



## BILAG 1 TIL ADMINISTRATIONSGRUNDLAG OM KYSTBESKYTTELSE

### METODER TIL KYSTBESKYTTELSE MOD EROSION

Der findes to typer erosion; kronisk og akut. Begge findes i Gribskov Kommune på Sjællands nordkyst.

#### Kronisk erosion

Den kroniske erosion findes alle steder hvor der transporteres mere materiale væk end der tilføres. De fleste kyster har en naturlig variation fra år til år, men når der eksisterer en dominerende langsgående sedimenttransport, vil der over tid blive fjernet materiale og kysten komme i underskud. Dette kaldes kronisk erosion. Denne erosion kan foregå i hele det aktive kystprofil, hvilket er den del af profilet, der påvirkes af bølger og strøm. Udstrækningen af det aktive profil er typisk fra toppen af skrænten og ud til 3-5 meter dybde.

#### Akut erosion

Under storm eller ekstremt højvande kan der ske en erosion af selve stranden og skrænterne, hvor bølgerne vil føre større mængder sediment ud i det aktive kystprofil. Skræntmateriale, der er faldet ned, kan ikke genopbygges på skrænten efterfølgende, men materialet vil kunne yde beskyttelse på stranden eller ved revler i en efterfølgende storm. Dette gælder dog ikke, på en kyst med kronisk erosion. Her vil det frigivende materialet blive ført videre ned af kysten med den langsgående transport. Dette betyder, at en kyst med kronisk erosion vil være mere udsat for akut erosion.

I de følgende afsnit beskrives nogle af de mest almindelige kystbeskyttelsesmetoder mod erosion:

KYSTFODRING .....	2
SKRÅNINGSBESKYTTELSE .....	5
HØFDER .....	8
BØLGEBRYDERE .....	11



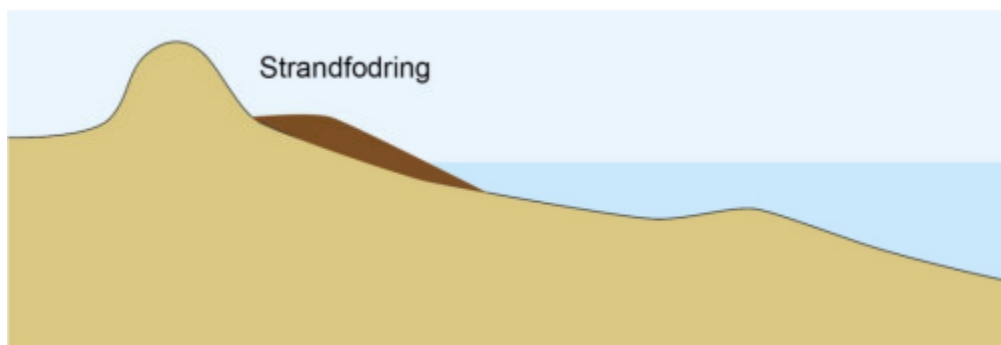
## KYSTFODRING

### Tekst og figurer fra Kystdirektoratet

Kystfodring kan være en effektiv kystbeskyttelsesmetode mod både kronisk og akut erosion, såfremt der fodres med tilstrækkelige mængder sand som en initialfodring, der fungerer som buffer mod akut erosion, og ved vedligeholdelsesfodringer, der modvirker den kroniske erosion. Kystfodring kan være strandfodring eller kystnær fodring. Fodringsmaterialet skal være rent materiale, der ikke er alt for finkornet. Det lidt grovere sand har den fordel, at det ikke eroderes helt så let og er mindre udsat for fygning. Fodring med grovere materiale som ral sker inde på stranden. Ved større sandfodringer, typisk på Vestkysten, indvindes sandet fra indvindingsområder til søs med en sandsuger og sejles til den kyststrækning, som skal fodres. Ved små strandfodringer kan fodringen foretages fra landsiden, hvor sandet transporteres med lastvogn.

### Strandfodring

Strandprofilet tilføres sand, så stranden kan opretholdes eller evt. blive bredere, hvis der samlet set tilføres mere sand, end der eroderes bort, når bølger og strøm rammer kysten (akut erosion og kronisk erosion). Sandet pumpes ind på stranden via et rør og fordeles med entreprenørmateriel. Der kan også foretages en fodring af bagstranden, som forstærker den øvre del af stranden f.eks. langs en klitfod eller foran en skråningsbeskyttelse af sten. Sandet skal forebygge erosion af skrænt- eller klitfoden. Strandfodringen kan også udgøre en buffer i tilfælde af ekstrem vejrhændelse og på denne måde forhindre gennembrud eller kollaps af den hårde beskyttelse. Endvidere kan en strandfodring opveje den negative effekt fra de hårde kystbeskyttelses anlæg. Uden ekstra tilførsel af sand kan stranden foran en skråningsbeskyttelse blive smallere og vanddybden kan øges, da erosionen fortsætter ud for anlægget. Strandfodring kan også ske for at kompensere for læsideerosion fra hårde anlæg som høfder og bølgebrydere.

