

TEKNISK BESKRIVELSE

Offshore

132 kV søkabel – Orehoved-Vordingborg Nord

Indholdsfortegnelse

1. Indledning.....	3
1.1 Hjemmelgrundlag	5
1.2 Offshore projektbeskrivelsens karakter og opbygning	6
2. Forundersøgelser	6
2.1 Geofysiske undersøgelser	6
3. Offshore anlægsarbejder	7
3.1 Nedspuling	7
3.2 Nedgravning.....	8
3.2.1 Kabelnedgravning ved plovning	8
3.2.2 Kabelnedgravning ved trenching.....	9
4. Ilandføring	11
4.1 Ilandføring via gennemgravning	11
5. Belastninger i driftfasen	12
5.1 Fysiske indgreb ved kabelfejl	12

1. Indledning

Projektet omfatter i sin helhed etablering af ca. 14 km 132 kV dobbeltsystem kabelanlæg mellem Sjælland og Falster. Med dobbeltsystem forstås at der etableres 2 parallelførte anlæg med en indbyrdes afstand på land på ca. 10 meter og til søs på ca. 150 meter.

Sydlig landstrækning: HK13036 og HK13045

Orehoved – Orenæs

- 2x 1 km landkabel på Falster fra Orehoved Transformerstation til overgangsmuffe ved ilandføring

Søkabelstrækning: HK13037 og HK13046

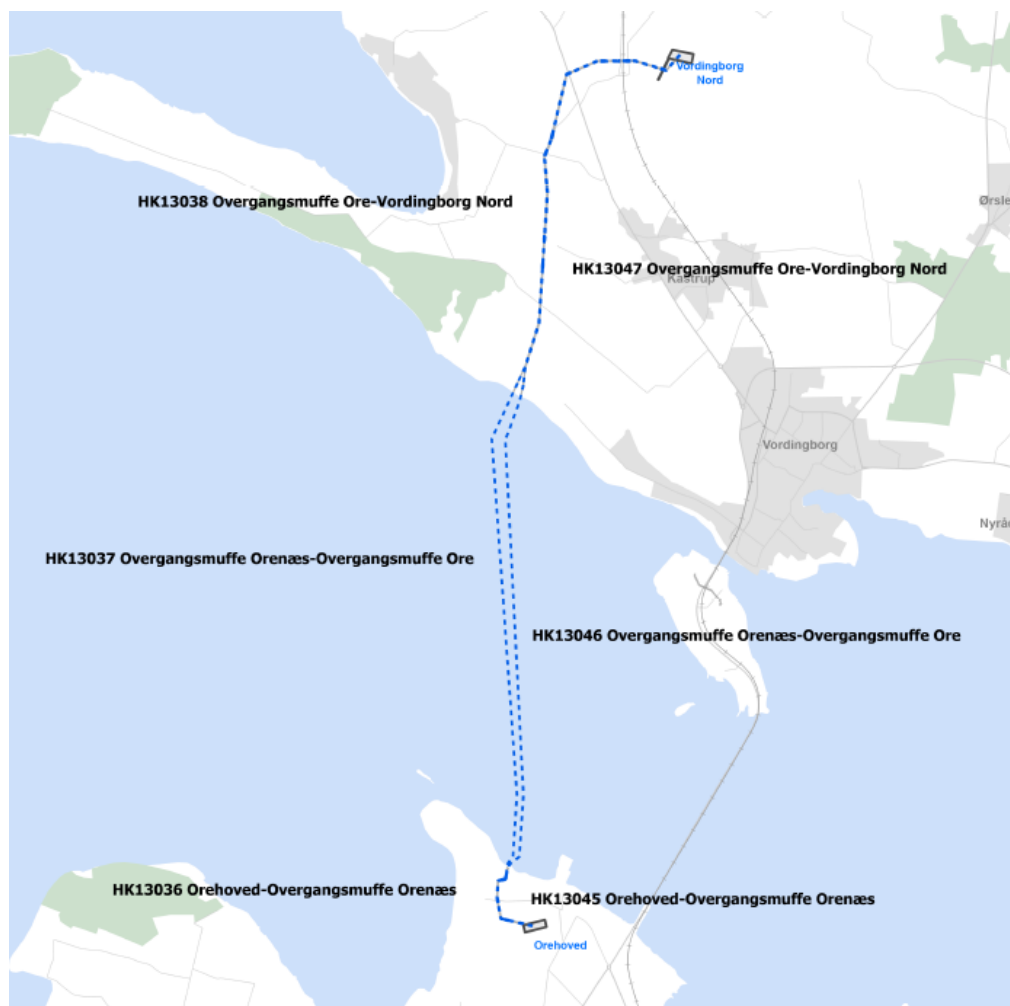
Orenæs – Ore

- 2x 7 km søkabel krydser Storstrømmen fra overgangsmuffe på Orenæs til overgangsmuffe på Ore

