



A1 Consult A/S
Stieg Larssons Alle 11
8920 Randers NV

Tel 8641 8410
E-mail info@a1consult.dk
Web www.a1consult.dk
CVR 30495918

Norddjurs Kommune Fjellerup Strand

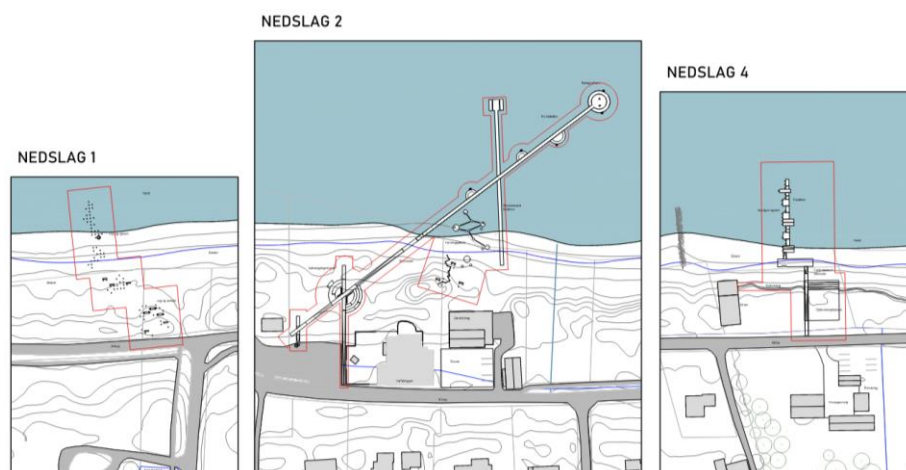
Konkretisering af arkitektprojekt

Dato 2025.06.25
Udarb. NKR
KS ES/PM

Projektnr. 25.026

1. Indledning

Norddjurs Kommune arbejder på etablering af rekreative muligheder ved Fjellerup Strand. I denne forbindelse har tegnestuen LABLAND samlet ønsker og tanker for projektet i tre udvalgte nedslag i området, se Figur 1. De tre nedslag er navngivet "Ved pælene", "Ved promenaden" og "Ved tæppet" for hhv. nedslag 1, 2 og 4.



Figur 1 - Oversigt over de 3 nedslag som behandles i nærværende notat

A1 Consult er blevet kontaktet af Norddjurs Kommune for at konkretisere skitseprojektet udarbejdet af LABLAND. Konkretiseringen fokuserer på tre hovedelementer:

- Statisk vurdering af de skitserede konstruktioner, med fokus på kapacitet og geometri

- Vurdering af materialevalg for konstruktionerne og fordele/ulemper, herunder levetider og vedligehold, ved de foreslåede materialer og relevante alternativer
- Overordnet vurdering af hovedelementernes anlægsøkonomi i det af LABLAND udarbejdede anlægsoverslag

Indeværende notat er derved ikke at se som et skitseprojekt, men en ingeniørmæssig konkretisering af det skitserede arkitektprojekt, med fokus på materialevalg og anlægsøkonomi. Såfremt det besluttet at gå videre med projektet, bør et egentligt skitseprojekt udarbejdes til brug i den videre proces herunder anlægsbevilling og myndighedsarbejde.

1.	Indledning.....	1
2.	Projektforudsætninger	4
2.1.	Levetid.....	4
2.2.	Laster	4
2.3.	Belægningskote.....	5
2.4.	Design vanddybder	5
2.5.	Trafikbelastning	5
2.6.	Geometri og udformning.....	5
2.7.	Geotekniske forhold	7
2.7.1.	Geotekniske parametre til dimensionering	7
2.8.	Strømforhold	7
2.9.	Kystudvikling	7
2.10.	Vandstand	8
2.11.	Pejlinger.....	9
2.12.	Nivellement	10
2.13.	Vindforhold	10
2.14.	Bølgeforhold	10
2.15.	Korrosion	11
2.16.	Eksisterende konstruktioner.....	11
3.	Konstruktionsbeskrivelse og materialevalg	17
3.1.	Bundgarnspæle	17
3.2.	Solnedgangsmøbel	18
3.3.	Fast badebro (X-bro)	18
3.4.	Flydebro.....	19
3.5.	Trædæk	20
4.	Statisk vurdering.....	21
4.1.	Nedslag 1 – Ved pælene.....	21
4.2.	Nedslag 2 – Ved promenaden	21
4.3.	Nedslag 4 – Ved tæppet	21
5.	Overordnet vurdering af anlægsøkonomi	22
5.1.	Nedslag 1 – Ved pælene.....	22
5.2.	Nedslag 2 – Ved promenaden	22
5.3.	Nedslag 4 – Ved tæppet	22
5.4.	Total	22

Bilag

Bilag 1

Arkitekttegninger, LABLAND

2. Projektforudsætninger

Til udførelse af den statiske vurdering og beskrivelse af levetid, vedligehold, anlægsøkonomi mv. for de foreslåede konstruktionsvalg, oplistes de for projektet relevante projektforudsætninger i indeværende afsnit. Den efterfølgende vurdering vil tage udgangspunkt i disse forudsætninger.

Materialevalg tager udgangspunkt i det af LABLAND udarbejdede totalentrepriseudbud. Dog er der, hvor det i denne indledende fase vurderes relevant, ændret materiale til tilsvarende anbefalet materiale. Eksempler herpå er den bærende konstruktion for badebroen som antages værende stål frem for aluminium.

2.1. Levetid

Der anvendes følgende levetider:

Tabel 1 - Levetid

Konstruktioner	Levetid [år]
Betonkonstruktioner	50 (2075)
Stålkonstruktioner	50 * (2075)
Trækonstruktioner	20 ** (2045)

* Det antages, at der ikke monteres anoder på stålpæle.

** Ved brug af tropisk hårdtræsart

I afsnit 3 redegøres der for alternative materialevalg med tilhørende levetider o.lign.