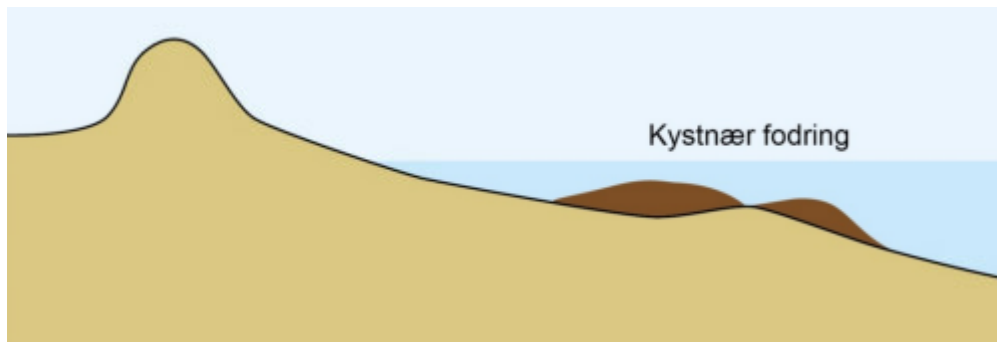


Figur 1: Placering af materiale i på kystprofilet ved strandfodring.

### Kystnær fodring

Revler i kystprofilet fungerer som sanddepoter og har afgørende betydning for mængden af den bølgeenergi, der når helt ind på kysten. De lave vanddybder over revlen bevirker nemlig, at bølgerne bryder på revlen og dermed frigiver en masse energi, som ellers ville have ramt kysten og eroderes af strand og klitter. Ved revlefodring klappes (placeres) det ekstra sand ude i kystprofilet enten på en eksisterende revle eller på en sådan måde, at der opbygges en ny kunstig revle. Sand klappes gennem en række bunddøre, der normalt er placeret i to rækker parallelt med lastens centerlinje i hver side i bunden af skibets lastrum. Dørene åbnes ned ad under skibets bund og bort fra skibets centerlinje, for at mindske

risikoen for at dørene begravnes i den klappede last. Metoden kræver større vanddybde under skibets køl, og der bruges jetvand til at skylle lasten ud med.



Figur 2: Placering af materiale i på kystprofilet ved kystnær fodring.

### Ralfodring

Ralfodring anvendes primært ved kyster, der i forvejen er karakteriseret ved at have ralstrande. Sten og ral forekommer naturligt på erosionskyster, som består af moræne eller kridt. Ral transporteres typisk landværts over stranden og danner højtliggende ralvolde, som udgør en form for naturlig beskyttelse. På klintekyster, hvor der ikke er tilstrækkelige mængder ral til, at disse ralvolde kan dannes naturligt, kan man beskytte mod især akut erosion ved at tilføre ral til den øvre del af strandprofilet langs klintfoden.

### Dimensioneringsgrundlag

For at dimensionere kystfodringen det vigtigt at kende følgende forhold på strækningen:

- Kystens eksponeringsgrad (bølgeforskel)
- Længde af strækning, der ønskes beskyttet
- Kystprofilet (skrænttop, skræntfod, kystlinje, dybdekurverne)
- Erosionsraten (både den kroniske og akutte erosion)
- Naturligt materiale på stranden For formel for sandfodring, se begrebslisten

### Funktion/virkning

I overordnede træk virker fodring ved at tilføre kysten eller kystprofilet det sediment, som normalt vil eroderes bort over en vis periode. For at undgå erosion og fastholdelse af kystlinjen er jævnlig tilførsel af sediment nødvendig. Nyt sediment tilføres med passende mellemrum til erstatning for det sediment, der løbende føres bort med den langsgående transport. Mængden af sediment, der anvendes til fodring, skal modsvare den aktuelle erosionsrate på den strækning, der ønskes beskyttet, hvis målsætningen er at standse kysttilbagerykningen. Der skal naturligvis også tages hensyn til, om, og i hvor høj grad der allerede måtte være sedimentunderskud på strækningen, inden fodringen igangsættes. Kystfodring beskytter mod akut og kronisk erosion på kyststrækningen. For at beskytte mod akut erosion forudsættes dog, at der er tilstrækkeligt med sediment, der kan fungere som en buffer i tilfælde af stormflod. Kystfodring kan anvendes som selvstændig kystbeskyttelse. Fodringsmetoden afhænger af kystens udseende, den ønskede virkning og ikke mindst økonomien. Det handler om at kystbeskytte i tide. Kystnærfodring og strandnær fodring ses typisk i områder, hvor sikkerheden i forvejen er moderat eller høj. I områder, hvor strand, skrænter og klitter ikke giver den ønskede sikkerhed og buffer, benyttes i højere grad strandfodring. Ved strandfodring opnås, at bølgerne i højere grad gnaver i fodringsmaterialet end i

eksisterende klitter og skrænter. På den måde bremses skrænttilbagerykning og den nødvendige sikkerhed kan opretholdes.

Kystfodring bør ligeledes igangsættes som supplement til hårde kystbeskyttelsesforanstaltninger som fx skråningsbeskyttelser af sten, høfder eller bølgebrydere for at kompensere for den læsideerosion, som disse forårsager.

### Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø

Kystfodring giver generelt god mulighed for naturlig indpasning i kystmiljøet, såfremt der fodres med det materiale, som er naturligt forekommende på strækningen. Der, hvor sandet placeres, ændres den naturlige dynamik, mens dynamikken opretholdes i resten af profilet og nedstrøms. Hyppige kystfodringer må dog bringe en vis forstyrrelse i økosystemet på kysten (afhængig af metode, tidspunkt og fodringsinterval).

### Anlægsomkostninger

Kystfodringer vil kunne udføres for gennemsnitligt 2250 kr. pr. meter, dog afhængigt af mængde, sedimentets herkomst, leveringsmetode m.m. Prisen vil dog i høj grad være afhænge af det konkrete sted herunder transportomkostningerne. Kystfodringer bør udføres i samarbejde mellem grundejere over længere strækninger for at gøre den omkostningseffektiv.

### Drift og vedligeholdelse

Ved kystfodringer er det typisk nødvendigt at vedligeholdelsesfodre. Et kystfodringsprogram er derfor nødvendigt for at holde trit med den naturlige erosion samt kompensere for ekstreme vejrhændelser som fx stormflod. Ralfodring kræver mindre vedligeholdelse. For at nedsætte omkostninger kan kystfodring foretages med nogle års mellemrum, så der bliver færre mobiliseringer af entreprenørmateriellet.

### Fremtidssikring

Kystfodringer skal typisk vedligeholdes og kan vanskeligt fremtidssikres i langsigtet perspektiv. Til gengæld kan fordringsmængde og -hyppighed løbende tilpasses ændringer i vandstand og klima.

### Generelle fordele

- Kystfodring løser det generelle erosionsproblem ved at erstatte det sand, som forsvinder pga. en netto langs- og tværgående sedimenttransport.
- Forårsager ikke læsideerosion nedstrøms og gør ikke stranden smallere.
- Afhængig af metode kan kystfodring iværksættes rimeligt hurtigt.
- Falder ind i det omgivende kystlandskab, understøtter muligheden for at færdes langs kysten og fremmer rekreative værdier på kysten.
- Afhængig af fodringsmængden kan kysttilbagerykningen bremses eller også kan kystprofilet forstærkes, så stranden bliver bredere eller den kystnære havbund forstærkes.

### Generelle ulemper

- Kystfodringer skal gentages periodisk for at opretholde kystprofilet.
- Det er vanskeligt at kommunikere nytten af kystfodring, fordi sandet med tiden forsvinder, og man derfor let kan tro, at "det ikke nytter". Det er derfor nødvendigt at skabe en forståelse for, at netop det faktum, at det er fodringssandet, der forsvinder, betyder, at kystprofilet kan opretholdes.

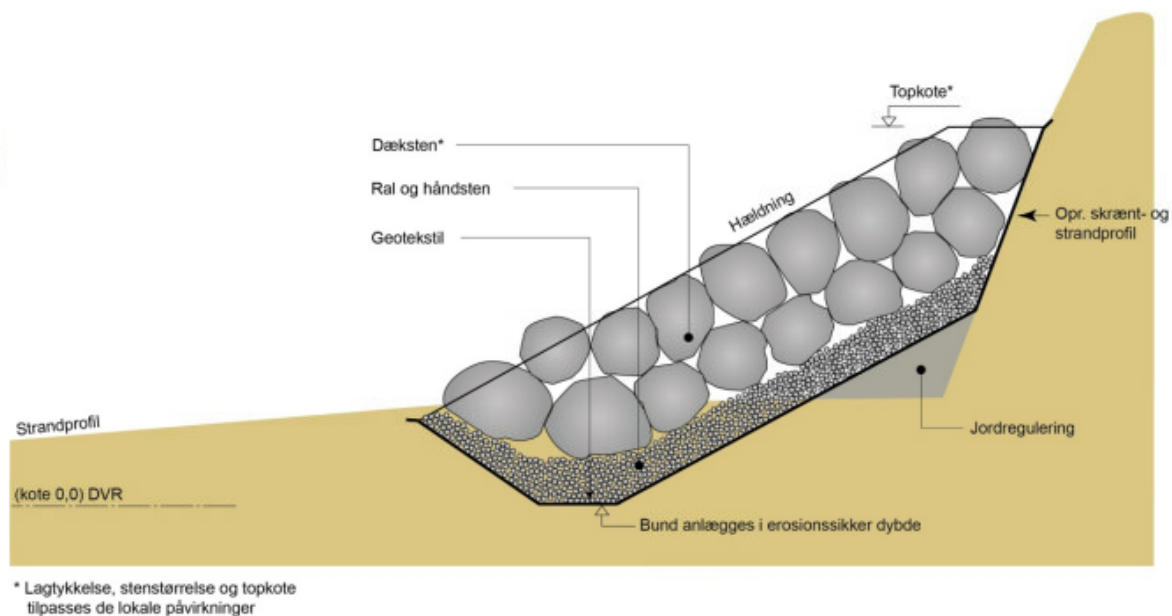
# SKRÅNINGSBESKYTTELSE

## Tekst og figurer fra Kystdirektoratet

En konstruktion bestående af sten og evt. geotekstil, der etableres op ad en kystskrænt eller klit. Den bremser lokalt havets nedbrydning af klitter og skrænter.