Nordlig landstrækning: HK13038 and HK13047

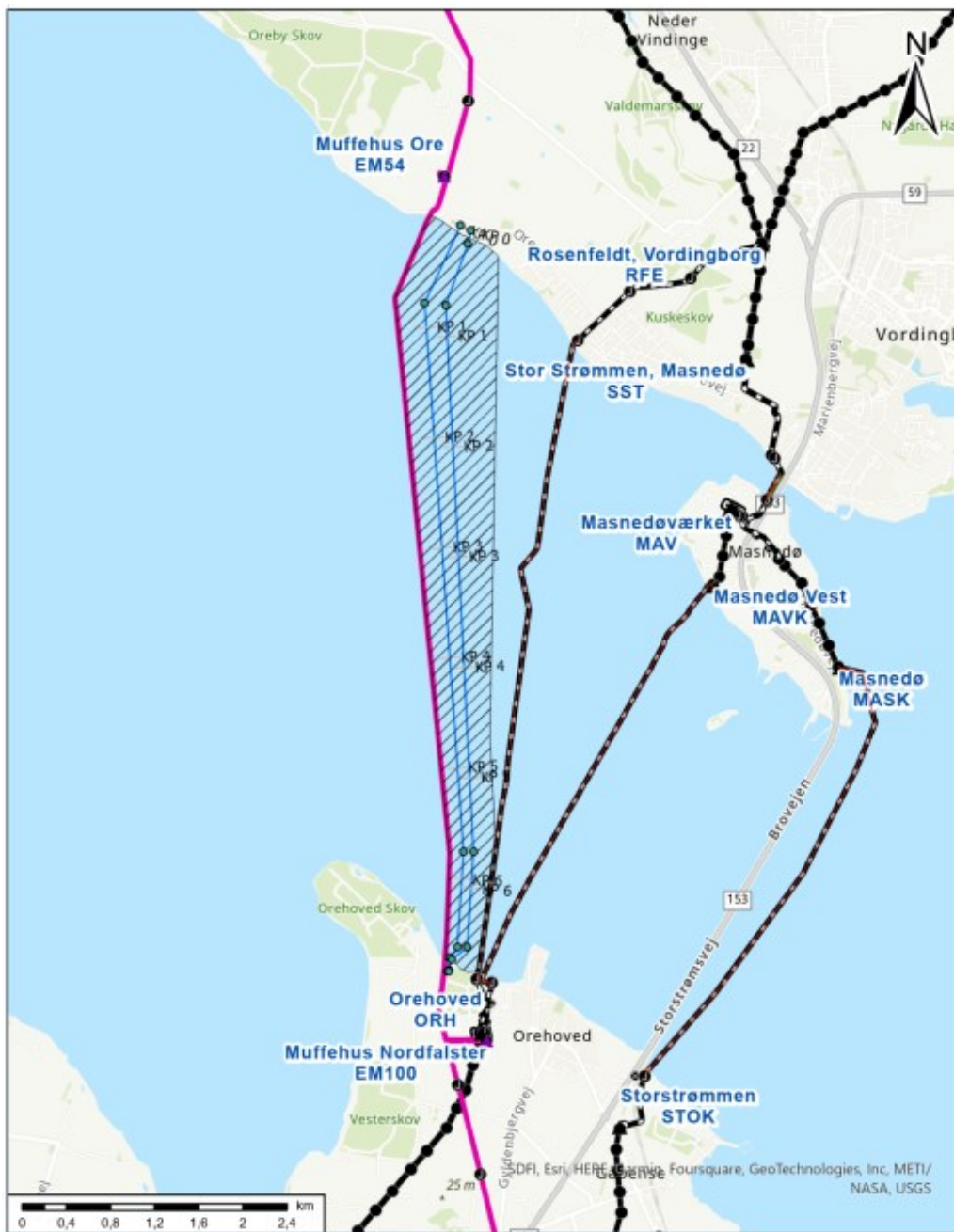
Ore – Vordingborg Nord

- 2x 6 km landkabel på Sjælland fra overgangsmuffe på Ore til Vordingborg Nord Transformerstation.



