

PILEBYG A/S

# KYSTBESKYTTELSE VED NR. LYNGBY

## RESULTATER FRA OPMÅLINGER

Dato: 2026-01-14





Projekt navn: PileByg droneopmåling Nr. Lyngby 2025  
WSP projektnr.: 22007487  
Kundens projektnr.:  
Projektleder: SEWE  
Udarbejdet af: SEWE  
Kvalitetssikret af: RAVE  
Godkendt af: LESC

*Forside: Dronefoto af Nr. Lyngby Strand september 2025.*

WSP Danmark A/S

Projekt navn: PileByg droneopmåling Nr. Lyngby 2025

Projektnr.: 22007487

Dato: 2026-01-14

Side 2 af 17

## INDHOLD

1	INDLEDNING .....	4
2	LOKALITETSBEKRIVELSE .....	5
3	PIL SOM KYSTBESKYTTELSESMETODE .....	6
4	DATA OG METODE .....	9
5	RESULTATER .....	10
6	DISKUSSION .....	13
7	KONKLUSION.....	16
8	REFERENCER.....	17

# 1 INDLEDNING

Danmarks kystlinje strækker sig over 7.000 km, og den stigende globale vandstand, som følge af klimaforandringer, øger behovet for effektiv kystbeskyttelse mod erosion og oversvømmelser. Naturbaserede løsninger arbejder med naturens egne processer og tilbyder ofte en omkostningseffektiv tilgang, der samtidig reducerer CO<sub>2</sub>-belastningen og øger den rekreative værdi.

Klinten ved Nr. Lyngby i Nordjylland har gennem historien rykket sig tilbage med cirka 1 meter årligt. Som en del af indsatsen for at beskytte kysten mod yderligere tilbagerykning blev der i 2018 iværksat et forsøg med nedgravede pilebundter, som har til formål at reducere og begrænse bølgeerosionen ved klintens fod. Nr. Lyngby repræsenterer det første sted i Danmark i nyere tid, hvor nedgravede pilebundter er anvendt systematisk som kystbeskyttelsesmetode. Dette notat dokumenterer udviklingen af klinten samt effekten af pilebundterne på kysten frem til 2025.

## 2 LOKALITETSBEKRIVELSE

Kyststrækningen ved Nr. Lyngby består af en 40-60 meter bred strand beliggende ved foden af en cirka 19 meter høj klint. Klinten oplever regelmæssig erosion som følge af stormflod, hvilket historisk har medført en årlig tilbagerykning på omtrent 1 meter (NIRAS, 2019). Opførelsen af bølgebryderen ved strandens nedkørsel har yderligere forstærket kysttilbagerykningen mod nord grundet læsideeffekter fra konstruktionen. I 2018 blev der iværksat kystbeskyttelse i form af pilebundter ved klintens fod, på baggrund af grundejerforeningens beslutning om at adressere problematikken, som tidligere har resulteret i tab af flere ejendomme på grund af kysttilbagerykning.



**Figur 2-1 Projektområdet for kystbeskyttelse med pil med angivelse af yderste synlige række.**

### 3 PIL SOM KYSTBESKYTTELSESMETODE

Kystbeskyttelse mod erosion er i mange århundreder blevet udført med træ, da det er et omkostningseffektivt materiale og forholdsvis let kan etableres. Især i Holland har der været tradition for beskyttelse med forskellige former for træ, herunder pil. Rundt om i Danmark, specielt i de indre danske farvande, hvor bølgeenergien er mindre, har man tidligere etableret anlæg af træ til at mindske bølgeenergien og minimere kysterosion som det ses i Figur 3-1. I samme kategori, men med et andet formål, har man i århundreder benyttet sig af såkaldte slikgårde i Vadehavet til landindvinding, som består af indhegnede områder på vadefloden, hvor der ved højvande aflejres sediment.



