

AUGUST 2025
SLAGELSE KOMMUNE

HØJVANDSSIKRING AF KOBÆK STRAND

VURDERING AF DIGEHØJDE OG NATURFORHOLD VED FREMSKUDT DIGE

AUGUST 2025
SLAGELSE KOMMUNE

KOBÆK STRAND

VURDERING AF DIGEHØJDE OG NATURFORHOLD VED FREMSKUDT DIGE

PROJEKTNR.

A122331

DOKUMENTNR.

003

VERSION

1

UDGIVELSES DATO

05-08-2025

BESKRIVELSE

Notat

UDARBEJDET

MLHU/BMML

KONTROLLERET

JPHE

GODKENDT

LAFN

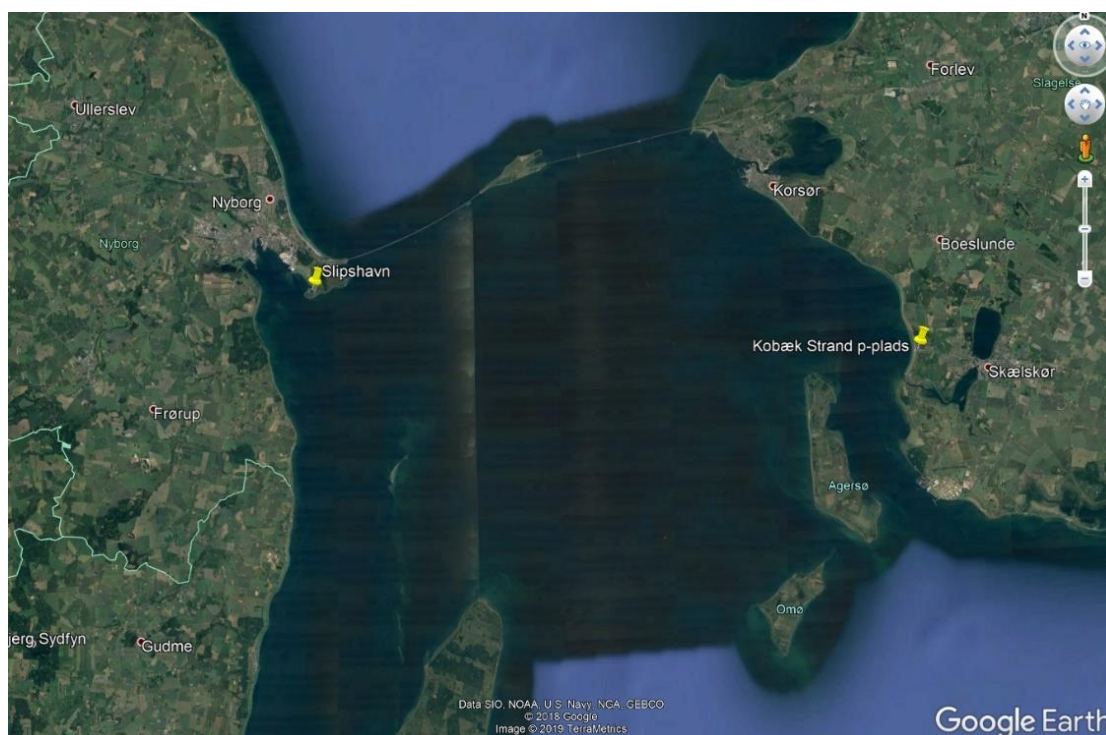
INDHOLD

1	Indledning	5
1.1	Ordliste	7
2	Resumé	8
3	Placering af dige	9
4	Hydrografiske forhold	10
4.1	Bølger	10
4.2	Bølgeperiode	10
5	Bestemmelse af digehøjde	11
5.1	Bølgeoverskyl	11
5.2	Designkrav	11
5.3	Beregning af bølgeoverskyl	12
5.4	Dige højde og tværsnit	12
6	Vurdering af naturforhold og afgrænsning af den saltvandspåvirkede natur	14
6.1	Lovgivning	14
6.2	Baggrund	14
6.3	Metode	15
6.4	Eksisterende forhold	16
6.5	Vurdering af påvirkninger	18
7	Referencer	20

1 Indledning

Kobæk Strand er et sommerhusområde, som ligger syd for Korsør og vest for Skælskør i Slagelse Kommune. Området ligger ud til Storebælt og har flere gange været udsat for oversvømmelser i forbindelse med stormflod. Med den forventede stigning i middelvandsspejlet, som følge af klimaforandringerne, øges den årlige risiko for oversvømmelse i området. Oversvømmelserne i området forvolder store skader på bl.a. bygningsdele og alene risikoen i sig selv, skaber en utryghed i området.