Figur 1-1: Foreløbig linjeføring

For at sikre afklaring af den bedst mulige placering af søkablet, arbejdes der med et projektområde vist på nedenstående udsnit, hvor den foreløbige placering af linjeføringen er centralt placeret. Det er indenfor dette projektområde, at den endelige placering af søkablet kommer til at ligge.



Figur 1-2 Projektområde

På grund af blandt andet højere omkostninger for udlægning/nedgravning af søkabler end for landkabler, udføres søkabler ofte som et enkelt 3-fasekabel i stedet for tre 1-fasekabler. Søkablet er et enkelt kabel med tre ledere (Se eksempel i Figur 1-3). Beregninger har vist, at der forventes en kabelstørrelse på ca. $\varnothing 260$ mm bestående af 3 x 2500 mm² aluminium ledere med isolering og beskyttelsesmateriale.



Figur 1-3 Illustration af opbygning af søkabel med tre ledere – Til venstre fyldmateriale af plastik, til højre fyldmateriale af garn

Søkablet etableres efter kendte installationsmetoder som et konventionelt søkabel. Vurderingen af den forventede sammensætning af havbundssedimenter indenfor projektområdet danner grundlaget for valg af den mest hensigtsmæssige metode til etablering af søkablet.

1.1 Hjemmelgrundlag

Der er tale om et projekt, som består af henholdsvis et landanlæg og en offshoreanlæg, og der skal derfor erhverves forskellige myndighedsafgørelser for henholdsvis land- og offshoredelen.

Projektets landanlæg skal miljøvurderes i henhold til bekendtgørelse nr. 1376 af 21/06/2021 om miljøvurdering af planer og programmer og konkrete projekter. Projektet er opført på bekendtgørelsens bilag 2 og henføres til punkt 3c "Transport af elektricitet gennem luftledninger, jordkabler dimensioneret til spændinger over 100 kV, samt tilhørende stationsanlæg, dog undtaget elkabler på søterritoriet (projekter, som ikke er omfattet af bilag 1)". Da Energinet er byggherre for projektet, er Miljøstyrelsen myndighed for projektets landanlæg BEK nr. 1376 af 21/06/2021 § 3, stk. 2.

Samtidigt fremgår det af bekendtgørelse nr. 1376 af 21/06/2021, bilag 2, punkt 3c, at elkabler på søterritoriet er undtaget screeningkravet og dermed ikke er omfattet af Miljøvurderingslovens bestemmelser. Projektets offshore del er dermed ikke screeningspligtigt. Det fremgår af § 4a til Lov om Energinet (LBK nr. 118 af 06/02/2020), at etablering af nye elforsyningsnet som nævnt i lovens § 4 på søterritoriet og i den eksklusive økonomiske zone samt væsentlige ændringer i tilsvarende bestående net kun kan ske efter forudgående godkendelse fra Klima-, Energi- og Forsyningsministeren, hvorfor der for offshoredelen af projektet skal ansøge Energi- og Forsyningsministeren om en § 4a tilladelse til etablering af projektets offshoredel før anlægsarbejderne kan påbegyndes.

1.2 Offshore projektbeskrivelsens karakter og opbygning

Som grundlag for myndighedsarbejdet er der behov for en teknisk beskrivelse af projektet. Beskrivelsen indeholder en redegørelse for de anlæg, som projektet indeholder grupperet på følgende måde:

- Forundersøgelser (afsnit 2)
- Offshore anlægsarbejde (afsnit 3)
- Ilandføring (afsnit 4)
- Belastning i driftfasen (afsnit 5)

2. Forundersøgelser

Projektområdet er blevet undersøgt i efteråret 2023.

Den geologiske sammensætning af den øvre del af havbunden i projektområdet er blevet bestemt gennem geofysiske og geotekniske undersøgelser. Data fra undersøgelserne af den øvre del af havbunden viser at de primære sedimenttyper i projektområdet er: moræneler, sand, mudder og gytje.