### Tværsnit (tegning)

Skråningsbeskyttelsen kan funderes på en dug af geotekstil og afretningslag af håndsten eller ral, som dels holder dugen på plads, dels virker trykfordelende for dækstenene. Der bør være to lag dæksten. Hældningen på anlægget må ikke være stejlere end 1:2, da det ellers bliver for ustabil. Af hensyn til anlæggets stabilitet bør skråningsbeskyttelsen etableres i erosionssikker dybde. Stenstørrelse i dækstenslaget kan være mindre, hvis der vælges en fladere hældning på anlægget. Afretningslagets sten skal opfylde filterkriteriet i forhold til dækstenene, så de ikke trækkes ud.



Figur 3: Tværsnit af opbygning af skråningsbeskyttelse. Af: KDI

### Dimensioneringsgrundlag

Skråningsbeskyttelsens opbygning og dimensioner beregnes ud fra den konkrete lokalitet og kystdynamiske forhold, herunder:

- Højvandsstatistik
- Kystprofilet (skrænttop, skræntfod, kystlinje, dybdekurverne)
- Variationer af strandens højde (for at kunne fastlægge anlæggets bundkote)
- Bølgeforskel (anvendes til beregning af stenstørrelser)
- Erosionsraten (for at kunne bestemme kompenserende fodring)

Tabel 1: Oversigt over skråningsbeskyttelsens parametre som funktion af eksponeringsgraden  
Lille = fjorde, Moderat = sunde og bæltter, Stor = Kattegat og Østersøen, Meget stor = Vesterhavet

Eksponering	Bundkote	Topkote	Sandopfyldning (m <sup>3</sup> /m)	Læsideerosion (m <sup>3</sup> /m/år)	Stenvolumen per. m længde beskyttelse	
	(m)	(m)			Dæksten (m <sup>3</sup> /m)	Afretningsslag (m <sup>3</sup> /m)
Lille	0,0	3,0	3	0,2	5,5	5
Moderat	-0,5	4,4	20	0,5	10	7
Stor	-1,0	5,4	40	2,0	15	22
Meget stor	-1,0	10,4	150	30	50	13

\*Det antages, at der sandfodres foran eller nedstrøms beskyttelsen, da den kroniske erosion ikke forsvinder.

### Kompenserende strandfodring

Beregnes ud fra den relevante strækning med følgende formel:

$$F = l * (h + d) * t$$

F: Fodringsmængde [m<sup>3</sup>/år]

l: længde af strækning med skråningsbeskyttelse [m]

h: kote til terræn inden for skrænten [m]

d: aktiv dybde – der hvor bølger og strøm flytter sediment [m]

t: tilbagerykning/ den gennemsnitlige erosionsrate på strækningen [m/år]

### Funktion/virkning

En skråningsbeskyttelse bremser/reducerer erosionen af skrænten/klitten, men stopper ikke erosionen på stedet, da erosionen i stedet vil foregå foran og nedstrøms anlægget. En skrænt eller klit beskyttes mod erosion ved at anlægge en skråningsbeskyttelse af sten, beton eller andet op ad den. Den ujævne overflade fra anlægget bryder bølgernes energi. Skråningsbeskyttelsen er velegnet til kyster udsat for kombination af kraftige pålandsbølger og høj vandstand, som medfører akut erosion.

### Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø

Etablering af en skråningsbeskyttelse vil påvirke naturens frie udfoldelse ved at sedimentkilden fra skrænten fastlåses. Skråningsbeskyttelsen griber ikke ind i transporten på den ubeskyttede del af profilet. Derfor vil den kroniske erosion i kystprofilen fortsætte. Idet der ikke tilføres sediment fra skrænterne længere, vil det give et sedimentunderskud og øget erosion ud for og nedstrøms for anlægget. En skråningsbeskyttelse kan på åbne kyster uden eksisterende skråningsbeskyttelser stikke markant ud fra omgivelserne. I et anlæg, der indeholder en geotekstil, skal det sikres, at dette ikke spredes i miljøet, hvis skråningsbeskyttelsen ødelægges. Hvis der etableres en skråningsbeskyttelse i form af en lodret mur, vil bølgerne i højere grad blive reflekteret. Refleksionen giver forøget bølgeaktivitet foran konstruktionen, hvilket medfører større dybde foran anlægget og deraf efterfølgende større bølger (selvforstærkende). Dette sker ikke i så høj grad ved en skråningsbeskyttelse udført som en skrå stenkastning.

### Anlægsomkostninger

Anlægsomkostningerne afhænger af kystens eksponering. Prisen på de dyreste elementer i konstruktionen, som er dæksten og filtersten, samt transport og indbygning af disse sten, er bestemmende for den endelige pris. Prisen for anlægsomkostninger varierer henholdsvis fra 6.800 kr. pr. m. for kyster med lille eksponering til 51.000 kr. pr. m for kyster med meget stor eksponering.