I Figur 1-1 ses placeringen af Kobæk Strand ved Skælskør ud til Storebælt. Figur 1-2 viser området ved Kobæk Strand.



Figur 1-1 Kobæk Strand ud til Storebælt.



Figur 1-2 Kobæk Strand, med belyst placering af Strandvænget.

COWI A/S har derfor udarbejdet et dispositionsprojekt for etablering af et samlet dige i området til beskyttelse mod stormflod. Dispositionsprojektet beskriver en samlet løsning for området, herunder anlægsøkonomi, og skal bl.a. bruges til den videre politiske stillingtagen ift. om projektet skal realiseres. Dette projekt er udførligt beskrevet i (COWI A/S, 2020).

Efterfølgende er COWI blevet gjort opmærksom på at lodsejere ved Strandvænget, ønsker afklaret, om diget kan rykkes frem til matrikelgrænsen, i stedet for op ad adgangsvejen for Strandvænget.

Dette notat søger at beskrive ændringen i digets udformning fra (COWI A/S, 2020), i tilfælde af en fremskudt placering ved Strandvænget. Desuden gennemgås eksisterende naturforhold ud for Strandvænget og påvirkningen ved en fremskudt placering af diget vurderer.

1.1 Ordliste

Krone: Det vandrette øverste fladestykke af et dige eller en stenkastning/skråningsbeskyttelse

Kronekote: Højden på konstruktionens kronen over vandspejl (DVR90)

Signifikant bølgehøjde: Middelværdien af bølgehøjden i den højeste tredjedel af bølgerne i et bølgetog.

DVR90: Dansk vertikal Referenceniveau er et højdesystem opdateret i 1990. Alle koter i dokumentet refererer til DVR90.

Overskyl: Mængden af vand, som bølgerne skyller over kystbeskyttelsen. Gennemsnittet af dette opgøres i L/s/m.

2 Resumé

På digestrækningen ved Strandvænget er konsekvenserne ved en fremskudt placering blevet vurderet. Den nødvendige kronekote af det fremskudte dige, er blevet undersøgt på baggrund af bølgeoverskylsberegninger med et accepteret maksimalt bølgeoverskyl på 5 l/s/m. Med en dimensionerende stormflodsvandstand i kote +2,0 m DVR90 er den nødvendige kronekote af det fremskudte dige bestemt til kote +2,3 m DVR90. Det er vurderet at en forsidehældning på 1:3 er tilstrækkelig i den fremskudte placering, da de foranliggende naturlige strandvolde dæmper bølgepåvirkningen på diget betydeligt.

Ved den fremskudte placering er den eksisterende terrænkote ca. 30 cm højere end terrænkoten anvendt i dispositionsforslaget. De nødvendige mængder er derfor anslået 5-10% mindre i den fremskudte placering, også når der tages højde for, at der kræves etablering af ekstra tværdiger for at lægge diget ud i den fremskudte placering. Der vurderes derfor ikke at være nogen negativ økonomisk konsekvens ved at lægge diget i den fremskudte placering ved Strandvænget.