2.1 Geofysiske undersøgelser

Geofysiske undersøgelser gennemføres forud for installationen af søkablerne for at bekræfte, at den foreslåede kabelkorridor er egnet til kabelinstallation. Undersøgelserne benyttes desuden til at fastlægge det tekniske design af søkablerne.

Undersøgelserne omfatter følgende udstyr;

- Multibeam Ekkolod
- Sidescan Sonar
- Sub-bottom Profiling
- Magnetometer

Side scan sonar

Til kortlægning af havbundens overfladesediment og objekter, som ligger på havbunden, er der anvendt en to-frekvent side scan sonar. Side scan sonaren blev trukket via et kabel 50 – 100 meter bag undersøgelsesfartøjet og kortlægning skete i en bredde af 25-40 meter til hver side af sejllinjen. Frekvensen af de anvendte akustiske signaler var mellem 400 kHz og 1600 kHz. Afstand mellem sejllinjer: 50 meter, som reduceredes ved lavere vanddybder.

Seismisk kortlægning – Sub-Bottom Profiling

Til kortlægning af de øverste sedimentlag (0 - 10 meter under havbundsoverfladen), anvendtes en Innomar. De øverste lag blev kortlagt med høj opløsning. Frekvensen af de akustiske signaler var 8 kHz. Afstand mellem sejllinje var ca. 25 meter, som reduceredes ved lavere vanddybder samt krydssejllinjer hver 500 meter.

Magnetometer

Ved magnetometerundersøgelsen blev der anvendt 2 magnetometre, som blev fastsat på en TVG-frame. Sensorerne blev slæbt efter skibet i ca. 3-4 meters højde over havbunden. Afstand mellem sejl-linjer var ca. 25 meter, som reduceredes ved lavere vanddybder.

Stødes der på formodede UXO'er skal der foregå en nærmere identifikation og, hvis nødvendigt, også en UXO-fjernelse.

Identificeres der UXO'er i kabelkorridoren vil der indledningsvist blive afsøgt muligheden for mindre lokale omlægninger af kabeltracéet (micro re-routing). Kan det eller de fundne objekt(er) ikke undgås vil der blive foretaget en vurdering af UXO'en i samarbejde med minørtjenesten, om hvorvidt objektet kan flyttes eller om objektet skal ryddes (detoneres) og derefter fjernes. Selve rydningen vil blive foretaget af søværnets minørtjeneste (EOD).

3. Offshore anlægsarbejder

Afsnittet omkring anlægsarbejdet offshore (afsnit 3) har nogle generelle beskrivelser af anlægs-metoderne og beskrevet ud fra worst-case betragtning for at have alle potentielle påvirkninger fra anlægsmetoderne beskrevet. Denne fremgang er blevet valgt da der endnu ikke er konkluderet på resultaterne af forundersøgelsen, hvilket resulterer i valget af anlægsmetoderne for-sat er usikkert.

Anlægsarbejderne offshore består fortrinsvist af kabeludlægning og – nedgravning. Sidst-nævnte udføres primært for at beskytte kablet mest muligt og samtidigt give kablet stabilitet. Nedgravning kan udføres, enten før, samtidigt eller efter kabellægning.

Vurderingen af den forventede sammensætning af havbundssedimentet indenfor projektområdet danner grundlaget for valg af den mest hensigtsmæssige metode til etablering af søkablet i kote ca. -1 m under havbunden. To procedurer vil blive anvendt: nedspuling og nedgravning af kabel i en gravet rende.

Som udgangspunkt vil kablet normalt blive spulet ned i havbunden i det omfang det er muligt. I til-fælde hvor nedspuling af kablet ikke kan lade sig gøre, typisk på grund af sedimenttypen, vil kablet i stedet blive gravet ned under havbunden. Forundersøgelsen har indikeret, at vi kan forvente at stør-stedelen af projektet vil blive etableret ved nedgravning som følge af forekomsten af moræneler.

Ved nedgravning af kabel, er der forskellige kabellægningsmetoder. Valg af metoder afhænger af hvilke forhold der findes både over og under havbunden. De mest almindelige metoder er åben grav, plovning eller trenching.

