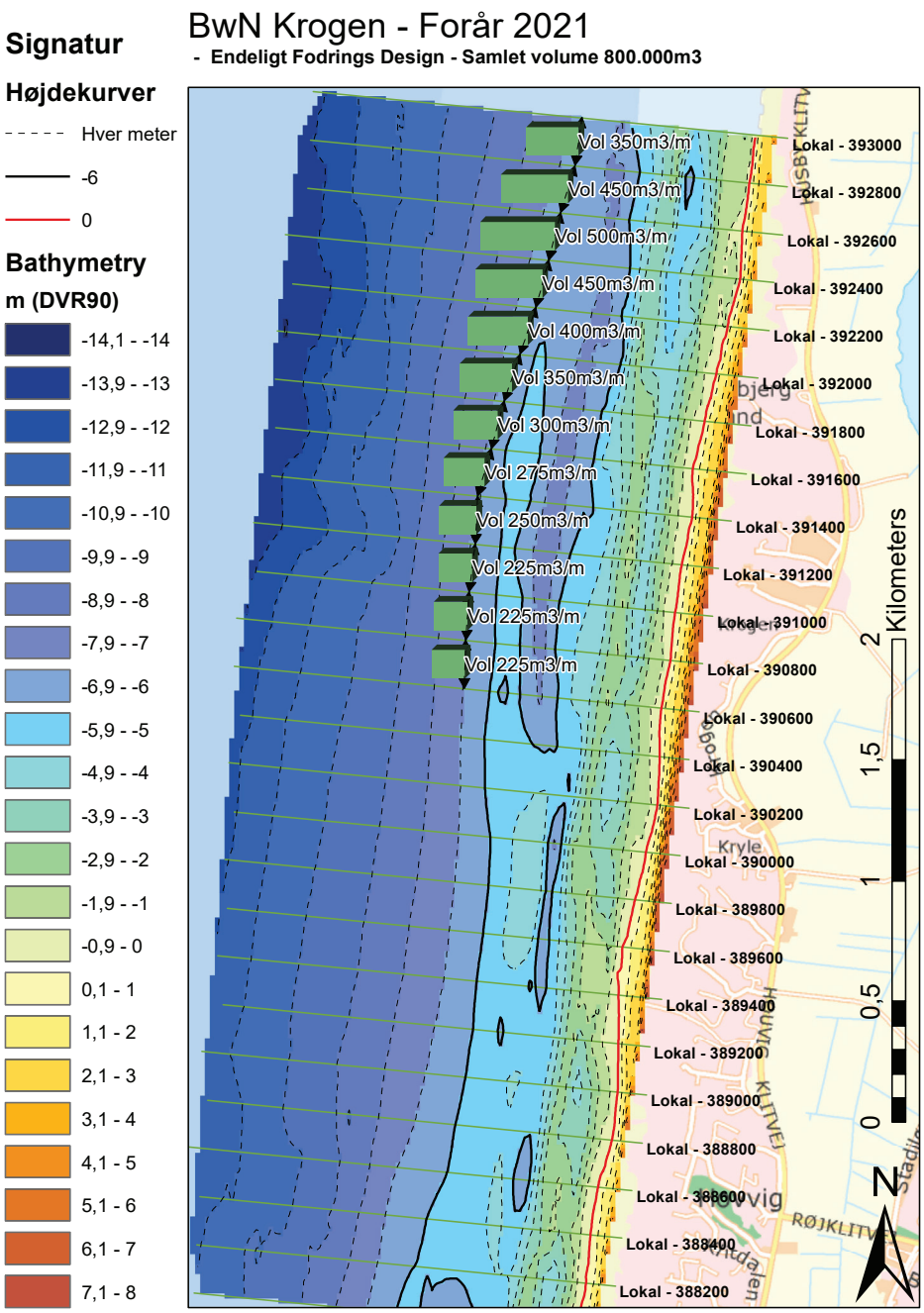
Revlerne er meget dynamiske og deres form ændres som følge af løbende påvirkning. Det er meget vigtigt at forstå denne dynamik, inden fodringerne designes.

Figuren viser designet af en revlefodring, som er placeret som forstærkning af den yderste revle.

Klik på ikonet for at se en animation af en revlefodring:



Mere om revlefodringer finder du her.



Figur 1 Revlefodring ved Krogen. Målsætninger

Strandfodring

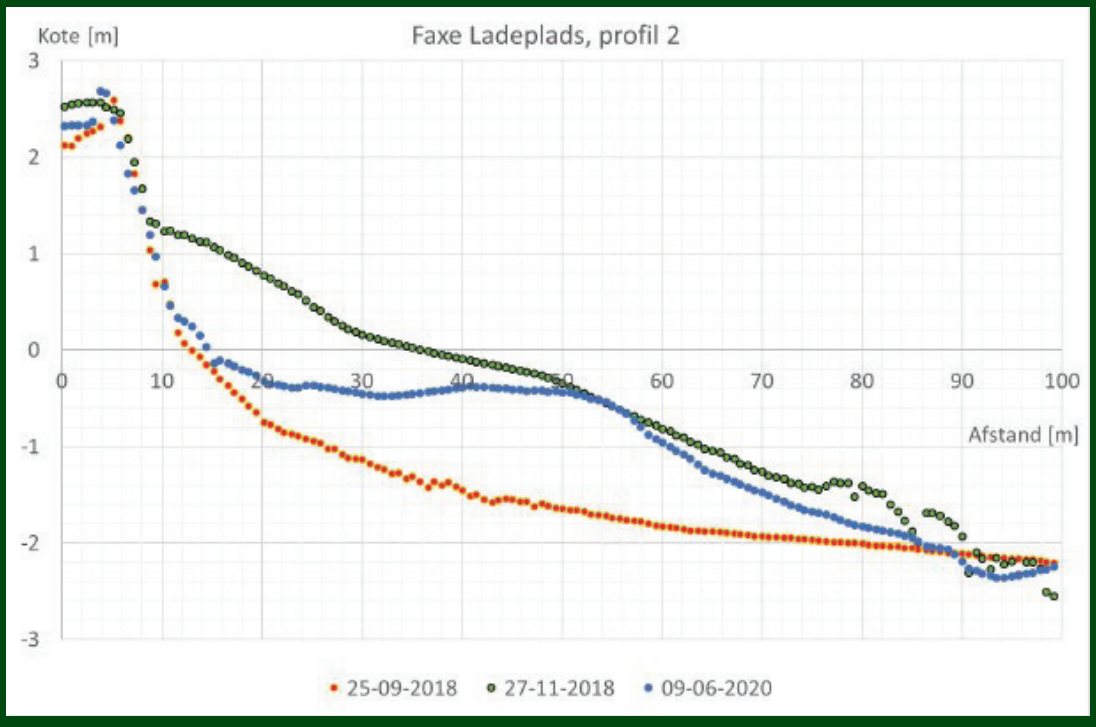
Ved strandfodring tilføres sediment til stranden. Det kan ske ved at sandet pumpes ind eller placeres med dumpers på stranden. Ved placering med dumpers vil det være nødvendigt at jævne sandet ud med maskiner. Hvis sandet pumpes ind fra skib, kan det enten pumpes ind bag spule for at holde volumnet af sand inden på stranden, eller det pumpes direkte ud på bagstranden og dermed selv fordele sedimentet med spule vandet på tværs og langs af stranden. Fodringen kan profileres med maskiner, men det er vigtigt at huske, at bølgepåvirkningen vil omfordele sand, grus og ral på tværs af kysten til et ligevægtsprofil.