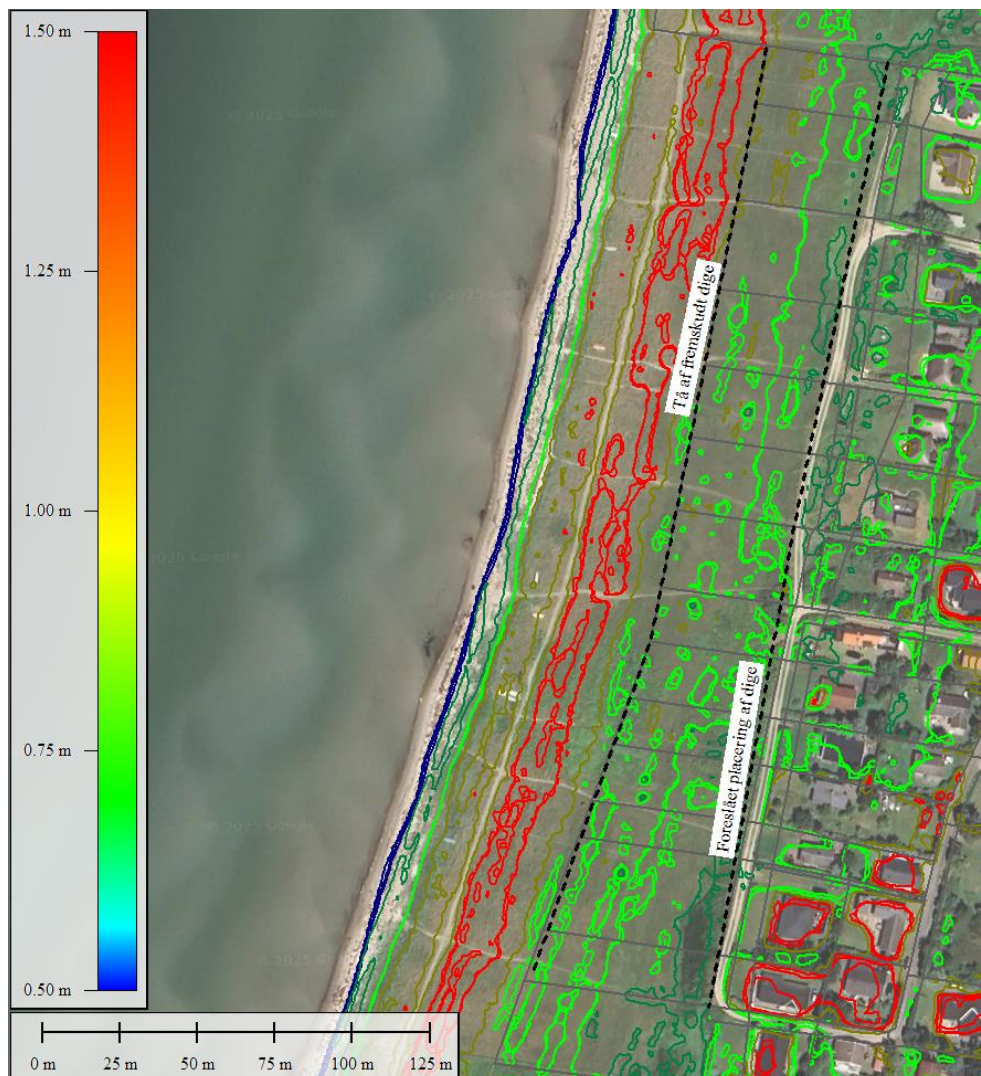
Mellem sommerhusområdet og kysten forekommer naturtypen strandeng, der strækker sig langs hele sommerhusområdet fra nord til syd. Strandenge er som naturtype beskyttet mod tilstandsændringer jf. naturbeskyttelseslovens §3. I det konkrete tilfælde kræver etablering af et dige en tilladelse jf. Kystbeskyttelseslovens §3, der erstatter dispensationen fra naturbeskyttelseslovens §3, da man skal tage stilling til de samme forhold i ansøgningen.

Fremrykning af diget medfører, at der direkte påvirkes ca. 3.400 m² strandeng. Til sammenligning påvirker det oprindelige digeforslag på denne strækning ca. 2.800 m² strandeng. Alt efter udformning og materialevalg til diget, vil der på sigt kunne indfinde sig arter på diget, der er karakteristiske for strandoverdrev, da arealet fortsat vil være saltvandspåvirket gennem især luften. Den direkte påvirkning af strandengen ved etablering af et dige vil derfor især finde sted i anlægsfasen og være midlertidig og delvis reversibel.

Alt i alt vurderes det fremskudte dige at medføre en større påvirkning af naturforhold end det oprindelige digeforslag på strækningen. Dette gælder både den direkte inddragelse af flere m² til etablering af diget og den indirekte påvirkning ved ændring af naturtypen bagved diget.

3 Placering af dige

Placeringen af tidligere foreslået dige og tåen af fremskudt dige er vist på Figur 3-1, inklusiv højdekurver fra Danmarks Højdemodel.



Figur 3-1 Placering af fremskudt dige, samt tidligere foreslået dige. Inkl. matrikelkort og højdekurver fra Danmarks Højdemodel. Grå linjer indikerer matrikelgrænsen.

Det ses at ved begge placeringer holder diget sig bag eksisterende strandvolde, der har en topkote i ca. +1,5 m DVR90.