3.1 Nedspuling

Nedspuling er en kabelnedgravningsmetode, hvor en anordning (normalt et fjernbetjent fartøj (ROV)) udstyret med vanddyser spuler vand ned under et udlagt kabel og dermed gør sedimentet under kablet flydende. Dette lader kablet synke til en specificeret dybde, hvorefter sedi-mentet igen vil lægge sig og tildække kablet. Nedspuling kan typisk anvendes i granuleret jord

som silt, sand eller tørv. Det er en effektiv metode, hvor der findes et tykt lag af bløde sedimenter (Silt) og/eller sand i havbunden.

Nedspuling kommer ske efter nedlægning af kablet på havbunden. Der er forskellige typer og størrelser af nedspulingsudstyr (Figur 3-1). Nogle små vandstrålemaskiner har normalt overfladevandpumper og har brug for assistance fra dykkere, og de bruges typisk på lavt vand. Større nedspulemaskiner med indbygget vandpumper er ofte fjernstyrede og er i stand til at operere på dybt vand.

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve nedspulingen, er afhængig af kabelsystemets størrelse og det anvendte udstyr. Ved et scenario på 1 – 2 meter nedgravningsdybde så vil den midlertidig forstyrrelsesbredde (pr. m kabel) være ca. 5 meter. Renden der spules, er ca. 1 meter, mens slæden der anvendes, er ca. 3 – 4 meter bred. Estimeret sedimentspild er 4 %.



Figur 3-1: Eksempel på en moderne jetgraver T1200 (Primo Marine, 2022).

3.2 Nedgravning

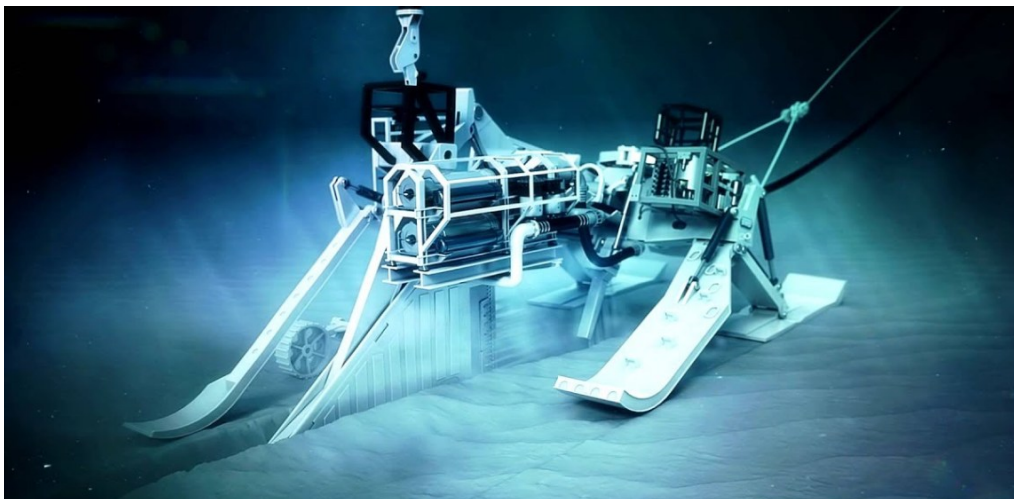
3.2.1 Kabelnedgravning ved plovning

En anden kabelinstallationsmetode er ved direkte nedgravning af kablet i havbunden ved hjælp af en marin plov (Figur 3-2). En typisk moderne marin plov er et køretøj på slæder, der bugseres bag kabellægningsfartøjet. Ploven har et justerbart skær, der kan sænkes ned i havbunden til den nødvendige nedgravningsdybde, og nogle er udstyret med vandstråler (jetter/spuledyser) på vingen for at sænke de trækkræfter, der kræves under visse havbundsforhold.

Plovteknikken kan være hurtig med minimal havbundspåvirkning, men nogle faktorer kan gøre denne løsning ikke ideel, såsom (for) hård jord og (talrige) forekomster af kabel- eller rørledningskrydsninger.

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve pløjeoperationen, kan være op til omkring 13 meter afhængig af kabelsystemets størrelse og det anvendte udstyr. Ved et scenario på 1 - 2 meter nedgravningsdybde så vil den midlertidig forstyrrelsesbredde (pr. m kabel) for nedgravning være 7,5 meter. Tempoet i pløjeoperationen afhænger af den stødte havbund og det nøjagtige

anvendt udstyr. Anlægsmetoden har ingen permanent forstyrrelse og et forventet sediment-spild på maksimalt 4 %.