Sådan fordeler sedimentet sig naturligt

Eksempel er fodringen ved Faxe Ladeplads, se Figur 2.

På figuren ses, at før strandfodringen var det kystnære profil (orange) relativt stejlt og uden revler, fordi kystskrænten er fastholdt af en skråningsbeskyttelse. Fodringen blev designet med et stejlere profil på land og en fladere ude i vandet (grøn).

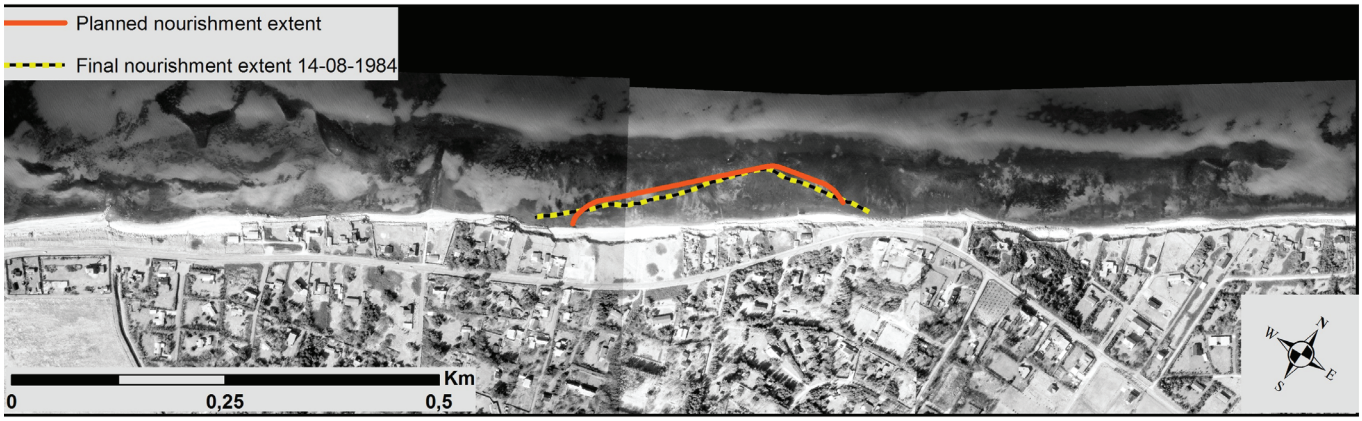
Tværfordelingen af sandet ses 1½ år efter (blå) og nu er der dannet en naturlig kystnær revle.



Figur 2 Tværfordeling af sandfodring ved Faxe Ladeplads. Rød er profil før fodring, grøn lige efter og blå efter 1½år

Strandfodring kan også designes en form, så der sker en hurtigere fordeling af sedimentet nedstrøms. Ved Hald strand blev der i 1984 udført en strandfodring i trekantform, se Figur 3. Dette skulle som udgangspunkt forsinke den langsgående transport af sediment. Formen blev dog relativt hurtigt udlignet, men det bevirkede dog at sedimentet fordelte sig hurtigere end ved en mere ensartet udlægning.

Sandfodring kan også designes, så det giver mulighed for fri kystdynamik, selvom der er etableret en skråningsbeskyttelse på strækningen. Ved Nørlev strand, nordvest for Hjørring, blev der udført en strandfodring, hvis formål netop var at sikre den naturlige dynamik, og derved en naturligt udseende kyst med mulighed for at fortsat at kunne færdes langs stranden. Denne type fordring eroderer under storm, men fordi sandet transporteres søværts bliver stranden bredere og revlerne forstærkes. Dermed reduceres påvirkningen af kysten.



Figur 3 Designet og faktisk udført strandfodring, Hald Strand 1984


Figur 4 Strandfodring ved Nørlev Strand som en naturlig buffer foran en skråningsbeskyttelse. Grøn streg er top af fodring, rød streg er ny skrænfod efter fodring.

Klitfodring

Sedimentet kan også tilføres inde i klitterne, så de forstærkes til det ønskede sikkerhedsniveau. Derved kan der skabes eller genskabes klitlandskaber.

Hvis de opfodrede klitter skal have en naturlig facon, er det vigtigt at kende vindklimaet for stedet, da klitter består af forholdsvis fine sedimenter, som vinden kan transportere.