**Figur 3-1 T.v.: Eksempel på erosionsbeskyttelse af skrænt i Lillebælt ved Hindsgavl, Fyn. T. h.: Eksempel på slikgård ved Vadehavet, hvor man anvender faskinerne til landindvinding (Adobe Stock).**

Ved Nr. Lyngby er der etableret to strækninger med nedgravede pilebundter (Figur 3-2). Længst mod syd, umiddelbart nord for nedkørslen, findes den ca. 126 m lange strækning *Nr. Lyngby I*, og længere mod nord findes den ca. 236 m lange strækning *Nr. Lyngby II*. De to strækninger er adskilt af en ca. 166 m lang strækning uden nedgravede pilebundter, og som derfor fremstår uden kystbeskyttelse. Pilebundterne er etableret i 3-4 rækker som stiger fra stranden op mod klintfoden, så anlægget udgør en form for terrasseinddeling. Hver række blev ved etablering gravet minimum 2 m under terræn med toppen stikkende op over overfladen. Anlægget har som en traditionel skråningsbeskyttelse af sten til hensigt at mindske bølgeenergien og beskytte klintfoden mod erosion ved stormflod. Formålet er at klintfoden i mindre grad eroderes og dermed reduceres risikoen for skred og sammenstyrtninger af klinten.

Ved Nr. Lyngby er der visuelt observeret både erosion og aflejring af sediment i anlægget med nedgravede pilebundter under forskellige episoder med storm og bølgepåvirkning. Det er endnu ikke fuldt belyst, hvad der afgør, om sediment bliver eroderet eller aflejret, men det afhænger blandt andet af stormintensitet, vandstand og bølgekarakteristik.

Anlægget har ligeledes den effekt, at det samler fygesand på bagsiden af rækkerne og på den måde naturligt opbygger en buffer af sand til yderligere beskyttelse mod erosion. Som det ses på Figur 3-2, er der en varierende mængde sand i og omkring anlægget, hvilket har været tilfældet siden etablering.

Pil som kystbeskyttelsesmetode har den fordel, at det er et omkostningseffektivt materiale, der kan dyrkes nationalt i Danmark. Pil er meget bøjeligt og kan modstå tryk fra bølger og strøm uden at knække. Det er ligeledes sammensætningen af både små og store stammer i pilebundterne, der sikrer, at de effektivt modstår bølgenes påvirkning uden at blive beskadiget. Det gør det ideelt til bundter og faskiner, som skal kunne absorbere og dæmpe energien fra bølger. Pil er et naturligt og nedbrydeligt materiale, som ikke efterlader affald eller forurening, og som har et lavt klimaaftryk sammenlignet med beton, stål og dæksten fra f.eks. Norge. Studier af kysten i Hjørring Kommune viser, at hvor traditionel skråningsbeskyttelse med dæksten samlet udleder 0,55 ton CO<sub>2</sub>/lbm, vil skråningsbeskyttelse med pilebundter derimod samlet lagre 0,16 ton CO<sub>2</sub>/lbm. Derudover koster skråningsbeskyttelse med pil ca. 1/3 af prisen sammenlignet med skråningsbeskyttelse med sten alt afhængig af antallet af rækker (NATOUR, 2020).



**Figur 3-2** Fotos af anlæg ved Nr. Lyngby I fra forskellige tidspunkter 7 år efter etablering. T.v. foto fra d. 26.09.2025 efter en lang periode med roligt vejr. T.h. foto fra d. 17.10.2025 efter stormflod.



**Figur 3-3** Fotos fra d. 30-01-2025 af etablering af kystbeskyttelses anlæg med pilebundter ved Langholm, Lolland.

Kystbeskyttelse med pil er efterfølgende blevet etableret andre steder i Danmark, herunder to steder på Lolland; ved Store Bunddrag i 2022 og ved Langholm i 2025 (Figur 3-3). Erfaringerne fra anlægsarbejdet på

Lolland viser, at de samlede udgifter til nedgravede pilebundter kun udgør ca. 1/10 af prisen sammenlignet med traditionel skråningsbeskyttelse med dæksten.