Figur 3-2: Eksempel på en marin plov med monteret jetter (spuledyser) for at nedbringe de nødvendige træk-kræfter for nedgravningen (Primo Marine, 2022).

3.2.2 Kabelnedgravning ved trenching

3.2.2.1 Trenching ved gravemaskine

Nedgravning med gravemaskine vil typisk foregå inden kablet udlægges (Figur 3-3). Denne metode bruges typisk på lavt vand hvor de store anlægsfartøjer ikke kan komme ind, og vil typisk ikke blive brugt i meget løse sedimenttyper såsom gytje. Rende-graveren vil grave sediment op fra havbunden og lave en kabelgrav, hvori kablet kan nedlægges eller trækkes igennem. Sedimentet der opgraves, vil enten blive taget op og bortskaffet (klappet), eller lægges ud til siden til tilbagefyldning efter kablesystemet er udlagt. Efter søkablerne er lagt ud vil renden blive fyldt igen med det opgravede materiale, eventuelt med et lag tilsat sten eller grus oven på kablet.

Renderne graves efter 3D GPS-styring. Det opgravede materiale lægges i depot (sedimentoplægning) i en afstand op til ca. 10 meter fra den gravede rende. Større sten på kanten af den gravede rende (som kan risikere at falde ned i renden), lægges til side for at undgå at de falder tilbage i renden. Skulle der forekomme så store og uhåndterlige sten, at de ikke umiddelbart kan fjernes, skal de under- eller omgraves. Ved undergravning forstås, at der graves så stort et hul, at stenene kan falde ned i hullet til et niveau under rendens bund. Ved omgravning forstås, at der graves udenfor den planlagte kabelrute, så kablet uden hindringer kan lægges i en blød bue uden om stenen, således at kablets bøjningsradius, som minimum, altid kan overholdes.

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve rende-graveren, vil være på ca. 1 – 2 meter afhængig af rende-graverens størrelse og den nødvendige nedgravningsdybde og sedimenttype.

Den gravede rende vil have en bredde på ca. 1 – 3 meter, og nedgravningsdybde antages at være ca. 1 – 2 meter. Den midlertidige påvirkningsbredde vil være op til ca. 10 meter, dette inkluderer den gravede rende og sedimentoplægning. En gravemaskine der står på havbunden,

vil have en brede på ca. 5 meter. En pram som en gravemaskine kan stå på, er ca. 10 meter bred og har 2 ankepunkter. Det forventede sedimentspild ved anvendelse af denne metode er ca. 4 %. Der forventes at den almindelige gravemaskine vil bruges på en havdybde der er mindre end 1 meter, og at en gravemaskine på en pram vil bruges fra 1 meters dybde og ud til hvor der er muligt at nedspule kablet (ca. 3 – 5 meters dybde).



Figur 3-3: Eksempel på en gravemaskine monteret på en pram. Billedet er fra Baltic Pipe.

3.2.2.2 Trenching ved mekanisk skæregrover

I områder hvor havbunden er for hård til at udføre nedspuling og/eller pløjning, vil der være behov for at anvende mekaniske skæremetoder, såsom den mekaniske kædegraver (Figur 3-4, TV), hjulgraver (Figur 3-4, TH), kædeskærer (Figur 3-5, TV) eller hjulskærer (Figur 3-5, TH).

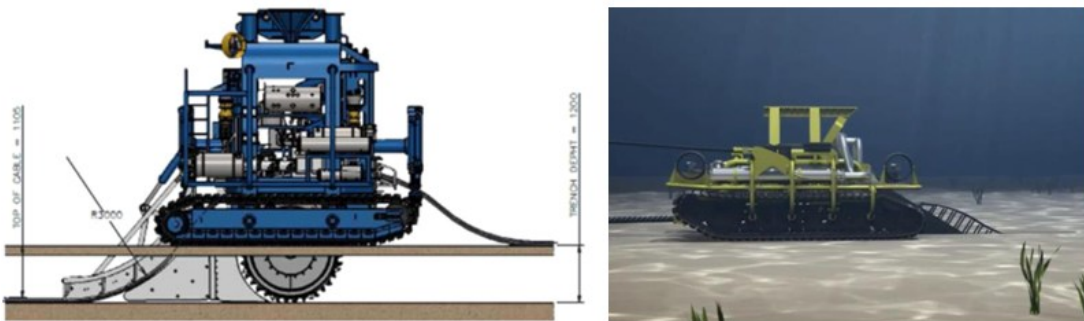
De overstående skæremetoder bruges til mekanisk at udskæres en rende i særligt hårde havbundstyper. Denne type forberedelse kan ligge i god tid forud for kabelinstallationen da denne metode typisk vil blive brugt i et hårdt substrat, hvor graven ikke vil falde sammen. Metoden anvendes typiske i særlige tilfælde.