2.2. Laster

Der anvendes følgende nyttelaster:

Tabel 2 - Nyttelaster

Promenader på land	$5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$, 4 kN *
Broer (q, Q)	$2,5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$, 2,5 kN **

* Kategori B-C1 fælles adgangsveje - DS/EN 1991-1-1 DK NA:2013

** Jævn fordelt trafiklast - DS/EN 1991-2 DK NA:2017

Der anvendes følgende naturlaster:

Tabel 3 – Naturlaster fra is

Pæle diameter*	Ø355,6	Ø406,4	Ø508
Istykkelse	0,57 m **		
Pæle, Naturlast fra is (tværbelastning pr. pæl)	330 kN	353 kN	395 kN
Broer, Naturlast fra is (lodret løft)	116 kN	119 kN	126 kN
Reduceret istykkelse	0,4 m		
Pæle, Naturlast fra is (tværbelastning pr. pæl)	224 kN	239 kN	267 kN
Broer, Naturlast fra is (lodret løft)	62 kN	64 kN	68 kN

* Endelige dimensioner findes i detailprojektet

** Tillæg DK:2015 Islast

Det kan med fordel overvejes at regne med en reduceret karakteristisk istykkelse. Der skal iht. normen regnes med 57 cm istykkelse. Ved at reducere denne til 40 cm, kan den horisontale last reduceres til ca. 70%, og den lodrette last til ca. 50%. Som følge af global opvarmning er der i de senere år observeret stadig færre dage med havis og med mindre istykkelser. Derfor vurderes det hensigtsmæssigt at reducere den normsatte

istykkelse. I senere faser bør dette undersøges nærmere med udgangspunkt i udviklingen i bl.a. antallet af frostdøgn.

Tabel 4 – Naturlaster fra bølger

Pæle diameter*	Ø250**	Ø355,6	Ø406,4	Ø508
Pæle, Naturlast fra bølger	19 kN	105 kN	111 kN	126 kN
Brodæk, Naturlast fra bølger på brodækket	-	$6,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$6,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$	$6,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

* Endelige dimensioner findes i detailprojektet

** Træpæle med vanddybde på 0,3 m (bundgarnspæle). Pælene kan ikke eftervises for is

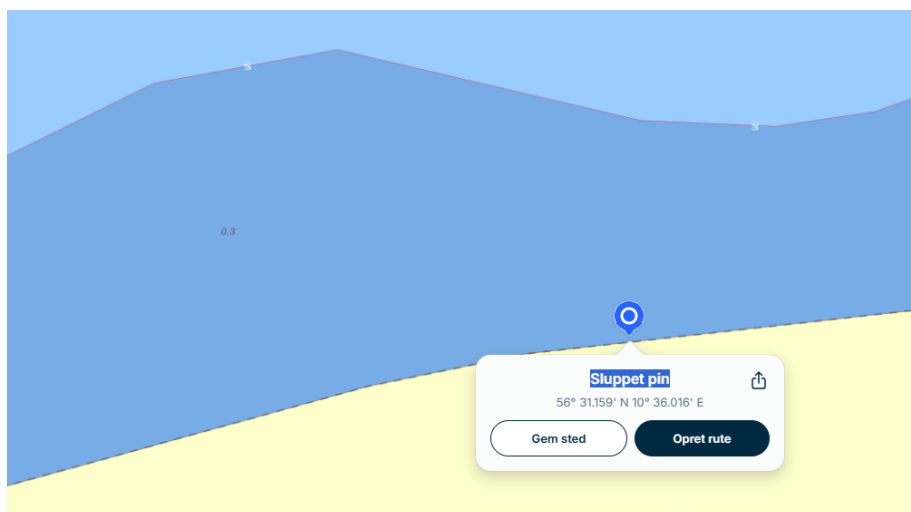
2.3. Belægningskote

For belægningskoter se vedlagte Bilag 1 – Arkitekttegninger samt afsnit 2.6.

2.4. Design vanddybder

Tabel 5 - Vanddybder

Delområde:	Vanddybde [m DVR90]
Nedslag 1, Ved pælene	-0,3
Nedslag 2, Ved promenaden	-2,0
Nedslag 4, Ved tæppet	-2,0



Figur 2 - Udskud af søkort ved Fjellerup Strand

Ved dimensionering af bropæle, antages en overdybde på 0,5m jf. EC7.

2.5. Trafikbelastning

Promenaderne udføres med betondæk, men ikke ift. en generel trafikbelastning.

2.6. Geometri og udformning

Relevante udtræk vedr. geometri, udformning og materialer af de tre nedslag er udtrukket fra det tilsendte projektmateriale.

Tabel 6 – Geometri og materialevalg ift. arkitektforslag

Nedslag 1 – Ved pælene	
Bundgarbspæle ved pælene koter	Pæle: Højde over terræn: var. (0,5 á 2 m)
Bundgarbspæle ved pælene	Pæle: Greenheart Ø200-250 mm Stubbe: Greenheart, Ø200-250 mm Reb: Taifuntov Balancebom: Greenheart, Ø120 mm Hængekøje: Net, fx af taifuntov og tværpind i træ, 2200 x1000 mm (l x b) Inventar: Betonplint, 2000x500x450 mm (l x b x h)
Nedslag 2 – Ved promenaden	
Promenade koter	Var. tilpasset terræn
Solnedgangsmøbler koter	Var., -0,4 á +0,95 m ift. afsætningspunkt
Badebro koter	+1,5 m*
Vandlegeplads koter	Var.
Bundgarbspæle ved promenade koter	Pæle: Højde over terræn: var. (0,5 á 2 m)
Promenader	Stier: Beton (glat og kostet), b=1500 mm
Solnedgangsmøbler	Trin: Beton Ryglæn: Beton, h=350 mm Dæk: Tropisk træ, eks. Azobé, 43x21 mm (b x h)
Badebro	Pæle: Stålpæle Brooverbygning: Stålprofiler Brodek: Azobé, b=2 m**
Vandlegeplads	Cirkelplatforme: Beton, var. diameter Balancebom: Azobé: 200x200 mm (b x h) Inventar: Rustfrit stål, Vandspiral, vandpumpe og vandbord
Bundgarbspæle ved promenade	Pæle: Greenheart, Ø200-250 mm Stubbe: Greenheart, Ø200-250 mm Reb: Taifuntov Balancebom: Greenheart, Ø120 mm
Nedslag 4 – Ved tæppet	
Oplevelsespladsen koter	Var. tilpasset terræn
Flydebro	Pæle: Stålpæle Flydebro: Tunge flydebroer i beton Plateau: Beton, 16000x3500 mm (l x b) Sti: Beton (glat), b=1500 mm Støttemur: Beton
Oplevelsespladsen	Terrasse og opholdstrin: Beton (glat), 18000x14000 mm (l x b) Dæk til opholdstrin: Azobé 43x21 mm (b x h) Sti: Beton (glat), b=1500 mm Inventar: Betonplint, 2000x500x450 mm (l x b x h)