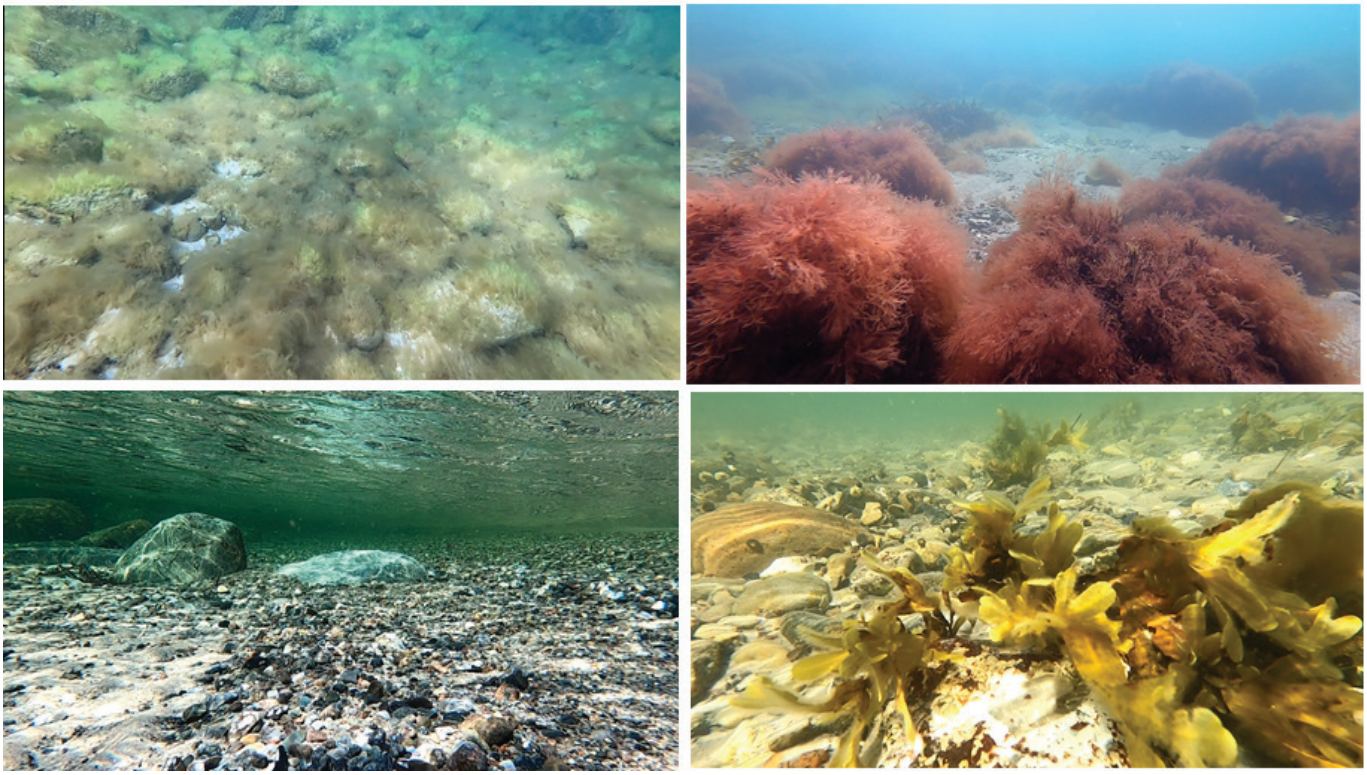
Det er ofte svært at etablere klitter udelukkende ved hjælp af fint sediment, fordi sedimenter i de områder, hvor der hentes råstof, som regel ikke er så velsorterede. Det er dernæst vigtigt ikke at anvende sand, som er alt for fint i forhold til vindklimaet, da det meste af sandet i så fald hurtigt vil blæse væk, hvis det ikke fastholdes af vegetation.

Hvis man udlægger klitlandskaber eller benytter andre landskabsformer, hvor der tilføres sediment, er det vigtigt at undersøge, om det udlagte sediment kan danne næringsgrundlag for den naturlige vegetation og i det hele taget hvilken vegetation, der er naturligt forekommende i området. Hvis det tilførte sediment ikke er eller kan udvikle sig til grundlag for den naturlige vegetation, vil klitfodringen forblive bar og vindudsat.

Figur 5 viser en klitforstærkning ved Krylen nordvest for Ringkøbing.



Figur 5 Klitforstærkning 2009 øverst og 2021 nederst



Figur 6 Forskellige stenrev på Bornholm, Vestsjælland og Fyn

Stenrev

Stenrev er “et langstrakt område eller en grund, der hæver sig fra den omliggende havbund”. Stenrev kan virke bølgebrydende og som en metode til at omfordele sedimenttransporten på. Stenrev forekommer naturligt på en række danske kyster. Større stenrev ses ofte, hvor kystskrænterne udgøres af moræneler, der løbende frigiver sten og lede-blokke fra istiden.

Generelt afhænger de naturlige stenrevs udseende og biologi af de geologiske forhold, havets saltholdighed, vanddybde, bølgepåvirkning mv.

Der er også de seneste år bygget menneskeskabte stenrev i Danmark. Her kan nævnes Blue Reef ved Læsø, Tirsbæk strand, Sønderborg og Hunderevet ved Hundested. De fleste rev består primært af store sten enten som enkelte sten eller i større formationer. Det er en væsentlig forudsætning for at opretholde et kunstigt skabt stemrev som et levende økosystem, at det etableres på et sted, hvor der er naturlige forudsætninger for stenrev. Et kunstigt stenrev etableret på en sandet kyst med sandet havbund vil over tid sande til og dø.

Oversvømmelsestruede kyster

Opbygning eller forstærkning af landskaber kan som metode bruges både til beskyttelse mod erosion og oversvømmelse eller kombinationen af begge.

Diger

Diger har været anvendt til beskyttelse mod oversvømmelse i tusinder af år og indgår mange steder som et næsten ”naturligt” element i det danske landskab. De havvandsstigninger, som vi må forvente på grund af klimaforandringerne, vil dog kunne føre til et behov for

at digerne mange steder forhøjes, så de i højere grad kommer til at danne en skæmmende barriere mellem land og vand. Den naturbaserede kystbeskyttelse arbejder derfor med etablering af lavere diger længere inde i land ofte suppleret med et forland af strandeng. Strandengens planter og dyr tåler jævnlig oversvømmelse og er hjemsted for en række arter, som er presset i det nuværende kystlandskab.

Generelt om konstruktion af diger, se her.