Sådanne mekaniske undervandsmaskiner på larvefodder, bruger enten hjul- eller kæder til fysisk at skære sig igennem havbunden for på den måde, at etablere en rende kablet kan installeres i. Kæderne og hjulene varierer i design, men er stort set altid lavet af hærdede metaller som wolfram. Kædegraveren sidder typisk på en ROV eller en slæde som kører eller trækkes over havbunden. Renden udfyldes typisk ved enten naturlig opfyldning eller ved efterfølgende stendumping i og omkring renden.

Ved brug af denne metode holdes grøften så smal som muligt for at begrænse arbejdsvolumen. Renden udfyldes typisk ved enten naturlig opfyldning eller ved afhjælpende stendumping oven på kablet i renden. Bredden af havbunden, der påvirkes af selve skæreoperationen, vil være på ca. 1 – 2 m afhængig af kabelstørrelse og det anvendte udstyr. Ved et scenario på 1 – 2 meter nedgravningsdybde så vil den midlertidig forstyrrelsesbredde være 14 meter. Estimeret sedimentspild er 4%. Tempoet i skæreoperationen afhænger af den stødte havbund og det nøjagtige anvendte udstyr.



Figur 3-4: TV: Eksempel på mekanisk kædegraver (Primo Marine, 2022). TH: Eksempel på mekanisk hjulgraver (billede fra LDTO).



Figur 3-5: TV: Eksempel på mekanisk kædeskærer. TH: Eksempel på mekanisk hjulskærer (billede fra LDTO).

4. Ilandføring og kabeludlægning

Ved ilandføring af søkablerne menes der kobling mellem landsøkabler og søkabler. Dette kan gøres med en række forskellige metoder, hvoraf præinstallerede rør er den valgte metode.

4.1 Ilandføring via præinstallerede rør

Ved begge ilandføringer vil der blive etableret rør ved styret underboring fra land og ud i kabelrenden af en længde på ca. 100-150 meter. Rørene installeres typisk med lidt overlængde som klippes til og der graves på forhånd en fordybning i havbunden hvor røret ender.

4.2 Kabeludlægning

Når renden er etableret, flydes søkablet ind og placeres over den forgravede rende og trækkes i land. Når kabelflyderne fjernes, ligger kablet sig ned i renden (Figur 4-1).



Figur 4-1: Flyd ind af kablet fra kabelskibet med kabelflydere ind i en allerede forberedt rende.
(Foto fra NKT-hjemmeside).

llandføringen af kablet afsluttes med en rendefyldning af de udgravede materialer eller med konstrueret opfyldningsmateriale. Eventuelt overskydende materiale, der måtte være til stede efter tildækningen af søkablet, vil blive fjernet, således at vanddybden ikke forringes i forhold til den oprindelige havdybde.

5. Belastninger i driftfasen

5.1 Fysiske indgreb ved kabelfejl

Der vil ikke være synlige anlæg over havbunden efter idriftsættelsen. Kabelanlæggene er i sig selv vedligeholdelsesfrit.