* Skal verificeres

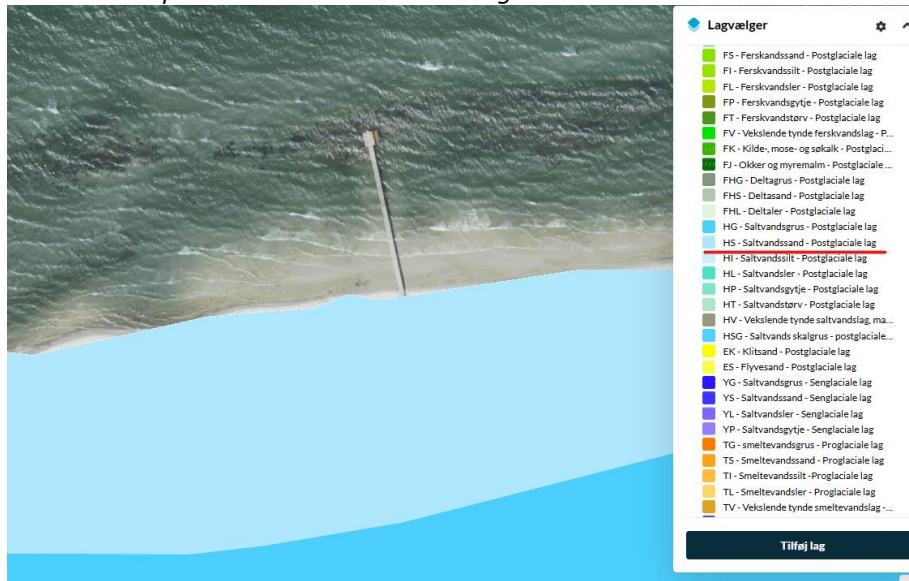
** 1,5 m i arkitektprojekt

Tabel 7 – Aptering, Badebro

Aptering	Kommentar
Kantliste	Azobé
Badetrappe	5 stk. galv. ståltrapper med gelænder i begge sider
Adgangsrampe fra betonplateau	Rampe i galv. stål
Flydebro	Pile guides

2.7. Geotekniske forhold

2.7.1. Geotekniske parametre til dimensionering



Figur 3 - Udklip fra Arealinformation

Det geotekniske designprofil og de geotekniske parametre er vurderede og estimeret iht. oplysninger fra den Nationale boringsdatabase (Jupiter) samt Jordartskortet. De geotekniske forhold skal undersøges nærmere ifm. et senere detailprojekt.

Tabel 8 – Vurderede karakteristiske styrkeparametre samt rumvægte

Jordart	Rumvægt	Styrkeparametre		
		γ/γ' kN/m ³	c_u, k kPa	$c'k$ kPa
Sand, Ma, Pg	17/10	-	-	32
Sand	18/10	-	-	37

Følgende jordprofil anvendes til skitsedimensioneringen af pæle:

Geoteknisk profil:

Kote	Jordart
+0,0 á -2,0	Sand, Pg (Strandsand)
-9,0	Sand, Gc

Der regnes konservativt kun med sand, hvilket resulterer i ringe trækkapacitet for pælene. Hvis der ved de geotekniske undersøgelser påvises bedre jordbundsforhold med kohæsive aflejringer, kan pælernes design forventeligt optimeres.

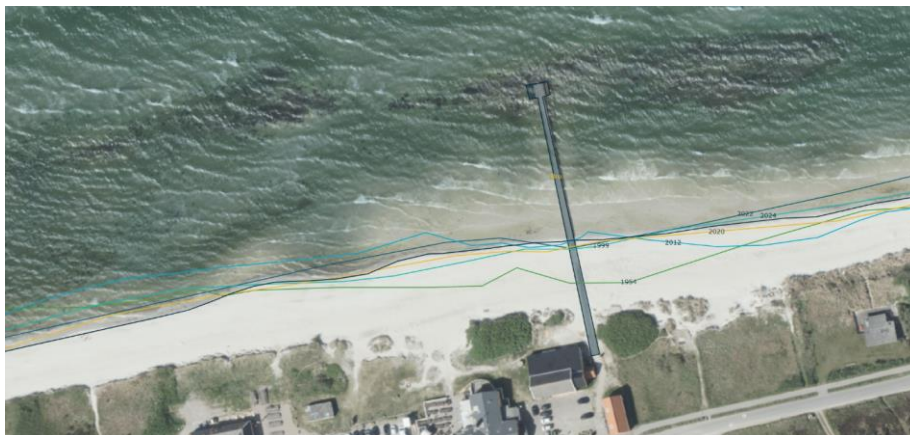
2.8. Strømforhold

Strømforholdene vurderes ikke relevante.

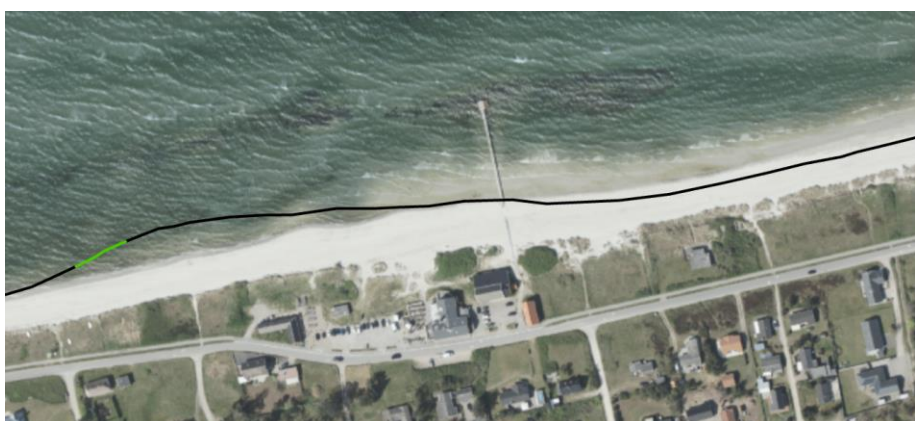
2.9. Kystudvikling

Som det også fremgår af afsnit 2.11, er projektområdet et lavvandet strandområde med udbredt sandbund og revler. Ved gennemgang af luftfoto (1954, 1999, 2012, 2020, 2022 og 2024), ses at kystlinje har oplevet

både frem- og tilbagerykning (Figur 4). Overordnet vurderes det dog at kystlinje er nogenlunde stationær, dette understøttes ligeledes af kystatlas som viser lille kronisk erosion (Figur 5).