Ud over anlæg med pilebundter omfatter kystbeskyttelsen ved Nr. Lyngby også maskinel flytning af sand fra stranden foran pilebundterne til bagstranden bagved pilebundterne ved hjælp af kuledækker og/eller hjullæsser. Mekanisk tilførsel af sand anbefales af producenten, hvis pilebundterne periodevis bliver frit eksponeret i større omfang. Dette for at undgå udtørring af pilestammer og dermed nedsat levetid på anlæggene. Der foreligger ikke en komplet dokumentation af de tilførte sedimentmængder, men det vurderes, at sedimenttilførslen, udover at beskytte pilebundterne, også delvist har medvirket til at reducere erosionen. En nærmere gennemgang af dette aspekt behandles i afsnit 6 Diskussion.

## 4 DATA OG METODE

I analysen af anlæggets kystbeskyttende effekt er der blevet benyttet offentlige tilgængelige terrænmodeller af området samt supplerende droneopmålinger udført af WSP.

**Tabel 1 Oversigt over tilgængelig data for projektområdet.**

År	Dato	Kilde	Opløsning (m)
2007	-	Dataforsyningen	1,6
2015	-	Dataforsyningen	0,4
2021	4. november	WSP	0,2
2022	5. marts og 20. marts	Dataforsyningen	0,4
2025	26. september	WSP	0,2

Der er ingen tilgængelige opmålinger fra omkring anlægget etablering og de første år derefter. Den første opmåling blev udført i 2021, hvilket var tre år efter anlæggets færdiggørelse.

Terrænmodeller repræsenterer jordoverfladen uden påvirkning fra bygninger, vegetation og andre menneskeskabte objekter. Ligeledes er terrænmodellerne fra droneopmålingerne, der er udført ved hjælp af den fotogrammetriske metode Structure from Motion (SfM), renset for bygninger og andre objekter, mens vegetation er forsøgt fjernet for at opnå en så virkelighedstro terrænmodel som muligt. Begge dronemodeller er kalibreret med fikspunkter (Ground Control Points) målt med RTK GPS.

Der laves et differensplan fra 2021 til 2025 ved at trække de to modeller fra hinanden. Der laves en opgørelse over volumenændringer fra bagstranden, hvor rækkerne med pil starter, og ind i land til toppen af klinten, således at eventuelle ændringer foran anlægget på selve stranden ikke medtages. På sådan vis kan den vertikale forskel i terrænet ses over den 4-årige periode. Aflejring og erosion kan beregnes, og den samlede volumenændring for hver af strækningerne kan estimeres.

Det vurderes at dronemodellerne har en vertikal nøjagtighed på ca. 2 cm. Derudover tages der højde for at vegetationsdækkede områder kan have en lidt større unøjagtighed.

## 5 RESULTATER

I den undersøgte periode 2021-2025 er der konstateret en tydelig tendens til, at de to strækninger med nedgravede pilebundter, Nr. Lyngby I og Nr. Lyngby II, har reduceret klinterosionen i forhold til strækningen uden nedgravede pilebundter mellem dem (Figur 5-1). På stranden foran anlæggene observeres generelt erosion med terrænsænkninger på 0,25-0,75 m i det meste af området. Lokalt, bag pilanlæggene, ses aflejring af sediment, særligt ved Nr. Lyngby I og i den nordlige del af Nr. Lyngby II. Der er desuden registreret udtalte skred og sammenstyrtninger af klinten, primært i området mellem de to strækninger uden pilebundter.