## Drift og vedligeholdelse

Udgifterne til en korrekt dimensioneret skråningsbeskyttelse vil være relativt begrænsede. Der kan foretages kompenserende kystfodring for at forebygge den kroniske erosion, så anlægget ikke bliver undermineret. Stilles der krav om fodring, bør der også tages højde for evt. gentagne kompensationsfodringer i forhold til drift- og vedligeholdelse.

## Fremtidssikring

Skråningsbeskyttelsen kan fremtidssikres vha. kompenserende kystfodring eller forstærkes.

## Generelle fordele

- En skråningsbeskyttelse af sten forhindrer klit- og skrænterosion, både kronisk og akut erosion på det sted, hvor skråningsbeskyttelsen er placeret.

## Generelle ulemper

- En skråningsbeskyttelse af sten hindrer erosionen af skrænten, men den kroniske erosion fortsætter i resten af det aktive kystprofil. Kystprofilet bliver stejlere, og større bølger kan ramme kysten. Med tiden kan stranden foran anlægget forsvinde, og passagen langs stranden vanskelig- eller umuliggøres. Endvidere kan der opstå fare for sætninger i skråningsbeskyttelsen, som følge af, at anlægget undermineres.
- En skråningsbeskyttelse blokerer sedimentkilden i skrænten, og der frigives ikke sediment. Konsekvensen er, at der mangler sediment nedstrøms, og erosionen forøges nedstrøms (læsideerosion).
- En skråningsbeskyttelse kan fjerne en eksisterende adgang til kysten. Der kan evt. indbygges en trappe i løsningen.
- Al klit- og skrænterosion standses, indtil skråningsbeskyttelsen kolliderer, hvis der ikke tilføres sediment i form af kystfodring.

## Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi

En skråningsbeskyttelse alene giver ikke umiddelbart muligheder for rekreativ merværdi. Der kan dog stilles krav om, at der på skråningsbeskyttelsen skal være passage for gående langs kysten. Såfremt en skråningsbeskyttelse kombineres med en kompenserende fodring, der genopbygger kystprofilet, giver dette en merværdi i forhold til adgang langs stranden og ophold ved kysten. Figuren viser, at stranden ud for en skråningsbeskyttelse forsvinder, da erosionen ud for anlægget fortsætter.

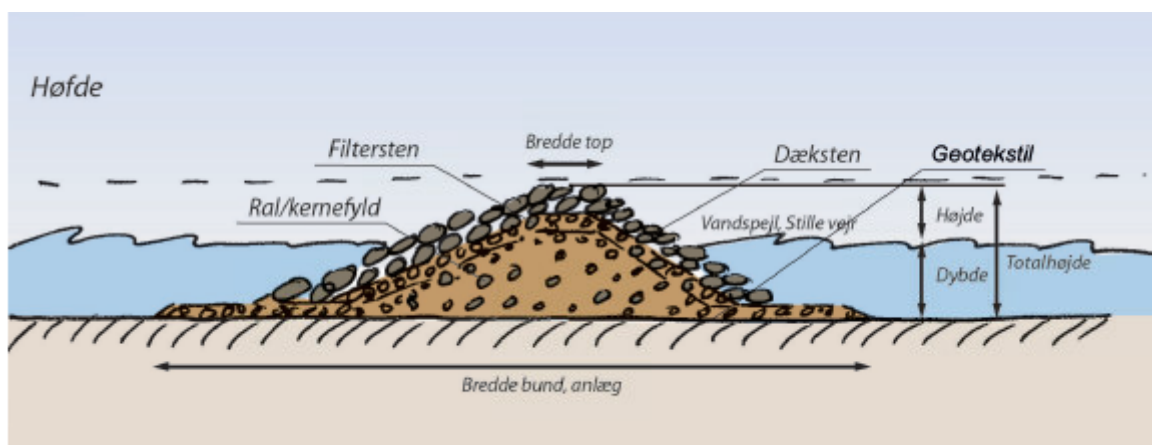
## HØFDER

### Tekst og figurer fra Kystdirektoratet

En hofde er en konstruktion, typisk af sten eller betonblokke, som er opført fra stranden og vinkelret på kystlinjen ud til en vis afstand fra kysten. Hofder bygges ofte i grupper. Afstanden mellem hofderne afhænger af hofdens længde og bølgenes fremherskende indfaldsvinkel.

### Tværsnit (tegning)

En hofde er typisk opbygget med kernefyld inderst, filtersten samt to lag dæksten øverst. Filterstenene skal opfylde filterkriteriet i forhold til dækstenene, så de ikke trækkes ud. Det anbefales at udlægge en filterdug under hofdekonstruktionen for at forhindre erosion, sætning samt at hofden sandgår. Hofdesidernes hældning er i reglen 1:2. Pga. større eksponering af bølger bør hældningen være fladere på hofdehovedet. Bredden på hofdens vandrette top kan fastlægges som lig med topkoten for alle farvande bortset fra Vesterhavet. Ved Vesterhavet er hofderne ofte bredere – svarende til 2 x topkoten - ud fra en betragtning om, at det letter vedligeholdelsen, fordi man kan køre på toppen af hofden. Ofte er denne type hofde populære blandt strandgæsterne, fordi de har en plan vej på toppen, som man kan gå ud ad.