Figur 4 – Kystlinjeudvikling



Figur 5 - Kystatlas, kronisk erosion

2.10. Vandstand

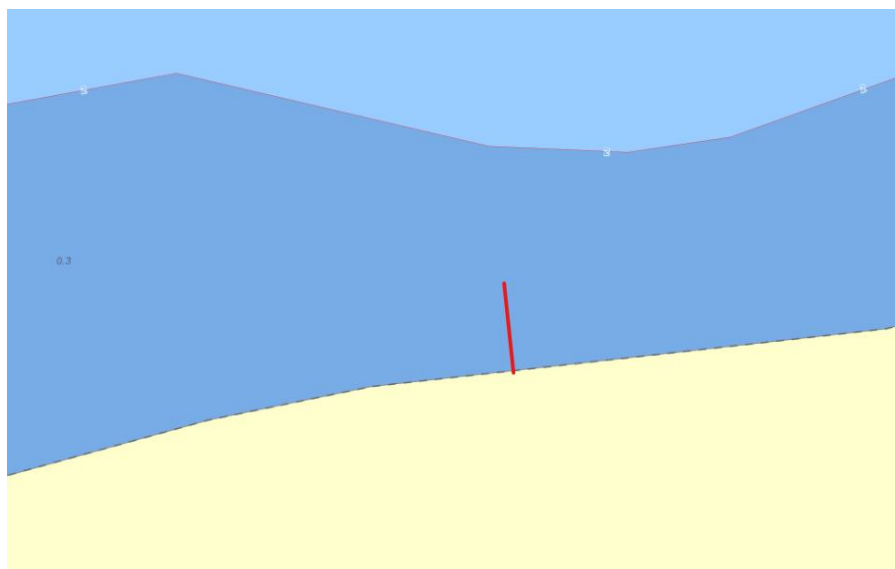
Der skal benyttes en returperiode for vandstand på 50 år. Der er hentet værdier for Grenå Havn fra Kystdirektoratets højvandsstatistikker fra 2024. Den danske havnelods for Bønnerup Havn giver værdier for forskel mellem middelhøjvande og middellavvande på 0,5 m, der ligger øst for området.

Tabel 9 - Vandstand

Returperioder	År 2025 [m DVR90]	År 2071-2100 [SSP _{2-4,5}] [m DVR90]
Lav vandstand (S-lig vinde jf. Den Danske Havnelods)	-1,0	
Middel vandstand (Nedre 10%-fraktil til øvre 90%-fraktil)	+0,1	+0,36 +0,12 til +0,67
Høj vandstand (N-lig vinde jf. Den Danske Havnelods)	+1,0	
Høj vandstand, 1 års Returperiode (Nedre 10%-fraktil til øvre 90%-fraktil)	+1,2	+1,46 +1,22 til +1,77
Høj vandstand, 20 års returperiode (Nedre 10%-fraktil til øvre 90%-fraktil)	+1,68	+1,94 +1,7 til +2,25
Høj vandstand, 50 års returperiode (Nedre 10%-fraktil til øvre 90%-fraktil)	+1,79	+2,05 +1,81 til +2,36

2.11. Pejlinger

Der er ikke udført pejlinger i projektområdet. Området er et lavvandet strandområde med udbredt sandbund og revler. Vanddybderne vurderes at være dynamiske og varierer i takt med at strandens revler flyttes. Vanddybden forventes at være mellem 0,3 m og 2,0 m jf. søkort, se også Figur 6.



Figur 6 - Udklip af søkort ved Fjellerup Strand. Ca. placering af eksisterende badebro markeret med rød.

Ifm. besigtigelse den 11. juni 2025 blev vanddybden langs badebroen målt ved håndpejlinger. Korrigeret for højvandet på dagen var bundkoten ved broens yderste punkt ca. -0,7 m DVR90, og næsten konstant omkring -0,6 m DVR90 langs den ydre halvdel af broen. Herefter aftog vanddybden jævnt ind mod kysten. Ved normal vandstand er en del af broen "over land", grundet den meget flade strand.

Det blev af de lokale oplyst at vanddybden 5-10 m foran broen blev mærkbart større og at havbunden gik fra sand til ral/sten, med spredte stenrev.

2.12. Nivellement

Der er ikke udført nivellement. I forbindelse med den indledende vurdering vil Danmarks Højdemodel anvendes. Der skal udføres et nivellement af projektområdet ifm. et detailprojekt.

2.13. Vindforhold

Vindforholdene er relevante ifm. vurdering af bølgeforhold i og omkring området. I henhold til det fælleseuropæiske normsystem Eurocode, kan følgende basis vindhastighed antages.

Tabel 10 - Vind

Basisvindhastighed	$v_{b,0} = 24 \text{ m/s}$	DS/EN 1991-1-4 DK NA (2024, 4.2 (1)P)
--------------------	----------------------------	---------------------------------------

Ud fra ovenstående basisvindhastighed kan den designgivende vindhastighed fastsættes. De kritiske vindretninger for området ligger fra 0 grader til 30 grader, svarende til vindretninger fra N til NNØ. Af tabellen under fremgår en samlet opstilling af de designgivende vindhastigheder for området opdelt efter vindretning.

Tabel 11 - Ekstreme vindhastigheder for området

θ	c_{dir}^2	Ter. cat.	z_0	c_r	v_m
deg	-	-	m	-	m/s
0	0.80	I	0,01	1,17	25,2
30	0.70	I	0,01	1,17	23,6

2.14. Bølgeforhold

Bølgeforhold i og omkring Fjellerup Strand fastsættes ud fra fristrækberegninger, hvor bølger fastsættes ud fra en kombination af længden hvorover vinden virker, vanddybden samt den ekstreme vindhastighed for en given retning. Der benyttes en 50 års højvandshændelse (se Tabel 9). Af Tabel 12 fremgår ekstreme bølgetilstande for den kritiske vindretning.

Den kritiske situation vurderes at være N-lig storm i kombination med højvande. Et eksempel på dette er stormen Bodil i 2013, som gav anledning til ekstremt højvande med vind fra en nordvestlig retning. Derved kan der forekomme ekstreme bølger og ekstremt højvande under samme stormsituation.

Det er benyttet SPM-metode for beregning af effektivt fristræk, hvor det bliver taget højde for længden for fristræk og bølgens vinkel. Ved benyttelse af denne metode beregnes det et følgende fritstræk, der bliver det dimensionerende:

Tabel 12 - Ekstreme bølgetilstande for området

θ		v_m	h	h_n	F_{eff}	H_s	T_p
Retning		Middelvind-hastighed	Dybde	Relativ dybde	Effektivt fritstræk	Bølge-højde	Periode
-	deg	m/s	m	m	km	m	s
N	0	25,2	2,0	4,1	138,5	1,7	5,7 *
N	0	25,2	0.3	2,4	138,5	1,2	4,9

* Bølgelasten på dækket er undersøgt ved var. periode

2.15. Korrosion

Korrosionseksponeringen tages i regning som angivet i nedenstående tabel.