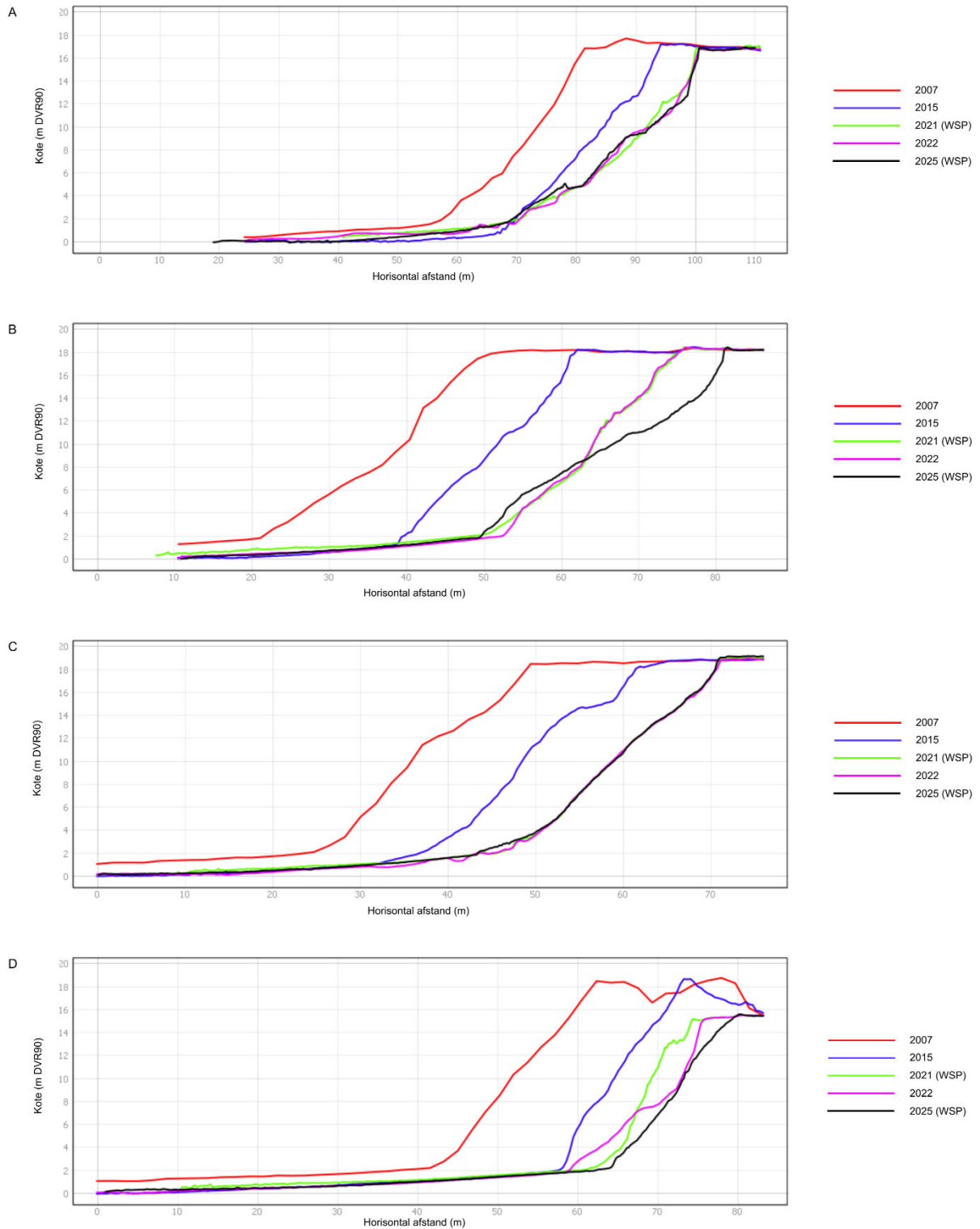
**Figur 5-1 Forskel i terræn (m) fra droneopmåling 2021 til droneopmåling i 2025.**

Tabel 2 viser en opgørelse over volumenændringer fra bagstranden, hvor rækkerne med pil starter, og ind i land til toppen af klinten. Begge strækninger markeret med pil har generelt været stabile eller udvist en mindre tendens til aflejring, mens området mellem de to strækninger uden pil i gennemsnit har haft et tab på ca. 5,6 m<sup>3</sup>/lbm/år.