Fremskudte forlande
Uden for byerne i det åbne land og i sommerhusområderne er det muligt at opbygge eller genopbygge forlande med samme materialesammensætning og vegetation som det naturlige terræn og parallelt med kystlinjen. De fremskudte forlande vil indgå naturligt i kystens udvikling, da sediment er frit tilgængeligt og under højvande med bølger kan der aflejres sediment på stranden, som dermed vedligeholdes.

I forbindelse med konstruktionen af det fremskudte forland kan det naturlige terræn forhøjes, hvor det er nødvendigt for at undgå oversvømmelse. Ved at forhøje terrænet så tilbagetrukket som muligt kan man begrænse terrænhævningen bag den oprindelige kystlinje, da bølgepåvirkningen naturligt bliver mindre længere inde i land. Samtidig undgår man at ødelægge udsigten fra eventuelle sommerhuse.

Et fremskudt forland vil med tiden udvikle sig til den landskabstype, som er naturlig for kysten, og det vil dermed skabe grobund for mere natur og biodiversitet.

Vegetation på havbund, strand og klit
Vegetation på kysten kan have en vis stabiliserende effekt på kystudviklingen. Vegetationen kan skabe læ fra vind og vand og dermed føre til aflejring af sediment. Samtidig reducerer den udbredte vegetation påvirkningen fra vand og vind, så der eroderes mindre materiale. Derudover kan vegetationens rødder være med til at stabilisere og fastholde sedimentet. Dette ses for eksempel på strandenge, som er en naturtype, der i de seneste årtier er blevet reduceret.

Et andet eksempel på vegetation, som har en kystbeskyttende effekt, er hjelme og marehalm, som kan plantes i klitterne for at skabe aflejring af materiale transporteret i vinden, samt for at stabilisere klitten.

Du kan læse to eksempler på naturbaserede kystbeskyttelsesmetoder på forskellige kysttyper her.



Foto: Kystdirektoratet. Klit på Jyllands vestkyst



Foto: Tobias Markussen, Strand, Køge Bugt

5 Realisér projektet

Det naturbaserede kystbeskyttelsesprojekt arbejder med helheder. Af samme grund kræver processen omkring ethvert naturbaseret kystbeskyttelsesprojekt, at en lang række fagligheder inddrages, hvis resultatet skal blive vellykket. Foruden de traditionelle aktører som arkitekter, ingeniører, landmålere og entreprenører vil der også være brug for fagfolk med indsigt i naturforvaltning, biologi og biodiversitet. Derudover er der en stor koordinationsopgave og en ikke ubetydelig kommunikationsfaglig opgave i løbende information omkring projektets karakter og implikationer samt inddragelse af et stort antal interessenter.

Klik i boksen og se tre eksempler på gennemførelse af naturbaserede projekter.

I denne eksempelsamling finder du en række tænkte eksempler på gennemførelse af naturbaserede kystbeskyttelsesprojekter i forskellige områder og på forskellige kysttyper i Danmark.
De nævnte eksempler er realistiske og baserer sig på de syv trin, som er skitseret i den overordnede proces for naturbaserede kystbeskyttelsesprojekter. Ingen af projekterne er dog i skrivende stund realiseret.





Foto: Ragnhild Kørschen. Dige på Ærø

6 Overvåg

Det er vigtigt løbende at overvåge kystbeskyttelsesprojektet, både i forhold til almindelig vedligeholdelse og i forhold til, om det opfylder målsætningen henover projektets levetid.

Overvågning af om målsætningerne er opnået vil i forhold til beskyttelses-foranstaltninger generelt kunne baseres på målinger af udviklingen i strand-bredde og i den naturlige dynamik, mens vurdering af området som habitat og de rekreative aspekter af projektet primært kan vurderes visuelt samt gennem brugerundersøgelser.



Overvågning af diger og strandvolde

Det anbefales at diger og strandvolde inspiceres visuelt en gang om året, for at sikre, at der ikke er opstået brud eller huller i beskyttelsen. Det anbefales desuden at vurdere kystbeskyttelsens højde ca. hvert 10. år ved brug af den nationale højdemodel. Dette vil afsløre, om der eventuelt er opstået sætninger i diget/strandvolden.

Hvis der er etableret en strandvold med en vis accepteret gennemsivning under storm, bør det jævnligt kontrolleres om gennemsivningen holder sig indenfor det aftalte.

Generelt om overvågning af fodring

Der etableres et udgangspunkt (en baseline) før der sandfodres. Denne baseline bruges som reference for evaluering af målsætningerne. Overvågning af fodringens eller forlandets/det kystbeskyttende landskabs udvikling sker ved regelmæssig opmåling. Derved vil det vise sig om forlandet eller fodringen opfylder målsætningerne og de indsamlede data er væsentlige, når der skal foretages en endelig evaluering af projektet.

Opmåling af stranden

På land er det den ikke- vegetationsdækkede del af stranden, som er en del af målsætningerne. Ved fodring bør der gennemføres regelmæssige opmålinger af stranden. Umiddelbart efter første sandfodring gennemføres en opmåling. Der bør planlægges et overvågningsprogram, hvor strandens udvikling måles med regelmæssige mellemrum henover hele projektets levetid. Erfaringerne der indsamles løbende efter analyse af opmålingerne kan anvendes i fremtidige fodringer.

Opmåling af havbunden ved fodring

For at følge havbundens naturlige variation og dennes påvirkning af fodringen, måles havbunden op fra den aktive zone til kystlinjen. Det kan ske i tværprofiler vinkelret på kystlinjen med for eksempel 50 meters mellemrum eller ved fladedækkende opmålinger. Der findes er en række forskellige opmålingsmetoder, som anvendes alt efter, hvilken opløsning, der er brug for og hvilket budget, der er til rådighed.

Overvågning af sedimentsammensætningen

Sediment-sammensætningen på stranden og den kystnære havbund kan beskrives for eksempel for hver 500 m i kystprofilet. Umiddelbart før og efter den første fodring foretages en vurdering af sedimentsammensætningen.

Natur

På samme måde iværksættes et overvågningsprogram af udviklingen i naturkvaliteten i kystlandskabet.