Tabel 13 - Korrosion efter antal år pr. side. (mm)

Eksponering	50 år	Kilde
Uforstyrret sand, silt og ler	0,60	EN-1993-5 (2007)
Fyldsand, komprimeret	0,60	EN-1993-5 (2007)
Fyldsand, ikke komprimeret	1,20	EN-1993-5 (2007)
Forurenede naturlig aflejringer	1,50	EN-1993-5 (2007)
Aggressive naturlig aflejringer	1,75	EN-1993-5 (2007)
Havvand, splashzone og lavvande*	3,75	EN-1993-5 (2007)
Havvand, øvrigt	1,75	EN-1993-5 (2007)
Luft	1,00	EN-1993-5 (2007)

* Splashzone antages fra kote +1,5 til kote -1,0, kilde: EN-1993-5 figur 4-1 (2007).

2.16. Eksisterende konstruktioner

Den eksisterende badebro blev besøgt d. 11. juni 2025 i dialog med Norddjurs Kommune samt de frivillige fra Fjellerup Strand der hvert år hjælper med at opsætte og nedtage broen.

Den nuværende bro (en standard NBC-bro) oplyses at være etableret omkring 2010-2012 og er derved ca. 15 år gammel. Den består af en stålunderdel, der er en ramme med 4 stålrør der er presset i 1-1,5 m i havbunden, hvorpå der er et pælepar, hvor brooverbygningen monteres. Stålunderdelene er placeret med 6 m afstand ud langs badebroen. Underbygningen forbliver placeret på havbunden året rundt. Det blev oplyst at grundet det dynamiske kystprofil, med bl.a. revlevandring, opleves til tider at nogle af de nedpressede pæle "svæver", idet sand og ral omkring disse er blevet bortroderet i løbet af vinteren.

Brooverbygningen, som opsættes hvert forår og nedtages til efteråret, består af et pælesæt der monteres på brounderbygningen. Pælene blev opmålt til at være Ø80 galvaniseret stål. Længdebjælkerne bestod af galvaniserede 50x100 mm stålbjælker og trædækket i omkring kote +1,0 bestod af 30x120 mm ikke-tropisk træbeklædning på det 1,6 m bredde dæk.

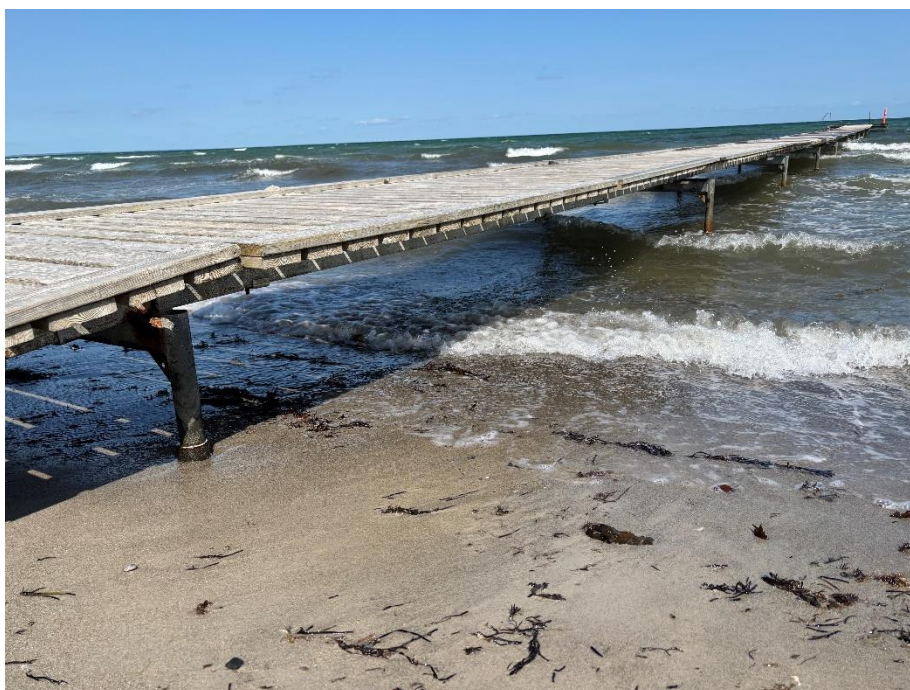
Det blev oplyst at omtrentligt ét broelement årligt måtte udskiftes grundet skader fra bølgepåvirkningen. Derudover er især de ydre nedsænkede platforme udsat, og ved besigtigelse manglede den ene af disse. Det blev oplyst at dette var allerede 2. gang i 2025.

Ved besigtigelsen var der et højvande på ca. 0,4m, og en frisk vind på 7-8 m/s fra VNV, hvilket gav anledning til bølgeopskyl på broen.

Foto fra besigtigelsen fremgår af Figur 7 – Figur 13.