**Tabel 2 Volumenændring fra 2021 til 2025.**

	Område A (Nr. Lyngby I)	Område B (uden pil)	Område C (Nr. Lyngby II)
Areal (m <sup>2</sup> )	4649	6432	8628
Plus (m <sup>3</sup> )	1223	255	1033
Minus (m <sup>3</sup> )	893	3969	878
Total (m <sup>3</sup> )	330 ±93	-3714 ±129	155 ±173
Længde (m)	126	166	236
Volumenændring (m <sup>3</sup> /lbm)	2,6 ±0,7	-22,4 ±0,8	0,7 ±0,7
Volumenændring (m <sup>3</sup> /lbm/år)	0,7 ±0,2	-5,6 ±0,2	0,2 ±0,2

Figur 5-2 viser at Tværsnit A og C, ved henholdsvis Nr. Lyngby I og Nr. Lyngby II, forbliver stabile uden erosion i perioden efter anlæggets etablering, mens der er erosion og tilbagerykning af profilet i Tværsnit B og D.



Figur 5-2 Tværsnit med placering vist i Figur 5-1.

## 6 DISKUSSION

Der observeres en tydelig forskel i erosionen af klinten i den undersøgte periode, når områder med pilebundter sammenlignes med områder uden pilebundter. Områder med pilebundter har generelt ingen erosion, endda en mindre tendens til aflejring i perioden ved Nr. Lyngby I, mens områder uden pil har erosion.

De stabile forhold på strækningerne ved Nr. Lyngby I og Nr. Lyngby II i den undersøgte periode understøttes af visuelle observationer, der viser, at der er etableret vegetation på og nedenfor klinten (Figur 6-1).



**Figur 6-1 Foto af Nr. Lyngby II, hvor anlægget med pilebundter stopper ved trappen.**

Effekten af maskinel tilførsel af sediment i anlæggene bør indgå i vurderingen af resultaterne om klintens stabilitet. Ved maskinelt at tilføre ekstra sediment modtager anlæggene yderligere materiale, hvilket kan påvirke effekten af pilebundter. Det maskinelt tilførte sediment vil fungere som en buffer mod erosion under stormflod, hvilket gør det vanskeligt at sammenligne massebalancer for strækninger med og uden pilebundter direkte. Det er ikke muligt, på baggrund af de foreliggende data, at adskille effekten af henholdsvis pilebundternes tilstedeværelse og den maskinelle sedimenttilførsel ved anlæggene. Det kan ikke afvises, at den maskinelle tilførsel af sediment fra forstrand til bagstrand udgør en væsentlig faktor for klintens stabilitet ved Nr. Lyngby I og Nr. Lyngby II. For at afgøre, i hvilket omfang maskinel tilførsel af sand er afgørende for effekten af pilebundterne, bør anlæggene undersøges under forhold, hvor ekstra tilførsel af sediment til anlæggene systematisk registreres.

Anlæggenes evne til naturligt at indfange fygesand kan ikke entydigt dokumenteres på baggrund af det tilgængelige data. Visuel inspektion af klintfoden ved Nr. Lyngby I indikerer at den er stabil med tilstedeværelse af forklitter med hjælme, hvor der er en indikation af naturlige vindskabte former (Figur 6-2). Set fra et teoretisk perspektiv forventes anlæg med pilebundter at forbedre mulighederne for naturlig dannelse af forklitter ved at minimere bølgeopskyl og erosion ved stormflod. Forklitterne kan potentielt fungere som en

ekstra buffer i tilfælde af storm. Det er dog ikke muligt entydigt at dokumentere, om anlægget ved Nr. Lyngby naturligt har indfanget fygesand, på grund af de maskinelt tilførte sandmængder.