4 Hydrografiske forhold

Kystmorfologiske og geotekniske forhold er dybdegående beskrevet i tidligere dispositionsforslag (COWI A/S, 2020) og vil derfor ikke blive beskrevet i dette notat. Derudover er vind- og vandstandsforhold også beskrevet i (COWI A/S, 2020). En opsummering af disse er givet i Tabel 4-1. Der vælges retninger fra 300 °N, siden denne retning har den største fritstræk, og dermed mest udsat for bølger. Værdierne er udelukkende målinger fra Omø fyr. Værdierne baserer sig derfor ikke på nogen returperiode, men på den maksimalt målte vindhastighed fra retningen 300°N.

Tabel 4-1 Opsummering af hydrografiske forhold fra (COWI A/S, 2020).

Vindretning [°N]	Vindhastighed [m/s]	Vandstand [m DVR90]
300	23,7	2,0

4.1 Bølger

Som nævnt ligger det fremskudte dige placeret bag de eksisterende strandvolde med topkote i +1,5 m DVR90. Det forventes derfor, at bølgerne vil være dydbegrensede. Den dydbegrensede bølgehøjde, $H_{m0,dybde}$, antages at kunne bestemmes ud fra følgende forhold.

$$\frac{H_{m0,dybde}}{D} = 0,56 \cdot e^{3,5 \cdot (\frac{1}{m})}$$

Hvor D er den lokale vanddybde og $m = \cot(\alpha)$ hvor α er bundhældningen. Base-ret på søkort ved området vurderes hældningen af havbunden lokalt at være 1:30, $m = 30$.

Den lokale vanddybde bestemmes til 0,5 meter, bestemt ud fra dimensionsgivende vandstand på +2,0 m DVR90, se Tabel 4-1, samt lokalt terrænniveau på +1,5 m DVR90, se Figur 3-1.

Dette giver en samlet maksimal bølgehøjde på 0,31 m.

4.2 Bølgeperiode

Bølgeperioden vurderes ud fra en simpel fritstræksberegning. Kobæk strand er relativt godt beskyttet af Agersø, hvorfor bølgerne forventes primært at komme fra vindretning $\sim 300^\circ$ degN, hvor bølgerne har et fritstræk på ca. 40 km. Da der ikke er foretaget nogen ekstremværdianalyse af vindhastighederne, anvendes en vindhastighed på 25 m/s (sat lidt højere end den højest målte vist i Tabel 4-1, for at øge konservatisme i estimatet), med en stormperiode på 3 timer og en vanddybde på 20 meter. Dette giver en bølgeperiode på 7,4 s.

5 Bestemmelse af digehøjde

5.1 Bølgeoverskyl

Bølgeoverskyllet kan beregnes i henhold til. EurOtop manualen, ref. (van der Meer, et al., 2018), se ligning herunder.

$$\frac{q}{\sqrt{g \cdot H_{m0}^3}} = 0.1035 \cdot \exp\left(-\left(1.35 \frac{R_c}{H_{m0} \cdot \gamma_f \cdot \gamma_\beta \cdot \gamma^*}\right)^{1.3}\right), \quad \text{hvis } \xi_{m-1,0} < 7 \text{ og } s_{m-1,0} < 0.01$$

Hvor:

- > q Gennemsnitligt overskyl (l/m/s)
- > H_{m0} Designbølgehøjden (m)
- > R_c Frihøjden ved designvandstanden (m)
- > γ_f Ruhedsfaktor, $\gamma_f = 1,15H_{m0}^{0.5}$
- > γ_β Bølgeindfaldsvinkelsfaktor: $\gamma_\beta = 1 - 0,0063|\theta|$ for $\theta \leq 80^\circ$
- > θ Bølgeindfaldsvinkel (0 for bølger vinkelret på kysten).
- > γ^* Faktor for indflydelse af lodret væg ($\gamma^* = 1$)
- > $\xi_{m-1,0}$ Bølgebrydningsparameter, $= \frac{1}{\cot(\alpha)} \cdot \frac{1}{\sqrt{H_{m0}/L_{m-1,0}}}$
- > α Hældning af forside af dige, $\cot(\alpha) = 3$
- > $L_{m-1,0}$ Bølgelængde, $= \frac{g \cdot T_{m-1,0}^2}{2 \cdot \pi}, g = 9,82 \frac{m}{s^2}$
- > $T_{m-1,0}$ Spektrale bølgeperiode, $= \frac{T_p}{1.1}$
- > T_p Peak bølgeperiode, angivet i afsnit 4.2
- > $s_{m-1,0}$ Spektral bølgestejlhed, $= \frac{H_{m0}}{L_{m-1,0}}$

5.2 Designkrav

I EurOtop manualen (van der Meer, et al., 2018), anbefales for diger med tæt-bevokset og velholdt græstæppe, at holde et maksimalt overskyl på 5 l/s/m. Dette anbefales for at minimere skader ved eventuelle bølgeoverskyl.