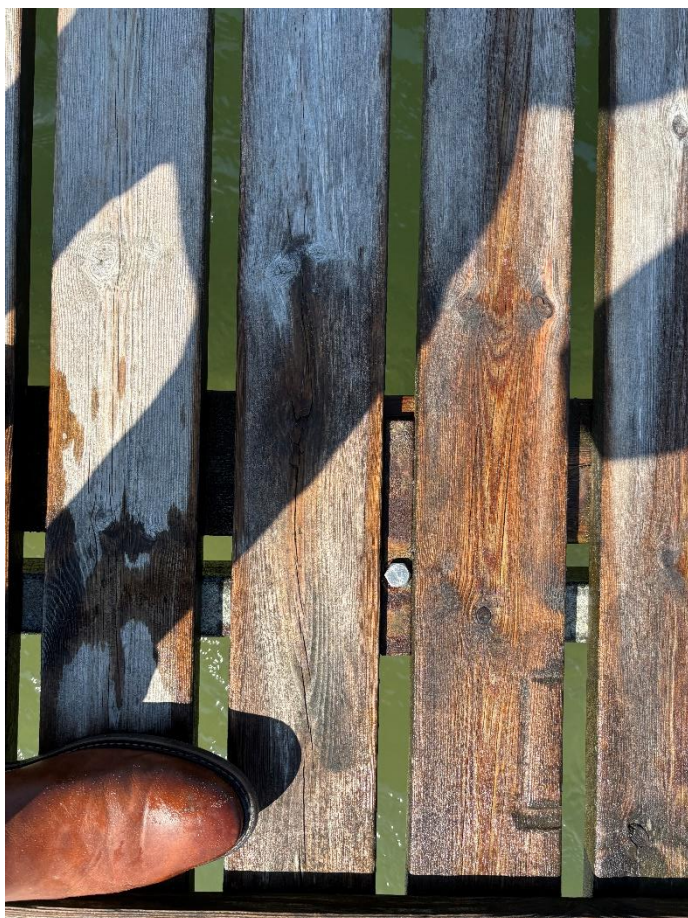
Figur 7 – Den eksisterende badebro



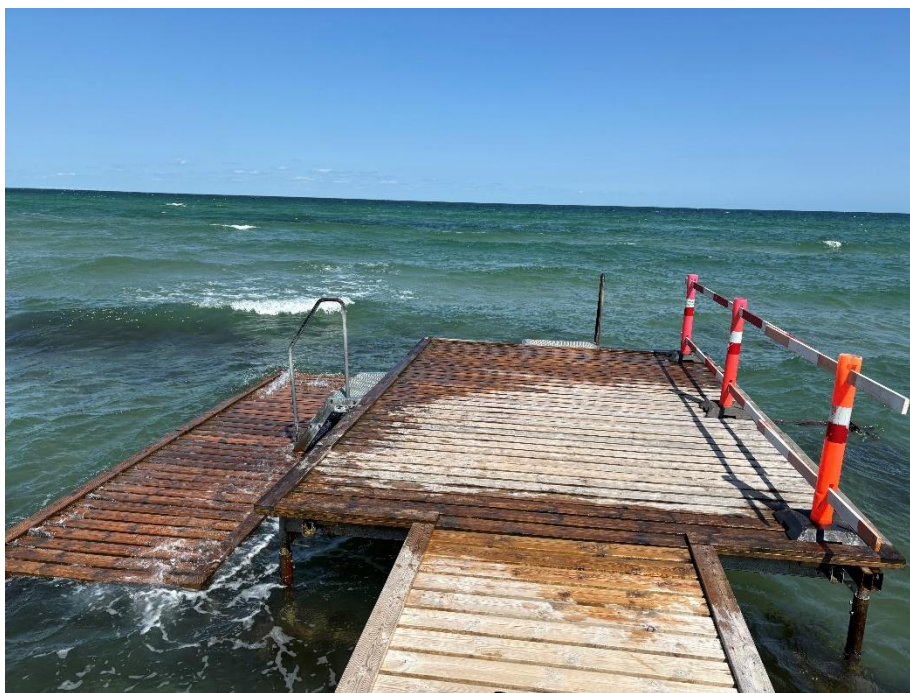
Figur 8 – Understøtninger under den eksisterende badebro. Sektionslængde ca. 6 m.



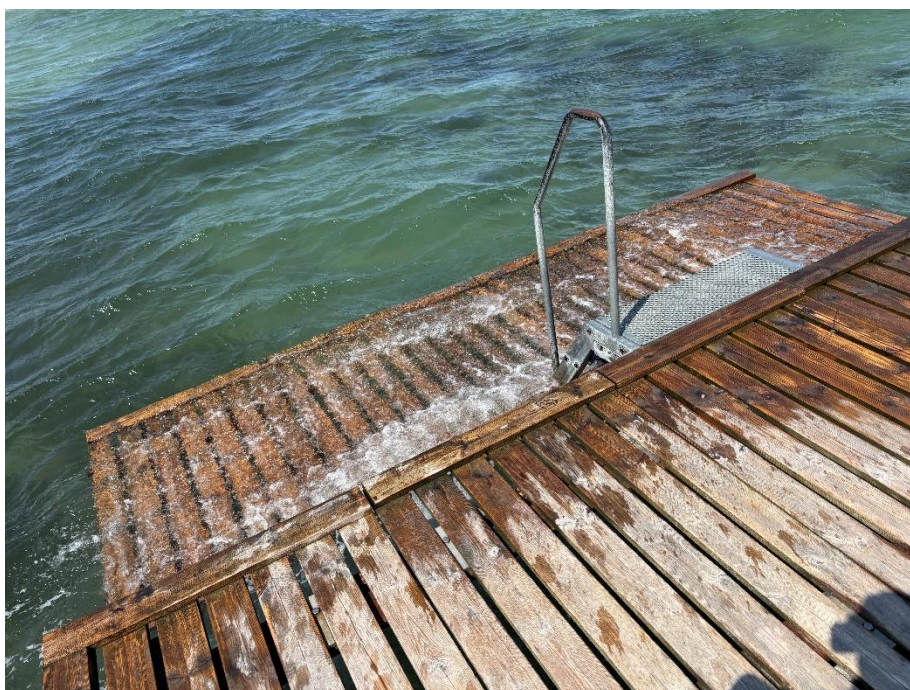
Figur 9 – Eksempel på brooverbygning der af- og påmonteres den permanente brønderbygning.



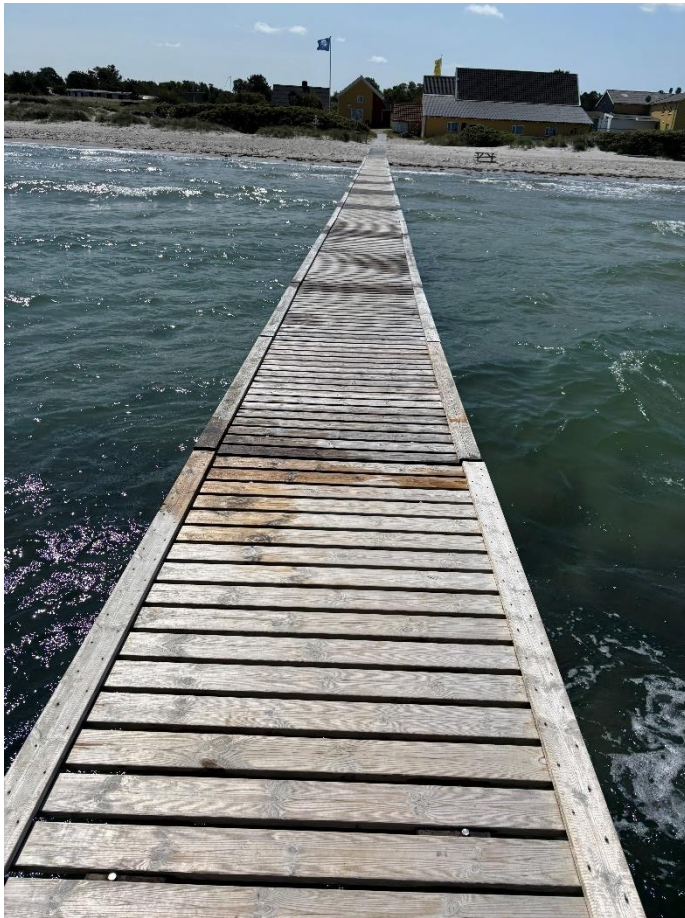
Figur 10 – Monteringsbolt til montage af brodæk på brooverbygning. Grundet de mange af- og påmonteringer er montagebeslagene slidte og svære at få til at holde.