Rekreative værdier

Hvor øget rekreativ værdi er en del af målsætningen, kan denne overvåges gennem brugerundersøgelser. Hvor det har været en del af målsætningen at tiltrække flere naturturister kan der ligeledes måles på besøgstal om omsætning i området.

Metoder til overvågning af morfologisk ændringer

Klik på en metode og læs mere

Metode	Land/vand	Flade-dækkende	Nøjagtighed	Pris
RTK opmåling	Land	Nej	Høj	Lav
Single-beam- ekkolod	Vand	Nej	Høj	Lav
Multi-beam-ekkolod	Vand	Ja	Høj	Mellem
Mini sonar	Vand	Nej	Lav	Lav
Rød LiDAR	Land	Ja	Høj	Høj
Grøn LiDAR	Land/Vand	Ja	Høj	Høj
Fotos fra fixpunkt	Land	Nej	Mellem	Lav
Fotogrammetri/ortofotos	Land	Ja	Mellem	Lav
Undervandsoptagelse	Vand	Nej	Mellem	Lav/mellem

Overvågning ved hjælp af tilgængelige data

Der findes en række dataressourcer, der som udgangspunkt er frit tilgængelige, og som kan benyttes til overvågning af udviklingen på en kyststrækning (og til den indledende analyse af den en naturlige dynamik på strækningen, inden der iværksættes en kystbeskyttelsesforanstaltning).

Ortofotos

Ortofotos er sammensat af lodbilleder taget fra luften, som bliver rettet ind til samme størrelsesforhold og georeferet til et koordinatsystem. Ved at bruge årlige ortofotos kan man visuelt analysere forandringer på en strækning over tid. En god indikator til vurdering af frem- eller tilbagerykning på kysten er vegetationslinjen, det vil sige, den linje hvortil det sammenhængende vegetationsdække går. Vegetationslinjen kan svinge i position over tid, da bølgeopskyl, vandstand, sedimenttilgængelighed m.v. bestemmer, om vegetationen breder sig eller presses tilbage. Dernæst er vegetationslinjen også en fremragende markør til at evaluere akut erosion over stormsæsonen.

Det er nødvendigt at overveje ortofotokvaliteten, da den har stor betydning for den nøjagtighed, der kan forventes i

analysen. Da der forekommer naturlige fluktuationer i kystprofilet over sæsonerne, er det i analysen væsentligt at forholde sig til den tidslige opløsning af de tilgængelige ortofotos. Med et år imellem hvert billede er det svært at aflæse årstidsvariationer. Som supplement til de ”officielle” ortofotos er det derfor en god idé med egne billeder af kysten. I dag har de fleste kommuner oprettet egne webservices, hvor det er muligt at tilgå historiske ortofotos over kommunens udstrækning og SDFE stiller både webservice (WMS adgang) og rå fotos til rådighed for de årlige ortofotos.

Fordele:
Ortofotos er let tilgængelige. Ofte er det muligt at skaffe adgang til ortofotos igennem eksisterende aftaler eller direkte fra SDFE. Opløsningen er typisk god og rangerer mellem 80 cm og 12,5cm hvilket gør det muligt at evaluere selv mindre ændringer over tid.

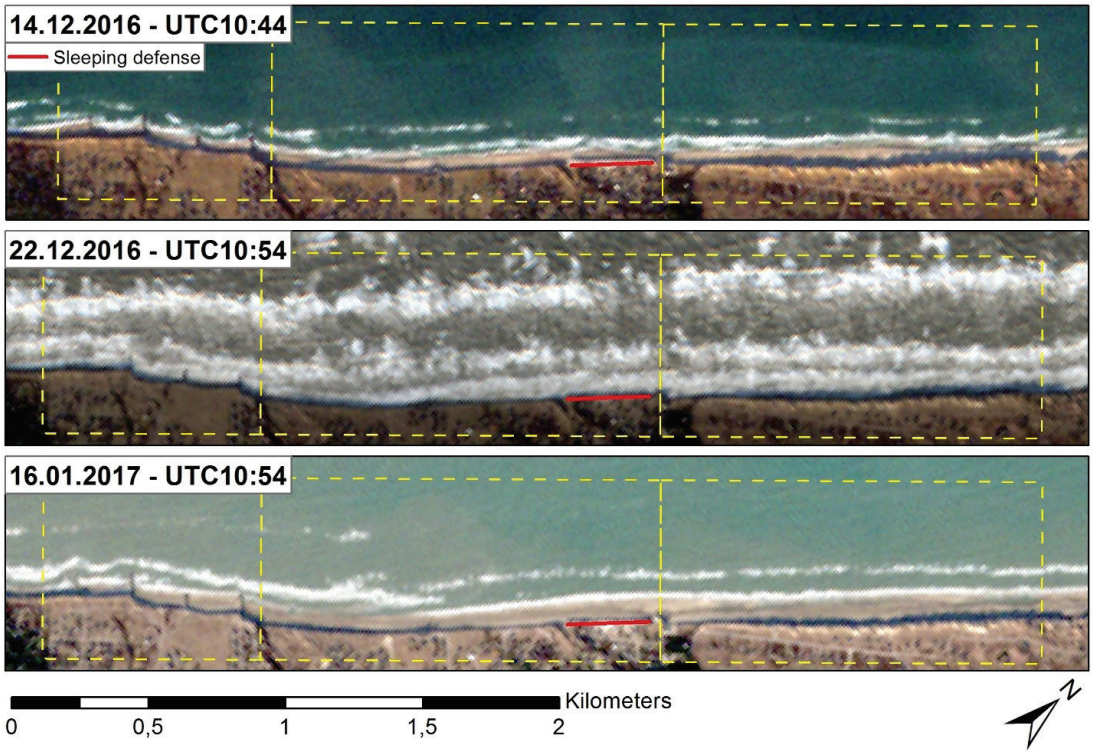
Udfordringer:
Til trods for god opløsning skal man være opmærksom på forskelle mellem de årlige ortofotos, når disse anvendes til overvågning af en kystbeskyttelsesforanstaltning. Det kan være vanskeligt at vurdere på hvilken årstid et ortofoto er taget og det oplyses sjældent da indsamling af billeder kan være foregået over måneder. Af samme årsag kan det være svært at vurdere for eksempel vandstanden, som jo vil påvirke stranden eller forlandets bredde. Selvom ortofotos i dag generelt bliver præsenteret med høj præcision, skal man være opmærksom på, at der kan forekomme små forskydninger og specielt i de ældre ortofotos. Det er derfor nyttigt at have et kritisk blik på nøjagtigheden.