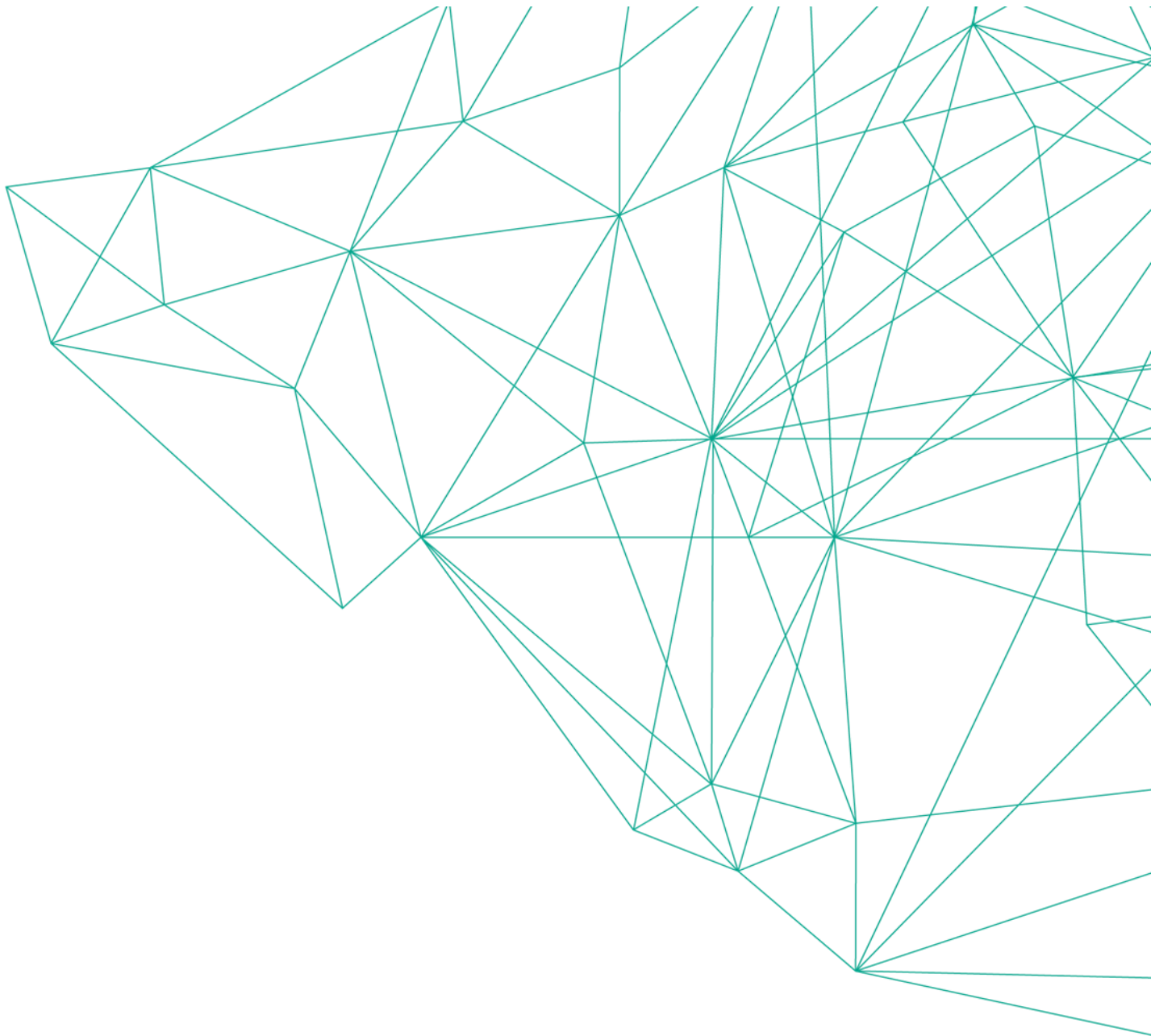
Der er en meget lille risiko for, at der opstår kabelfejl i driftsperioden, og at der dermed er behov for reparation af anlægget. Risikoen for fysiske skader på kablerne som følge af ankerskader, bundslæbende redskaber og lignende er stort set elimineret, fordi kablerne er etableret 1 m under havbunden, og der etableres en sikkerhedszone på 200 m langs med og på hver side af kablet i hh. Kabelbekendtgørelsens § 4 (BEK nr. 939 af 27/11/1992). Ved en reparation af et søkabel på søterritoriet vil kablet typisk blive gravet frit og løftet op af vandet på en kort strækning. Det defekte stykke vil herefter blive udskiftet, hvorefter kablet atter nedgraves til den oprindelige dybde og idriftsættes.

Risikoen for driftsfejl vurderes at være størst, når kabelanlæggets levetid er ved at være opbrugt.

6. Reference

BEK nr. 1376 af 21/06/2021. (2021). Bekendtgørelse om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter. Miljøministeriet.

LBK nr. 118 af 06/02/2020 (2020). Bekendtgørelse af lov om Energinet. Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.



ENERGINET
Eltransmission

Energinet
Tonne Kjærvej 65
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44
info@energinet.dk
CVR-nr. 39 31 48 78

KOLOFON

Dato: 21. december 2023