Dette indebærer ligeledes at digets begroning er velholdt og vedligeholdet, da en dårligere vedligeholdelse (f.eks. huller i græsset, blotlagt jord/kernelag), vil medføre at diget tager skade af bølgeoverskyl ved langt mindre end 5 l/s/m.

Vedligeholdelse af diget er yderligere beskrevet i dispositionsforslaget (COWI A/S, 2020).

5.3 Beregning af bølgeoverskyl

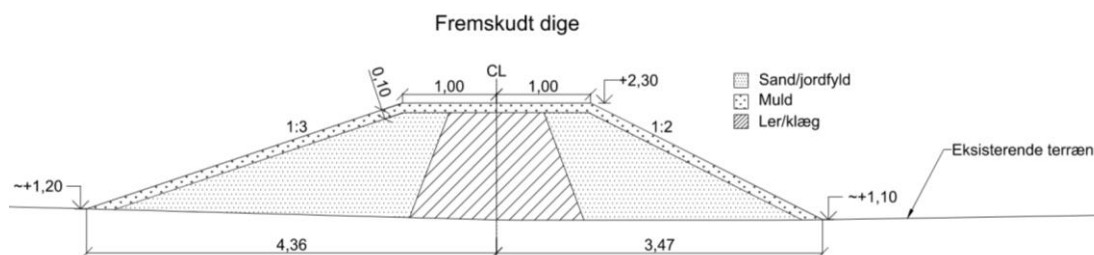
Bølgeoverskyllet er beregnet i Tabel 5-1. Der regnes med en bølgeindfaldsvinkel på 1, hvilket svarer til at bølgerne rammer vinkelret på diget.

Tabel 5-1 Beregning af bølgeoverskyl, jf. (van der Meer, et al., 2018).

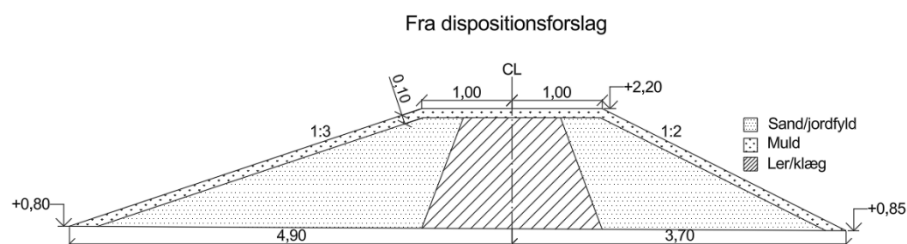
Parameter	Enhed	Værdi
Bølgehøjde, H_{m0}	m	0,31
Bølgeperiode, T_p	s	7,4
Kronekote	m DVR90	2,3
Forsidehældning, $\cot(\alpha)$	-	3
Dim. vandstand	m DVR90	2,0
Fribord, R_c	m	0,3
Spektral bølgeperiode, $T_{m-1,0}$	s	6,7
Bølgelængde, $L_{m-1,0}$	m	70,1
Bøgebrydningsparameter, $\xi_{m-1,0}$	-	5,03
Spektral bølgestejlhed, $s_{m-1,0}$	-	0,004
Ruhedsfaktor, γ_f	-	0,64
Indfaldsvinkel, θ	°	0
Faktor for indfaldsvinkel, γ_β	-	1
Faktor for lodret væg, γ^*	-	1
Maksimal tilladelig overskyl	l/s/m	5,0
Gennemsnitlig overskyl, q	l/s/m	4,5

5.4 Dige højde og tværsnit

Tabel 5-1 viser at diget skal have en kronekote på **+2,3 m DVR90**, for at opnå et maksimal overskyl på under 5 l/s/m. Tværsnittet af det fremskudte dige er vist på Figur 5-1 med den beregnede kronekote, mens tværsnit fra dispositionsforslag er vist på Figur 5-2. Det er vurderet på nuværende grundlag, at der på den fremrykkede placering kan anvendes samme hældning på digets forside med anlæg 1:3, som er anvendt i dispositionsforslaget, da diget i den fremrykkede position stadig ligger bag de naturlige brede strandvolde med topkote i ca. +1,5 m, som vurderes at dæmpe den mulige bølgepåvirkning i tilstrækkelig grad til at en fladere hældning på f.eks. 1:5 ikke er nødvendig.