Figur 11 – Den ydre del af broen. Bemærk den ene (østlige) nedsænkede platform der er revet af og dermed afspærret.



Figur 12 – Nedsænkede platform for lettere afgang til vandet. Vandstand på dagen omkring +0,4 m DVR90, med platform omkring vindspejl.



Figur 13 – Badebroen set mod land. Det nærmeste element ses at være lysere/nyere end de andre efter nylig udskiftning.

3. Konstruktionsbeskrivelse og materialevalg




I de tre nedslag indgår en række forskellige konstruktioner og elementer. For nedslagene er det relevant at overveje materialerne til brug i konstruktionerne, både af hensyn til økonomi, drift, bæredygtighed og visuelt udtryk.

For hver af nøgleelementerne er der i nedenstående afsnit listet en række gængse alternative materialevalg til den pågældende konstruktion. For hver af disse er fordele og ulemper listet, for på den måde at kunne træffe et valg om materiale og konstruktionstype på et oplyst grundlag efterfølgende.

Der er listet alternativer for:

- Bundgarnspæle, benyttet i nedslag 1 og 2
- Solnedgangsmøbel, benyttet i nedslag 2
- Fast badebro (X-bro), benyttet i nedslag 2
- Flydebro, benyttet i nedslag 4
- Trædæk, benyttet i nedslag 2 og 4



3.1. Bundgarnspæle

Tropisk træ – Greenheart	Fyr	Wopas
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lang levetid • Anbefalet til marine konstruktioner • Minimum vedligehold • Lavt CO₂-aftryk i driftsfasen • Naturligt udtryk • Æstetisk <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Større anlægsomkostninger • Lang transport • Større CO₂-aftryk på produktion og transport 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Naturligt udtryk • Lavere CO₂-aftryk på produktion <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Marin impr. pæle må ikke længere anvendes • Fyrtræspæle både impr. og ikke impr. anbefales ikke anvendt i det marine miljø • Dårligere modstanddygtighed, kort levetid • Større vedligeholdelses-/driftsomkostninger • Større CO₂-aftryk i driftsfasen 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Lavere CO₂-aftryk på produktion • Lavt CO₂-aftryk i driftsfasen <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symbolværdi ved brug af plast i vandmiljø • Mindre naturligt udtryk
		



3.2. Solnedgangsmøbel

Beton og trædæk	Træoverbygning og trædæk
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meget lang levetid • Stor modstandsdygtighed • Minimum vedligehold • Meget lavt CO₂-aftryk i driftsfasen • Anbefalet til marine konstruktioner • Relativt lave anlægsomkostninger <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stort CO₂-aftryk på produktion af cement og stål 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Lavere betonforbrug • Lavere CO₂-aftryk på produktion <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dårligere modstandsdygtighed, kortere levetid • Større vedligeholds-/driftsomkostninger på træoverbygning • Større CO₂-aftryk i driftsfasen
	

3.3. Fast badebro (X-bro)

Stålpæle, ståloverbygning og trædæk	Træpæle, træoverbygning og trædæk
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Meget lang levetid • Stor robusthed • Minimum vedligehold • Lavt CO₂-aftryk i driftsfasen • Anbefalet til marine konstruktioner • Optimering af antal pæle <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relativt høje anlægsomkostninger • Mindre æstetisk udtryk • Relativt stort CO₂-aftryk på produktion af stål 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Lavere stålforbrug • Naturligt udtryk • Lavere CO₂-aftryk på produktion <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dårligere modstandsdygtighed, kortere levetid • Mindre robusthed • Udfordringer med kapacitet for naturlaster • Kræver flere pæle • Større vedligeholds-/driftsomkostninger • Større CO₂-aftryk i driftsfasen
	

3.4. Flydebro

Flydebro	Fast bro - Træbro
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Hurtig og let etablering <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kræver meget store flydebroer og stål-pæle, grundet den udsatte lokation • Sårbar ved stormhændelser • Bør afmonteres i vinterhalvåret • Store anlægsomkostninger • Mindre æstetisk udtryk • Store driftsomkostninger ved montering og demontering • Kan kun benyttes ved roligt vejr • Vil ofte stå på bunden ved lavvande • Relativt stort CO₂-aftryk på produktion af flydebroer 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lidt mindre anlægsomkostninger • Naturligt udtryk • Mulighed for helårs-løsning • Stabil • Lavere CO₂-aftryk på produktion <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Udfordringer med kapacitet for natur-laster • Kræver flere pæle • Større CO₂-aftryk i driftsfasen
	

3.5. Trædæk

Tropisk træ – Azobé/IPE	Fyr	Lærk
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lang levetid • Robust • Anbefalet til marine konstruktioner • Minimum vedligehold • Lavt CO₂-aftryk i driftsfasen • Naturligt udtryk <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Store anlægsomkostninger • Lang transport • Større CO₂-aftryk på produktion og transport 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Naturligt udtryk • Lavt CO₂-aftryk på produktion og transport <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Impr. brædder anbefales ikke til at sidde på • Dårlig modstandsdygtighed hvis ikke impr. • Lavere styrke • Generelt kortere levetid • Større vedligehold-/driftsomkostninger • Større CO₂-aftryk i driftsfasen 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Naturlige olier som beskytter træet • Lavere CO₂-aftryk på produktion • Relativt lavt CO₂-aftryk i driftsfasen <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Større anlægsomkostninger • Dårlig modstandsdygtighed hvis det ofte står under vand • Sibirisk lærk foretrækkes • Lidt større vedligehold-/driftsomkostninger • Større CO₂-aftryk i driftsfasen
		
Nonwood	Varmebehandlet fyr	
<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Lavere CO₂-aftryk på produktion • Begrænset vedligehold • Lavt CO₂-aftryk i driftsfasen <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symbolværdi ved brug af plast i vandmiljø • Mindre naturligt udtryk 	<p>Fordele</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mindre anlægsomkostninger • Naturligt udtryk • Lavt CO₂-aftryk på produktion og transport <p>Ulemper</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dyrere end impr. fyr • Dårlig modstandsdygtighed hvis det ofte står under vand • Lavere styrke • Bør behandles ellers vil det patinere og blive grå • Større vedligehold-/driftsomkostninger 	
		

4. Statisk vurdering

Nøgleelementerne i de tre nedslag vurderes statisk med udgangspunkt i forudsætningerne i afsnit 2. Der er derved ikke tale om en egentlig projektering af disse, men en vurdering af koncepterne og omtrentlige dimensioner ud fra forsimplede håndberegninger, til brug i både vurdering af anlægsøkonomi samt det æstetiske udtryk af konstruktionerne.