Figur 4: Tværsnit af hofde

### Dimensioneringsgrundlag

For at dimensionere hofden anvendes følgende parametre:

- Bølgeforhold, herunder fremherskende bølgeretning og bølgehøjde
- Højvandsstatistik
- Længden af den strækning, der ønskes beskyttet
- Kystprofil (skrænttop, skræntfod, kystlinje, dybdekurverne)
- Erosionsraten med henblik på en evt. kompenserende fodring

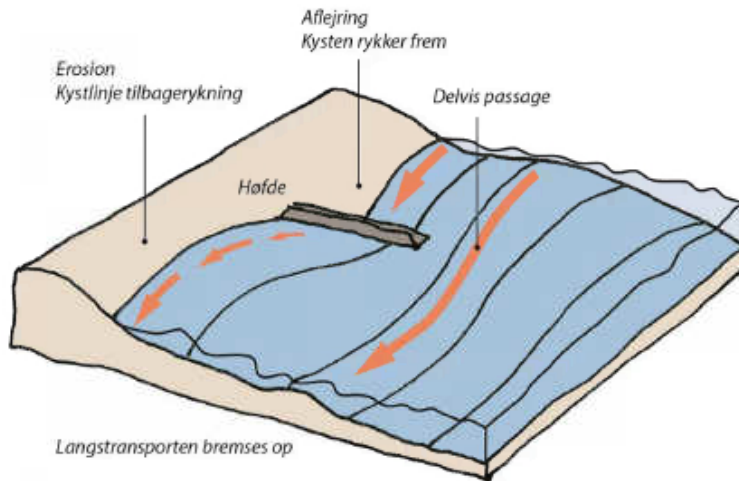
Sandtilførslen er beregnet ud fra følgende: I anlægsfasen fodres der med sand mellem hofderne. På den måde mindskes læsideerosionen i starten, efter byggeprojektet er færdiggjort. Det tager tid for sandet at "sætte sig" og det kan betyde forværret læsideerosion, hvis der ikke er overskud af sand. Der kompenseres desuden for læsideerosion ved sandfodring på læsiden af hofdegruppen med mindst den mængde sand, som svarer til den erosion, som hofderne forhindrer. Dette er den erosion, som hofderne



”sender videre” til læsideområdet. (Dette kan være et myndighedskrav ifølge lovens hovedregel om, at man ikke må skade nabostrækninger).

### Funktion/virkning

Høfder er beregnet til at bremse erosion i det kystnære profil (nedbrydning fra havet). Høfder blokerer for den del af den langsgående sediment-transport, som foregår mellem strandlinjen og høfdens afslutning. På den måde fanges en del af sedimentet og aflejres opstrøms på høfdens luvside (i forhold til sedimentets transportretning). Det aflejrede sediment reducerer altså kysttilbagerykningen opstrøms for høfden.



Figur 5: En høfdes funktion

Høfder bremser/reducerer erosionshastigheden på kysten, men stopper den ikke. Anlægget omfordeler alene sandet, men der tilføres ikke nyt sand. Erosionsraten reduceres typisk med 50 %. Erosionen fortsætter i kystprofilen søværts høfdeenderne og læsideerosionen udgør typisk 50 % af erosionsraten. Høfder standser ikke evt. skrænterosion og akut erosion.

### Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø

Falder i øjnene som en menneskeskabt struktur i kystlandskabet. Påvirker naturens frie dynamik, hvilket ses ved kystens savtakkede struktur, som bliver tydeligere med stigende langstransport. Passage langs stranden vanskeliggøres.

### Anlægsomkostninger

Anlægsomkostninger varierer, da det afhænger af, hvor materialet kommer fra, og hvor eksponeret kysten er. På en kyst med lille eksponering anslås prisen til ca. 190.000, mens en høfde anlagt på en kyst med stor eksponering vil være væsentlig dyrere helt op til en pris på over 2 mio. Drift og vedligeholdelse Jævnlig kompensationsfodring på læsiden af høfderne. Udgifterne til reparation af en korrekt dimensioneret høfde vil være lille, dog kan der være udgifter til kompensationsfodringer, såfremt der er sat vilkår herom. Hvis kysttilbagerykning ikke standses med kompenserende fodring, kan det være nødvendigt med mellemrum at 5.1.4 Høfde 5 forlænge høfdernes ender ind mod land for at undgå bagskæring. Desuden kan det over tid blive nødvendigt at efterfylde høfderne, fordi stenene synker ned i sandet, og især fordi vanddybden langs høfden øges, og stenene derfor kan blive revet ud af konstruktionen på grund af bølgepåvirkningen. Kernehøfder er lettere at vedligeholde, da det er muligt at køre på høfden. Brudstenshøfder kræver et stort sandlag som kørevej, før man kan bevæge sig rundt vedligeholdelsesmæssigt.

### Fremtidssikring

Det er en god idé at lægge f.eks. geotekstil under hofdekonstruktionen for at forhindre erosion og sætning.