Figur 5-1 Tværsnit af dige, ved tilfælde af fremskudt placering.



Figur 5-2 Tværsnit af dige fra dispositionsforslag, (COWI A/S, 2020).

Terrænet er ca. 30 cm højere ved den fremskudte placering end ved dispositionsforslagets placering. Dermed bliver digets fodaftryk ca. 0,6 m smallere ved den fremrykkede position i forhold til dispositionsforslaget. Ved at fremrykke diget vil der dog være behov for ekstra tværdiger med en længde på anslået 80 m. Tabel 5-2 viser estimerede ændringer i mængder af materialer ved anlæg af dige i den fremskudte placering. Der skal gøres opmærksom på, at den viste opgørelse udelukkende bygger på de to viste tværsnit for hhv. dispositionsforslag og fremskudt dige, der repræsenterer forholdene midt på digestrækningen. Estimateret tager således ikke højde for terrænvariationerne langs de to linjeføringer med dertilhørende usikkerhed. Det vurderes dog på baggrund af de estimerede ændringer i materialeforbrug, at den fremskudte placering af diget ikke vil have en negativ effekt på anlægsøkonomien i forhold til den oprindelige placering i dispositionsforslaget.

Tabel 5-2 Ændring af mængder af materialer for dige, fra dispositionsforslag til dige for fremskudt placering. Positiv ændring betyder at mængden stiger ved et fremskudt dige mens negativ ændring betyder at mængden falder

Materiale	Ændring [%]
Sand/Jordfyld	-13
Muld	2
Ler/klæg	-8

6 Vurdering af naturforhold og afgrænsning af den saltvandspåvirkede natur

6.1 Lovgivning

Mellem sommerhusområdet og kysten forekommer naturtypen strandeng, der strækker sig langs hele sommerhusområdet fra nord til syd. Strandenge er som naturtype beskyttet mod tilstandsændringer jf. naturbeskyttelseslovens §3¹. Tilstandsændringer kan omfatte ændringer i hydrologi, terræn, lysforhold og jordbundens kemiske sammensætning mm. Etablering af et dige kræver en tilladelse jf. Kystbeskyttelseslovens² §3 og denne tilladelse erstatter dispensationen fra naturbeskyttelseslovens §3, da man skal tage stilling til de samme forhold i ansøgningen.

6.2 Baggrund

Strandenge er defineret som lavtliggende og saltvandspåvirkede arealer, der primært findes langs beskyttede havkyster. Naturtypens karakteristiske plantearter er salttolerante, og arternes tilstedeværelse på et areal afspejler en vis saltpåvirkning i form af jævnlige oversvømmelser med havvand³, luftbåren salt og i nogle tilfælde saltholdigt grundvand. Karakteristiske arter for strandeng omfatter bl.a. strand-annelgræs, kveller, strandasters, vingefrøet hindeknæ, strand-trehage, strand-vejbred, harril, sandkryb, strandkogleaks, engelskgræs, slangetunge mfl.

Strandengsflader brydes visse steder af skiftevisse lavninger med fugtig-våd bund (kaldet dopper) og strandvolde med tør bund (kaldet rimmer). Højdeforskellen mellem rimme og doppe er ofte kun nogle få cm, men vegetationen i de to typer er ofte meget forskelligartet og afspejler forskellen i fugtighed. Længere inde på land går strandengen ofte over i strandoverdrev, der typisk starter, hvor højvandslinjen om vinteren går til, men hvor vegetationen stadig er påvirket af især luftbåret salt (forstøvede dråber fra bølgesprøjt og havgus).

¹ Bemærk dog undtagelsen som beskrevet i vejledningen til naturbeskyttelseslovens § 3 *“For heder, strandenge og strandsumpe samt ferske enge og biologiske overdrev, der den 1. juli 1992 var beliggende i byzone eller sommerhusområde, gælder beskyttelsesordningen efter naturbeskyttelseslovens § 3, stk. 2, kun for tilstandsændringer til landbrugsformål, jf. § 1 i naturtypebekendtgørelsen. For heder, strandenge og strandsumpe samt ferske enge og biologiske overdrev beliggende i byzone eller sommerhusområde, som er vokset ind i beskyttelsen efter 1992, gælder beskyttelsen fuldt ud”*

² LBK nr. 245 af 28/02/2025

³ I henhold til Valdemar Mikkelsen bog om danske naturtyper fra 1980, er den øvre grænse for strandengen fastsat, hvor vegetationen i gennemsnit kun overskylles af saltvand en gang om året (ved vinterhøjvande).