4.1. Nedslag 1 – Ved pælene

Pælene der benyttes som bundgarnspæle i Nedslag 1 udgør nøgleelementet i dette nedslag. En del af disse pæle er placeret i vandet og er dermed udsat for bølge- og ispåvirkning. De pæle der er placeret på stranden anbefales etableret identiske, da der under storm kan optræde ekstremt højvande, hvorfor disse derved også vil være bølgepåvirket.

Et anvendeligt koncept for disse pæle består af Greenheart (tropisk træ) Ø200-250 mm pæle. Disse vil forventeligt skulle rammes 4-8 m ned i havbunden, for at modstå bølgepåvirkningen på disse.

Frie pæle af træ som disse projekteres normalt ikke til at kunne modstå islast iht. det danske tillæg for islaster. I senere projektfaser kan det med fordel undersøges hvor tyk en istykkelse pælene kan holde til, og på den måde vurdere risikoen for skader på pælene grundet is. Dette kan så sammenlignes med historiske optegnelser af istykkelser fra Søværnets operative kommando

4.2. Nedslag 2 – Ved promenaden

Ved Nedslag 2 er det badebroen der er nøgleelementet. Denne består i hovedtræk af pæle, længde- og tværbjælker samt et brodæk. Det er derved en statisk vurdering af dette system der udføres.

Baseret på erfaringer og normal anbefaling, udføres pæle samt brooverbygning i stål, mens dækket udføres i træ (normalt tropisk træ, eks. Azobé).

En mulig udformning af broen består af Ø350-Ø450 mm stålpæle i længden 12-24 m. Pælene kan placeres i par med en cc-afstand op til ca. 12 m. Brooverbygningen kan udformes af 2 stk. tværbjælker som UNP og 4 stk. længdebjælker som HEB. Dækket kan etableres 1,5 – 2 m bredt, beklædt med tropisk træ.

Foruden badebroen er også solnedgangsmøblet inkl. sti et nøgleelement. Dette udføres i beton og vurderes dermed ikke have nogle konstruktionsmæssige udfordringer.

Pælene til brug i vandlejepladsen vurderes sammenlignelige med dem der etableres i Nedslag 1, hvilket lægges til grund for vurdering af anlægsøkonomien.

4.3. Nedslag 4 – Ved tæppet

De flydebroer der er skitseret ved Nedslag 4 i LABLANDS skitseprojekt kan ikke eftervises til helårsbrug. Der vil være brug for broer i en størrelsesorden svarende til bølgebrydere, og selv da vil konstruktionen være udfordret. Generelt anbefales det ikke at placere flydebroer ubeskyttet på en så åben og udsat kyst som Fjellerup, der ikke tages ned om vinteren.

Et koncept som muligvis vil kunne eftervises til en vis grad kunne være kraftige betonflydebroer i en størrelsesorden med en længde på ca. 25m,

fastholdt af kraftige stålspæle. Flydebroerne vil grundet den lave vanddybde i store perioder ligge på havbunden, og det skal i samarbejde med leverandør afklares om de tager skade af dette eller ej.

5. Overordnet vurdering af anlægsøkonomi

I nærværende afsnit belyses anlægsøkonomien for nøgleelementerne i de tre nedslag. Det er vigtigt at understrege at overslagene ikke er fulde anlægsoverslag. Priserne er uden omkostninger til forundersøgelser, rådgivning og tilsyn mv. Overslagene kan derved anses som værende entreprenøromkostningerne for nøgleelementerne og hermed delvist sammenlignelige med de i LABLANDs idéoplæg angivne overslag (se bilag 1). Overslagene baseres på skønsmæssige dimensioner, geometri og forudsætninger, som skal verificeres og evt. optimeres ifm. et skitseprojekt. I et skitseprojekt skal der udføres nærmere beregninger som vil give et mere detaljeret anlægsoverslag.

5.1. Nedslag 1 – Ved pælene

Anlægsomkostningerne for etableringen af pælene ved nedslag 1 vil kunne gennemføres for nedenstående ramme opstillet i Tabel 14 ekskl. anstilling, byggeplads, rådgivning og uforudseelige omkostninger:

Tabel 14 – Nedslag 1

Emne:	I alt kr. ekskl. moms
Bundgarnspæle	950.000 kr.

5.2. Nedslag 2 – Ved promenaden

Anlægsomkostningerne for etableringen af solnedgangsmøblet, promenader, badebroen og bundgarnspælene ved nedslag 2 vil kunne gennemføres for nedenstående ramme opstillet i Tabel 15 ekskl. anstilling, byggeplads og uforudseelige omkostninger:

Tabel 15 – Nedslag 2

Emne:	I alt kr. ekskl. moms
Bundgarnspæle	250.000 kr.
Promenader	200.000
Solnedgangsmøbel	1.100.000
Promenadebroen	3.400.000 kr.
I alt	4.950.000 kr.

5.3. Nedslag 4 – Ved tæppet

Anlægsomkostningerne for etableringen af flydebroen inkl. pæle og ramper ved nedslag 4 vil kunne gennemføres for nedenstående ramme opstillet i Tabel 16 ekskl. anstilling, byggeplads og uforudseelige omkostninger:

Tabel 16 – Nedslag 4

Emne:	I alt kr. ekskl. moms
Flydebro inkl. pæle	4.100.000 kr.

Der gøres opmærksom på, at det ikke anbefales at udføre nedslaget som flydebro, se i øvrigt afsnit 4.3.

5.4. Total

Anlægsomkostningerne for hovedelementerne i de 3 nedslag vil kunne gennemføres for nedenstående ramme opstillet i Tabel 17 inkl. anstilling, byggeplads og uforudseelige omkostninger:

Tabel 17 – Omkostningerne til hovedelementerne i de tre nedslag.

Emne:	I alt kr. ekskl. moms
Nedslag 1	950.000 kr.
Nedslag 2	4.950.000 kr.
Nedslag 4	4.100.000 kr.
Anstilling og byggeplads (15%)	1.550.000 kr.
Uforudseelige omkostninger (20%)	2.300.000 kr.
I alt	13.850.000 kr.