**Figur 6-2 Nr. Lyngby I, hvor en forklit med marehalm har etableret sig ved klintfoden.**

Sammenfattende viser de observerede tendenser, at kombinationen af pilebundter med maskinelt tilført sediment fra stranden, har en positiv og stabiliserende effekt på klinten i den observerede periode fra 2021 til 2025.

De anvendte data i denne rapport indikerer, at kystbeskyttelsesmetoden med pilebundter kan reducere klinterosion og kysttilbagerykning. Metoden har dog ingen effekt på den kroniske erosion, hvor sand generelt forsvinder fra området som følge af den langsgående sedimenttransport. Pilebundterne bidrager til at mindske akut erosion som følge af bølgeopskyl og erosion af klintfoden under stormflod, men ændrer ikke det forhold, at stranden gradvist bliver smallere og profilet stejlere. Over tid vil anlægget og klinten derfor blive udsat for kraftigere bølgeaktivitet, og metoden må forventes ikke at forhindre kysttilbagerykning på længere sigt. Det er væsentligt at påpege, at denne problematik gør sig gældende for samtlige typer af skråningsbeskyttelser i tilfælde af et sedimentunderskud, uanset om der benyttes traditionel skråningsbeskyttelse med sten eller anlæg med pil.

Det vurderes at kystbeskyttelsesmetoden bør undersøges yderligere, hvor der opstilles klare rammer for metoden. Kystbeskyttelse med pilebundter kan ses som et alternativ til f.eks. traditionel skråningsbeskyttelse med dæksten, men kan ikke på længere sigt erstatte kystbeskyttelse vha. sandfodring. Et design med både



pilebundter og sandfodring kan være fordelagtig, eftersom sandfodringen tager hånd om den kroniske erosion, mens pilebundterne tager hånd om den akutte erosion.

## 7 KONKLUSION

Data fra offentlige tilgængelige terrænmodeller samt droneopmålinger viser, at kystbeskyttelsen med nedgravede pilebundter samt maskinelt tilført sediment fra stranden ved Nr. Lyngby har haft en stabiliserende effekt og begrænset erosionen af klinten relativt til strækninger uden kystbeskyttelsen i den undersøgte periode fra 2021 til 2025. De to strækninger med nedgravede pilebundter, Nr. Lyngby I og Nr. Lyngby II, har en stabil eller lille positiv volumenændring fra den bagerste del af stranden til toppen af klinten på henholdsvis  $+0,7 \text{ m}^3/\text{l}bm/\text{år}$  og  $+0,2 \text{ m}^3/\text{l}bm/\text{år}$ , mens strækningen imellem har en negativ volumenændring på  $-5,6 \text{ m}^3/\text{l}bm/\text{år}$ . Størstedelen af det maskinelt tilførte sediment, der er tilført anlæggene ved Nr. Lyngby i perioden 2021-2025, er efterfølgende blevet eroderet. Dette indikerer, at en betydelig del af klintens stabilitet ved Nr. Lyngby sandsynligvis kan tilskrives den maskinelle tilførsel af sand. Den maskinelle tilførsel af sand til anlæggene betyder, at det ikke entydigt kan fastslås, hvilken stabiliserende effekt pilebundterne har alene. Yderligere forsøgsordninger med præcist fastlagte rammer er nødvendige for at undersøge metodens kystbeskyttende effekt nærmere. Dette vil bidrage til at styrke dokumentationen for anvendelsen af nedgravede pilebundter til kystbeskyttelse, som i denne undersøgelse har vist betydelige indikationer på at have en stabiliserende effekt.

## 8 REFERENCER

NATOUR. (2020). *Pilebyg - kystsikring, Uddrag til offentliggørelse*. Næstved.

NIRAS. (2019). *Kystplan for Hjørring Kommune. Kystteknisk rapport*.