Strandoverdrevet kan derefter gå over i fersk overdrev, hvor der ikke længere er en saltpåvirkning.

6.3 Metode

Der er den 19. juni 2025 gennemført en kortlægning af strandengens flora og overordnede zoner. Der er samtidig foretaget en detailkortlægning af hvortil på strandengen, saltpåvirkningen er tydelig, defineret ud fra forekomsten af salttolerante planter. På Kobæk strand, er denne grænse primært fastsat ud fra forekomsten af engelskgræs (på de tørre dele af strandengen) og strandkogleaks (i de fugtige dele af strandengen). Dette illustreres som "saltpåvirkningsgrænse" på Figur 3.



Figur 3 Strandengen ved Kobæk Strand består af skiftevis lavninger (dopper) og strandvolde (rimmer) og ses som nord-sydgående lyse og mørke "striber" på figuren.

6.4 Eksisterende forhold

Der er en tydelig zonerings af vegetationen mellem kysten og sommerhusområdet, der mod vest (tættest på kysten) afgrænses af nedre og øvre tanglinje⁴ i forlængelse af sandstranden (Figur 4). Her vokser arter som strand-mælde, strand-bede, strand-arve, marehalm, alm. kvik og sand-hjælme. Derefter kommer grå-grøn klit, hvor sand-hjælme dominerer vegetationen (Figur 5). Derudover vokser bl.a. bidende stenurt, sand-star, sand-kryb, sandskæg, vild gulerod, rød svingel, hare-kløver, gul snerre og mark-bynke.



Figur 4 Tanglinjen i den yderste del af strandengen. Billedet er taget mod nord.

⁴ En vegetation præget af en høj grad af forstyrrelse og mange næringsstoffer



Figur 5 Grågrøn klit, der domineres af sandhjælme. Billedet er taget mod nord.

Efter den grå-grønne klit er det bølgede ribbe-dobbe landskab meget fremtrædende og kan ses som nord-sydgående mørke og lyse "striber" på Figur 3. I lavningerne vokser fugtigbundsarter, der er typiske for strandsump eller strandeng. Dette omfatter bl.a. arter som strand-kogleaks, rødbrun kogleaks, tagrør, harril, syltstar og kær-svinemælk. På voldene vokser en tørbundsvegetation, der er karakteristisk for strandoverdrev. Her findes bl.a. arter som engelskgræs, smalbladet kællingetand, gul snerre, blå-munke, sandstar, blågrøn svingel, fåre-svingel, vingefrøet hindeknæ og vellugtende gulaks (Figur 6). Mod øst - op mod sommerhusene er strandoverdrevet mest fremtrædende, dog findes der også her lavninger med bl.a. strandkogleaks.



Figur 6 Strandeng og strandoverdrev i ribbe-dobbe struktur. Billedet er taget mod syd.