Satellitbilleder – Sentinel 2
Satellitbilleder findes i forskellig opløsning fra 80x80 m og helt ned til 0,3x0,3 m. De varierer i kvalitet, tilgængelighed og opløsning. De ”meget høj-opløste” satellitbilleder, opløsning fra 2,5 m og nedefter, er hyldevarer og prisen varier afhængigt af udbyder og den opløsning, der ønskes.

Der findes dog frit tilgængelige data fra Copernicus-projektet under ESA, som har opsendt flere Sentinel satellitter.
Læs mere her

Det er muligt at hente frit tilgængelige satellitbilleder i 10x10 m-opløsning fra Sentinel-2 satellitten og disse kan hentes direkte til ArcMap som ”true colour imagery” (TCI), hvor efterbehandling ikke er nødvendig. Skal man arbejde med change detection, vegetations analyser eller tilsvarende, indeholder Sentinel-2-datapakkerne samlet 13 spektrale bånd i forskellig opløsning. Disse kan ved forskellige kombinationer anvendes i en bred vifte af analyser.
Find dem her

Fordele:
Data er gratis, frit tilgængelige og relativt simple at arbejde med. Sentinel-2 satellitternes genbesøgstid over Danmark er omtrent hver femte dag. De almindelige satellit billeder kan benyttes til gennemgang og overvågning af kyststrækningers naturlige fluktuationer både på land og i den kystnære del af det våde profil. Disse satellitdata blev for eksempel anvendt i analysen af en sandfordrings udvikling ved Nørlev



Figur 11: Eksempel på anvendelse af Sentinel-2 TCI billeder til overvågning af udvikling på kysten før, under og efter storm ved kystbeskyttelse langs Nørlev Strand.

Strand (11). Mulighederne er dog langt flere, hvis man benytter mulighederne fra de forskelige båndbreder. For nuværende arbejdes der i forskellige virksomheder og institutioner også på anvendelse af Sentinel-2 data til bestemmelse af vanddybder.

Udfordringer:
Den største udfordring ved at benytte disse satellitdata er, at opløsningen som minimum er 10x10 m. Dernæst skal man forholde sig til den relative nøjagtighed, som satellit billederne har. Det er ikke altid et satellitbillede er anvendeligt. Det kan for eksempel have været overskyet. Det er derfor ikke givent, at det rigtige billede lige præcis kan findes for en specifik dag, man måtte være interesseret i. Det er også en begrænsning, at disse data først er tilgængelige fra 2015.

Danmarks højdemodel

De fleste kender efterhånden den nationale højdemodel. Den første blev produceret i 2004/2005 i opløsning 1,6 m, mens den næste blev produceret i 2015/2015 i 0,4 m opløsning. Højdemodellen er i disse år ved at blive opdateret og nogle steder vil det derfor være muligt at sammenligne en ny højdemodel fra 2018 og frem med den fra 2014/2015, endda i samme opløsning, 0,4 m. Det er ikke nødvendigvis en mulighed over hele landet, men det er værd at undersøge, hvad der findes af tilgængelige data, inden man går i gang med et projekt. Højdemodellen kan for eksempel anvendes som udgangspunkt for et strand- eller forlandsvolumen inden et projekt igangsættes, dog med det forbehold at der med stor sandsynlighed er sket ændringer på kysten, siden højdemodellen blev lavet.

Se Datafordeler.dk og på Dataforsyningen.dk for information om download af data.

Fordele:
At have en terrænmodel i 0,4x0,4 m-opløsning er et godt udgangspunkt til at vurdere tilstanden på et kyststræk på det givne tidspunkt. Opløsningen er så god, at der med drone kan produceres lignende data i samme eller endda bedre opløsning til overvågning af udviklingen over tid. Data er i rasterformat og kan let bearbejdes i ethvert GIS-system, men data kan også hentes i punktformat såfremt man vil arbejde mere detaljeret.

Udfordringer:
Højdemodellen er ikke altid funktionel. I nogle tilfælde er stranden ganske smal og dermed bliver opløsningen på 0,4 m en smule for høj til faktisk at være anvendelig. Det er muligt at arbejde lidt mere detaljeret med punktskyen fra selve opmålingen, men dette skal gøres med varsomhed og kræver en del bearbejdningstid. Højdemodellen fortæller heller ikke noget om bundforhold søværts for strandkanten, og bør dermed anvendes i kombination med andre overvågningsmuligheder.