### Generelle fordele

- Bredere strande på opstrøms siden af hofden (luvsiden).
- Bremser kysttilbagetrækningen opstrøms for hofden.

### Generelle ulemper

- Blokerer den langsgående sandtransport, hvilket giver forøget erosion nedstrøms – læsideerosion
- Forringer strandens æstetiske værdi
- Skaber et stejlere og dybere kystprofil søværts for hofderne
- Kan vanskeliggøre passage på stranden
- Reducerer badesikkerheden pga. stærk strøm omkring hofden
- Forhindrer ikke tilbagerykningen af kysten.

### Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi

Kernehofder, der har brug for at maskiner kan køre på dem pga. vedligeholdelse, har en bred krone, som man kan gå på. De bruges derfor ofte som udsigtspunkter.



Figur 6: Hofdegruppe ved Vestkysten. Bemærk læsideerosionen og den karakteristiske savtakkede strand

## BØLGEBRYDERE

### Tekst og figurer fra Kystdirektoratet

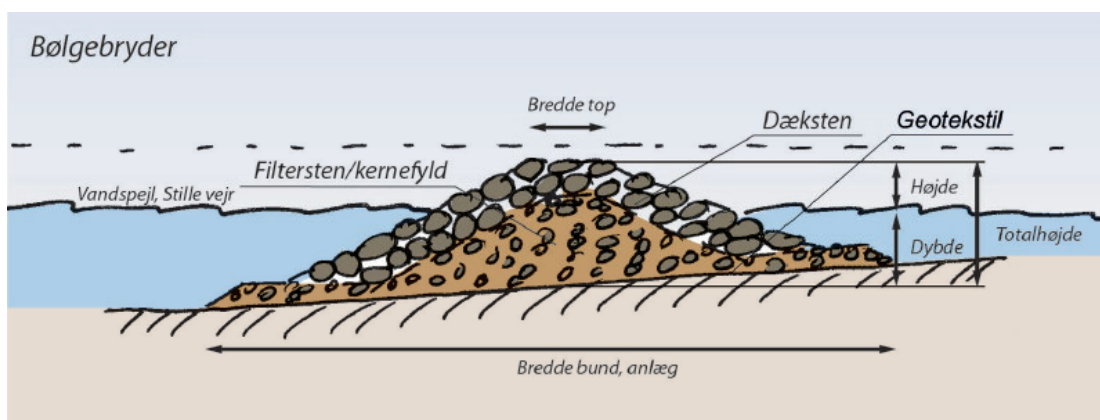
En bølgebryder er en konstruktion, typisk af sten, som er opført i en vis afstand fra stranden og parallelt med kysten. Bølgebrydere bygges ofte i grupper i den indre del af det aktive kystprofil. Afstanden til stranden bør svare til ca. 30 % af bølgebryderens bredde. Afstanden mellem de enkelte bølgebrydere bør svare til halvanden gange længden af den enkelte bølgebryder. Højden kan variere, men vælges typisk til omkring 80 % af den dimensionsgivende vandstand.



Figur 7: Bølgebrydere ved Skagen

### Tværsnit (tegning)

Bølgebrydere er som oftest opbygget med en kerne af fyld/filtersten dækket af to lag dæksten.



Figur 8: Tværsnit af en bølgebryders opbygning

## Dimensioneringsgrundlag

Følgende parametre skal indgå ved dimensionering af bølgebryderen:

- Bølgeforhold (fx bølgehøjde og bølgeperiode)
- Dimensionerende vandstand (højvandsstatistik)
- Længden af den strækning, der ønskes beskyttet
- Kystprofil (skrænttop, skræntfod, kystlinje, dybdekurver)
- Erosionsraten, i forhold til at beregne evt. kompenserende fodring

Oversigt over bølgebrydere som funktion af eksponeringsgraden (farvandsområder)

Lille = fjorde, Moderat= sunde og bæltter, Stor= Kattegat og Østersøen, Meget stor = Vesterhavet

Eksponering	Dybde (m)	Topkote (m)	Længde (m)	Afstand (m)	Sandfyld (m <sup>3</sup> /m)	Læside-erosion (m <sup>3</sup> /m/år)*	Total-volumen (m <sup>3</sup> )	Dæksten (m <sup>3</sup> )
Lille	0,7	1,5	20	25	3	0,1	260	160
Moderat	1,5	1,5	64	80	20	0,3	1440	740
Stor	2,0	1,5	100	125	40	1	3000	1380
Meget stor	3,5	2,6	200	250	150	15	18.000	9000

\*Denne mængde er regnet i forhold til længden af den beskyttede strækning.