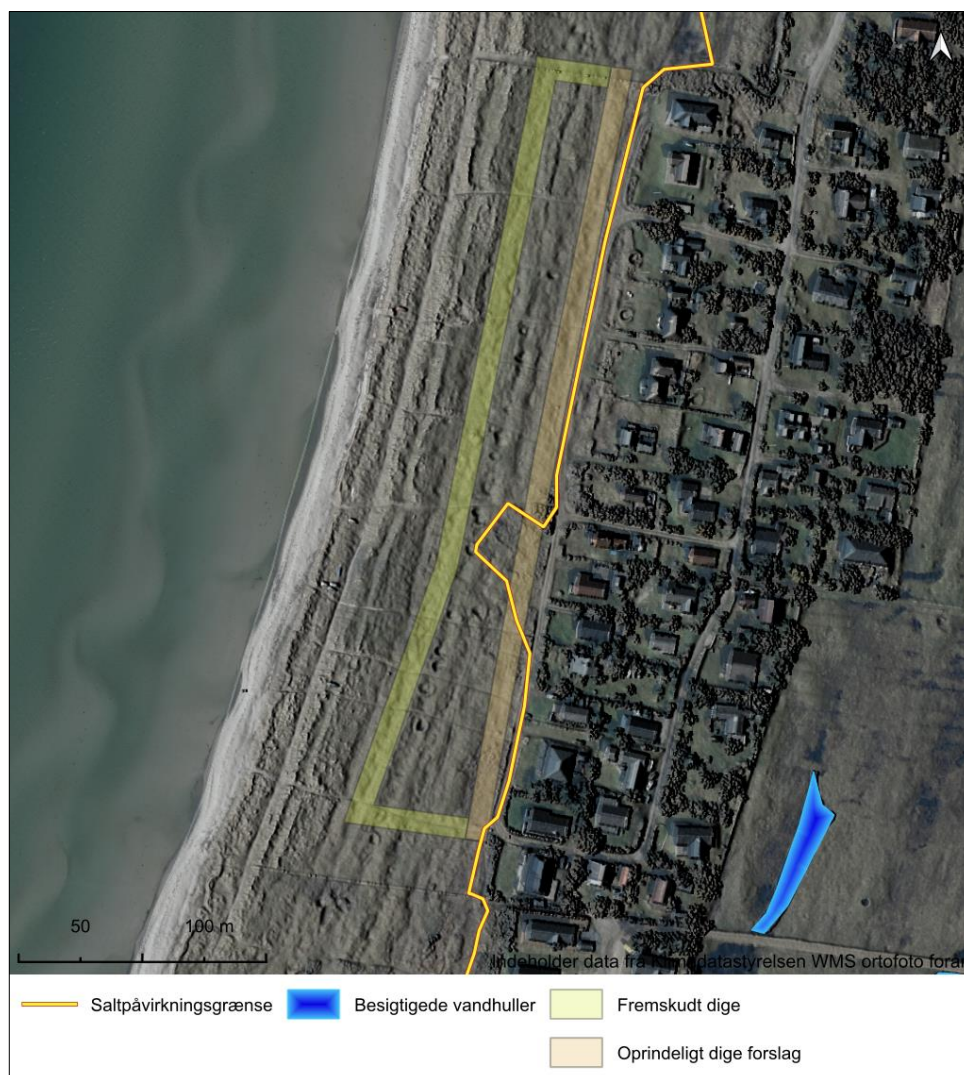
Saltpåvirkningsgrænsen følger i store træk den østlige grænse af strandengen, dog undtaget et mindre område, hvor der ikke blev registreret saltvandstolerante arter. Områder på strandengen øst for saltpåvirkningsgrænsen er stadigvæk beskyttet jf. naturbeskyttelseslovens § 3 men har mere karakter af fersk overdrev end af strandeng.

Flere steder på strandengen findes den invasive art rynket rose, som bekæmpes, for at den ikke skal brede sig og fortrænge de hjemmehørende karakteristiske strandengsarter.

6.5 Vurdering af påvirkninger

Det fremskudte dige og det oprindelige digeforslag har omtrentligt samme bredde. Digernes forløb fremgår af Figur 7.

Fremrykning af diget medfører, at der direkte påvirkes ca. 3.400 m² strandeng. Til sammenligning påvirker det oprindelige digeforslag på denne strækning ca. 2.800 m² strandeng. Alt efter udformning og materialevalg til diget, vil der på sigt kunne indfinde sig arter på diget, der er karakteristiske for strandoverdrev, da arealet fortsat vil være saltvandspåvirket gennem især luften. Den direkte påvirkning af strandengen ved etablering af et dige vil derfor især finde sted i anlægsfasen og være midlertidig og delvis reversibel.



Figur 7 Forløb og bredde på det fremskudte dige og det oprindelige digeforslag er illustreret på figuren for den relevante strækning.

Fremskydning af diget kan medføre en indirekte påvirkning af stranden bagved diget, dvs. arealet mellem sommerhusene og digets østlige fod. Den indirekte påvirkning består i, at saltpåvirkningen i form af oversvømmelser ophører og at saltpåvirkningen fra luften nedsættes betragteligt. Dette kan på sigt ændre naturtypen fra strandoverdrev og strandeng til fersk overdrev og eng og dermed artssammensætningen på arealet. Det vurderes, at op til 9.700 m² saltvandspåvirket strandeng potentielt kan ændres til mere ferske naturtyper. De 9.700 m² udgør arealet mellem saltpåvirkningsgrænsen og den indre fod af det fremskudte dige.

Alt i alt vurderes det fremskudte dige at medføre en større påvirkning af naturforhold end det oprindelige digeforslag på strækningen. Dette gælder både den direkte inddragelse af flere m² til etablering af diget og den indirekte påvirkning ved ændring af naturtypen bagved diget.

7 Referencer

COWI A/S, 2020. *Højvandssikring af Kobæk Strand*, Lyngby: COWI.
van der Meer, J. W. et al., 2018. *EurOtop: Manual on wave overtopping of sea defences and related structures*. s.l.:s.n.