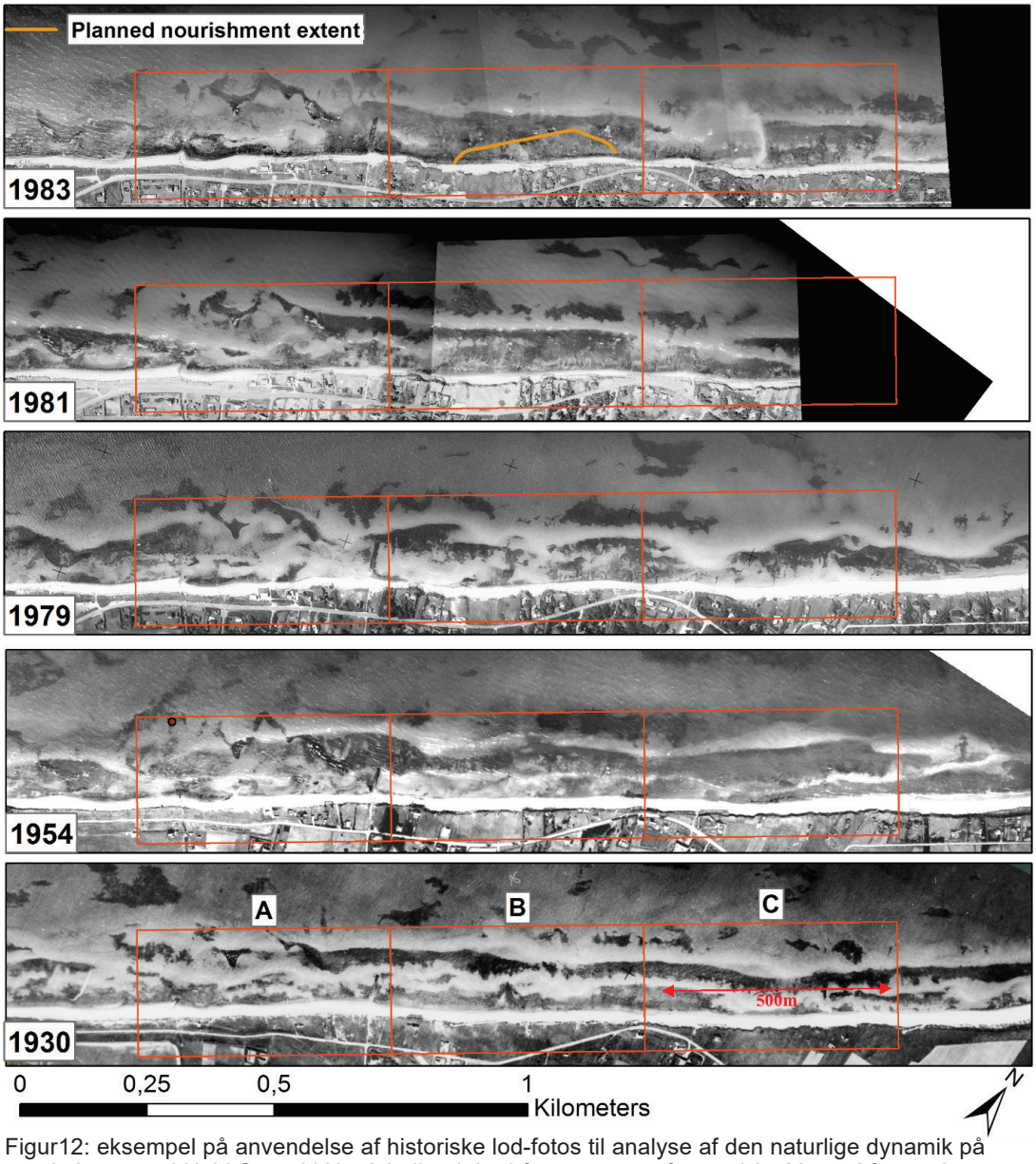
Historiske billeder

Det kan ofte være vanskeligt at finde data, som kan anvendes til beskrivelse af den historiske udvikling på en kyststrækning. Der findes dog tilgængelige historiske billeder af kyst og landskab. Det Kongelige Bibliotek begyndte i 2012 at digitalisere luftfotos på hjemmesiden "Danmark set fra luften - før google" og her kan der potentielt findes billeder fra netop den strækning, som man arbejder med. Der kan søges på et bestemt geografisk område og søgningen vil vise, om der findes billeder fra projektområdet. Disse billederkan frit hentes og anvendes med behørig kildeangivelse. Figur 12 iser hvordan ældre enkeltstående lodbilleder kan benyttes til at skabe et kortmateriale som ellers ikke var tilgængelig.

Ud over de historiske billeder er det også i 2021 blevet muligt at se ældre historiske kort via SDFEs tjenester. Deres nøjagtighed er selvfølgelig ikke sammenlignelig med moderne kort, men det kan give hint om kysterne originale udseende og den udvikling der er sket de seneste 100 år eller mere. Her findes også ældre flyfotos. Se mere på https://historiskekort.dk/

Fordele:
Med historiske billeder kan man få et indtryk af, hvordan en strækning faktisk har udviklet sig ved at sammenligne fotos over længere perioder. Dette skal ikke tænkes som kvantificerbare data men mere som kvalitative data, der kan benyttes i overvågningen af den morfologiske udvikling. I de mange samlinger af fotos findes blandt andet også lodfotos.

Udfordringer:
Det rigtige billede findes ikke altid. Billedernes geografiske placering er heller ikke altid helt perfekt, så man skal sikre sig ved landkending, at man faktisk har et foto af det ønskede sted. Omvendt kan der også være en mulighed for, at der faktisk findes billeder fra det ønskede område, som er blevet placeret i et forkert område. Det kan derfor anbefales at udvide sin geografiske søgning



Figur12: eksempel på anvendelse af historiske lod-fotos til analyse af den naturlige dynamik på strækningen ved Hald Strand i Nordsjælland. Lod-fotos er georefereret i ArcMap ud fra stedgenkendelse og har derfor en stor afvigelse i planmæssig nøjagtighed. Det overordnede billede er dog klart, og den tidlige udvikling af stranden som følge af hård kystbeskyttelse ses tydeligt.

udover i forhold til det ønskede område. Det Kongelige Bibliotek kan undersøge, om der findes lod-fotos for et bestemt område. Læs mere her

Dataoversigt til klimatilpasnings data

Det er sjældent en mulighed som selvstændig kommune, rådgiver eller grundejer at udlægge monitorerings enheder til vind, vejr og bølger. I stedet er det muligt at anvende diverse eksisterende data fra andre institutioner. Kataloget, Overblik over eksisterende data til brug for kommunernes klimatilpasning giver et overblik over tilgængelige datakilder. Find dem her

Det er dog fra 2017 og har derfor visse mangler.