Det er i tabellen forudsat, at der som en del af byggeprojektet fyldes sand ind bag bølgebryderne. Såfremt dette ikke sker, vil den umiddelbare virkning af bølgebryderne være erosion mellem dem. Sandfodringen kan s reducere læsideerosionen i den tid efter etableringsfasen, hvor sandet endnu ikke har lejret sig. Herudover er det forudsat, at der over årene kompenseres for læsideerosionen ved at fodre langs strækningen på læsiden af gruppen af bølgebrydere. Den mængde, der evt. ville skulle fodres med for at kompensere for bølgebrydernes læsideerosion, svarer til det sand, som bølgebrydergruppen tilbageholder, hvilket her anslås til at være ca. 50 % af den erosion, der ville have fundet sted, der hvor bølgebryderne er placeret. En sådan kompensationsfodring kan indgå som et krav for fremtidige projekter set i lyset af lovens krav om, at en kystbeskyttelsesforanstaltning ikke må skade nabostrækninger.

## Funktion/virkning

Bølgebryderen virker dels ved at mindske den bølgeenergi, der når ind på kysten og i højere grad ved at nedsætte den del af langtransporten, som foregår mellem strandlinjen og bølgebryderen. Derved fanges en del af langtransporten, og sand aflejres bag bølgebryderen. Bølgebryderne vil således reducere langtransporten bag sig og eventuelt helt blokere for den. Transportraten reduceres typisk med 50 % procent. Ligesom det er tilfældet med kystbeskyttelsesforanstaltninger som høfder vil en række bølgebrydere skabe læsideerosion på kyststrækningen nedstrøms anlæggene, som nu får reduceret sin tilførsel af sand, og man må derfor regne med, at der kan blive stillet krav om kompenserende sandfodring på den nedstrøms strækning. På strækninger med bølger, der kommer ind med en lille vinkel, kan det være en fordel at opføre færre men større bølgebrydere, som er placeret med større afstand. Ved små indfaldsvinkler er langtransporten af mindre betydning, alligevel vil der også i sådanne tilfælde samle sig sand bag konstruktionen. Grunden er, at de brydende bølger virker ind mod stranden med en kraft, som forårsager bølgestuvning. Bag bølgebryderen er bølgerne meget svagere, og vandet vil derfor strømme ind bag bølgebryderen, hvor der ikke er nogen opstuvning.

Resultatet er en cirkulationsstrøm, som trækker sandet ind bag bølgebryderen. Da bølgebryderne mindsker bølgeenergien lokalt, har de en vis virkning mod akut erosion bag den enkelte bølgebryder.

Mellem dem er den akutte erosion dog ikke mindsket væsentligt, og på grund af cirkulationsstrømmen vil det eroderede sand føres ind bag bølgebryderne, hvilket kan forsinke den efterfølgende naturlige reetablering af stranden.

Bølgebrydere er velegnede på erosionskyster, dvs. hvor kystprofilen rykker tilbage pga. en langsgående sedimenttransport, og hvor der føres mindre sediment ind i profilet, end der føres ud af profilet (kronisk erosion). Bølgebrydere fanger bølgetransporteret sand og kan bryde bølger fra flere indfaldsvinkler i modsætning til høfder. Derfor er de velegnet til etablering på kyststrækninger, hvor der er en krumning. Bølgebrydere bremser/reducerer erosionshastigheden på kysten, men stopper den ikke. Erosionsraten reduceres typisk med 50 %. Erosionen føres blot længere ned ad kystprofilen, og læsideerosionen udgør typisk 50 % af erosionsraten. Bølgebrydere standser ikke akut erosion, men reducerer den.

### Påvirkning af naturens frie dynamik, kystlandskab og miljø

Påvirker naturens frie dynamik, idet langstransporten bremses. Falder i øjnene som en menneskeskabt struktur i kystlandskabet. Grupper af bølgebrydere skaber "guirlande-strand".

### Anlægsomkostninger

På en moderat eksponeret kyst er prisniveauet ca. 1,28 mio. kr. for et stk. bølgebryder. Anlægsomkostningerne afhænger dog af den ønskede størrelse på konstruktionen, kystens eksponeringsgrad, hvorfra materialet kommer m.m.

### Drift og vedligeholdelse

Udgifterne til reparation af en korrekt dimensioneret bølgebryder vil være marginale, dog vil der kunne forekomme udgifter til jævnlig kompensationsfodring på læsiden af bølgebryderne. Det kan over tid blive nødvendigt at efterfylde stenkastningerne, fordi stenene synker ned i sandet, og især fordi vanddybden ud for bølgebryderen øges, og stenene derfor kan blive revet ud af konstruktionen på grund af bølgepåvirkningen.

### Fremtidssikring

Bølgebrydere kan forstærkes / forhøjes med henblik på fremtidssikring.

### Generelle fordele

- Reducerer bølgepåvirkningen på kysten og bremser erosionen.
- En del af den langsgående transport vil kunne passere uden for bølgebryderen.
- Der dannes små sandstrande bag bølgebryderne, hvis konstruktionen er dimensioneret korrekt.

### Generelle ulemper

- Begrænser den langsgående sandtransport, hvilket giver forøget erosion nedstrøms – læsideerosion.
- Forringer strandens æstetiske værdi.
- Skaber et stejlere og dybere kystprofil søværts for bølgebryderne.
- Nedsætter badesikkerheden pga. stærk strøm omkring bølgebryderen.

### Muligheder for multifunktionalitet/rekreativ merværdi

Bølgebrydere er et teknisk anlæg, hvorpå ophold ikke er muligt.