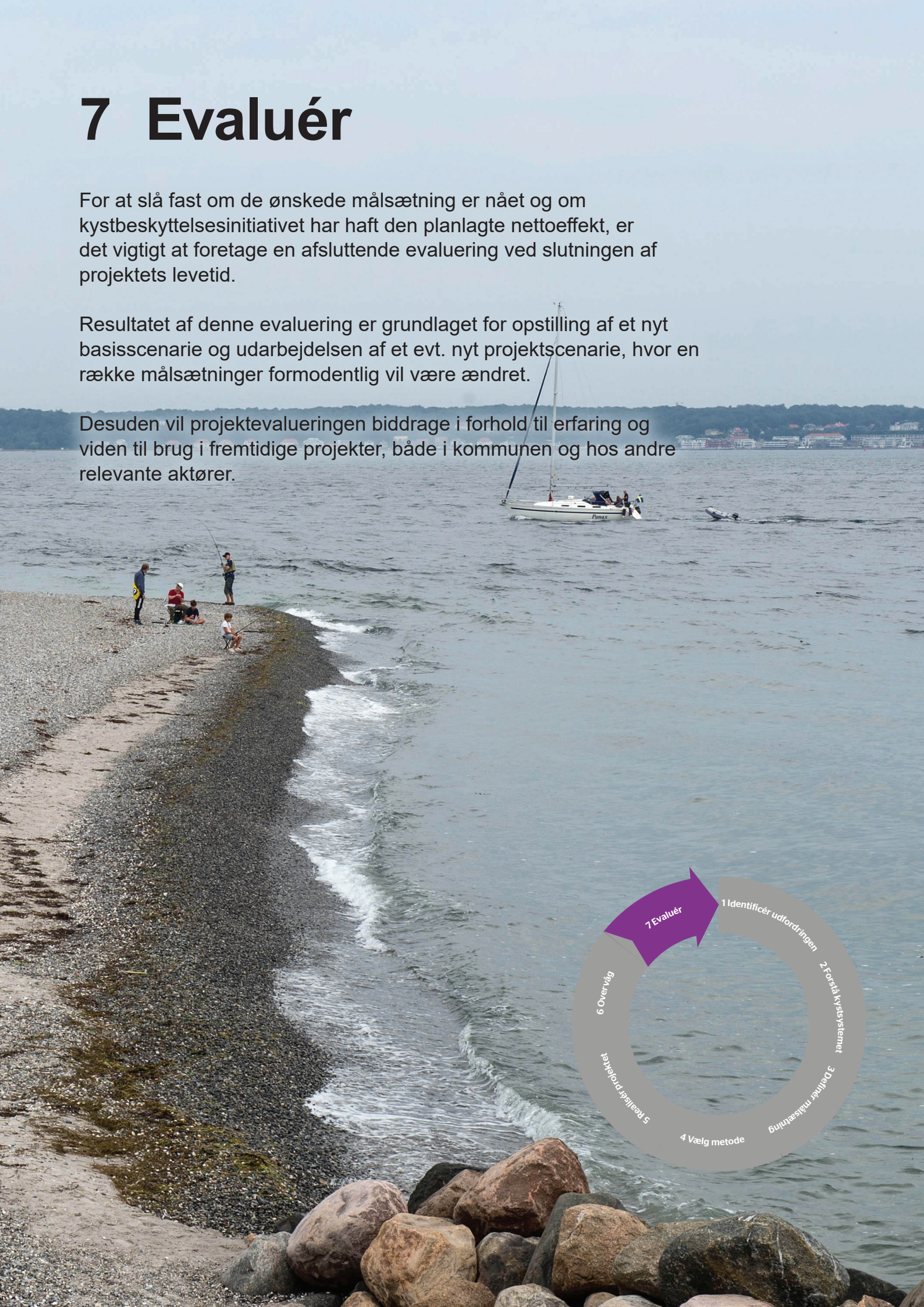
Foto: Pressekontakt. Strand ved Kronborg

7 Evaluér

For at slå fast om de ønskede målsætning er nået og om kystbeskyttelsesinitiativet har haft den planlagte nettoeffekt, er det vigtigt at foretage en afsluttende evaluering ved slutningen af projektets levetid.

Resultatet af denne evaluering er grundlaget for opstilling af et nyt basisscenarie og udarbejdelsen af et evt. nyt projektscenarie, hvor en række målsætninger formodentlig vil være ændret.

Desuden vil projektevalueringen biddrage i forhold til erfaring og viden til brug i fremtidige projekter, både i kommunen og hos andre relevante aktører.



Samlet evaluering af alle overvågningsprogrammer

Da kystbeskyttelsesprojekter typisk har en levetid på 50-100 år eller længere, er det dog også afgørende at planlægge evalueringer med intervaller på for eksempel fem til 10 års mellemrum. Her foretages en samlet evaluering af de indsamlede resultater fra overvågning af alle de parametre, som der er opstillet målsætninger for. Det kan for eksempel være den morfologiske udvikling på kysttrækningen, udviklingen i naturkvalitet, rekreativ anvendelse m.m.

Ved at arbejde systematisk med de jævnlige evalueringer som en integreret del af projektet, skabes der en kontinuerlig læringsproces, hvor der opsamles viden om, hvad der virker, og hvordan denne viden kan udnyttes til at optimere integrationen mellem kystbeskyttelsen og den omgivende natur.

Evaluering leverer grundlag for justeringer

Disse ”delevalueringer” leverer et kvalificeret grundlag for justering af projektet. Klimaforandringerne vil naturligt nok kunne nødvendiggøre tilpasninger undervejs. Desuden har de fleste kystbeskyttelsesprojekter mange interessenter, hvis fokus vil kunne skifte over tid. De konkrete behov, som projektet er designet til at opfylde og de forudsætninger, som projektet bygger på, vil ofte ændres over en periode på 50-100 år. Selv i den bedste planlægning kan ikke alt forudses og ændringer i lovgivning, samfundsudvikling, ændret benyttelse af et område eller samordning med andre kystbeskyttelsestiltag kan betyde, at der må foretages justeringer i metoder og målsætninger.

Formidling skaber værdi

De løbende evalueringer i form af en systematisk opsamling af, hvad der kommer ud af projektet i form af viden, forandringer og værdiskabelse bidrager samtidig til at demonstrere, hvilken forskel projektet reelt gør (nettoeffekten). Fortællingen om den positive forskel, som projektet gør, og projektets værdi i det hele taget, har stor betydning for, hvordan det opfattes og omtales både af de lokale og besøgende udefra. Og derfor i sidste ende for, hvor stor en opbakning, det har. Formidling af værdien i naturbaserede kystbeskyttelsesprojekter kan på sigt være med til at bane vejen for flere af slagsen.



Foto: Presse-kontakt, Trappe ved Kappel



Kystdirektoratet
Højbovej 1
7620 Lemvig
www.kyst.dk