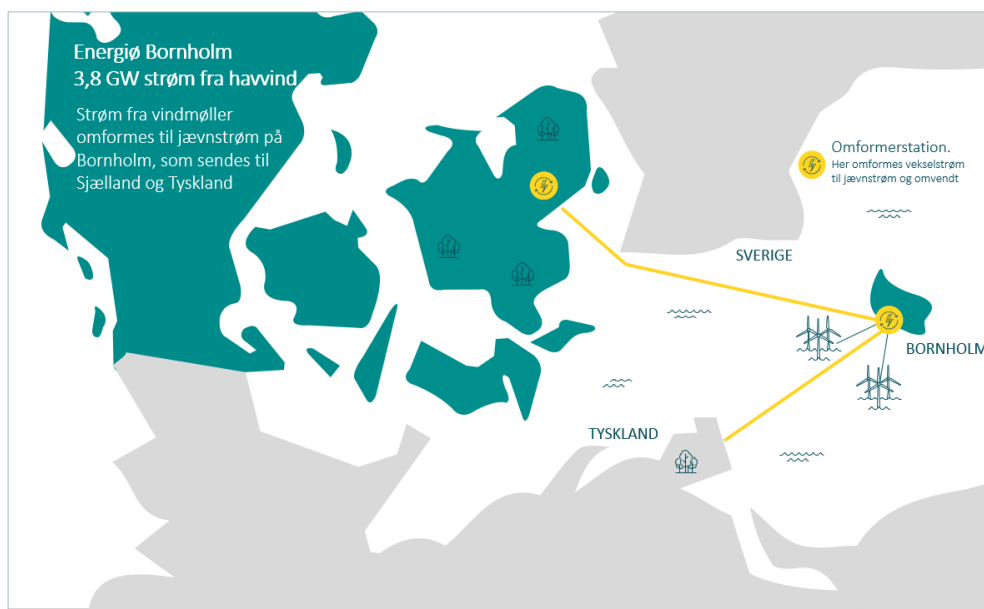


# ENERGIØ BORNHOLM TRANSMISSIONSANLÆG TIL OPKOBLING AF VINDENERGI FRA ENERGIØ BORNHOLM

## TEKNISK PROJEKTBEKRIVELSE

### BILAG TIL MILJØKONSEKVENSVURDERING



1. Baggrunden for projektet.....	6
1.1 Projektets rammer.....	7
1.1.1 Beliggenhed.....	9
2. Tids- og procesplan .....	15
3. Projektets faser – Anlæg og drift .....	16
4. Anlæg på land.....	17
4.1 Beskrivelse af stationsanlægget på Bornholm .....	17
4.1.1 DC-området .....	18
4.1.2 Konverter-området.....	18
4.1.3 60/132/400 kV-området.....	18
4.1.4 220 kV-området.....	19
4.1.5 Anlægsarbejde på stationsområdet .....	20
4.1.6 Anlægsarbejde udenfor stationsområdet .....	21
4.1.7 Tekniske anlæg – det samlede anlæg ved fuld udbygning .....	22
4.1.8 Usikkerheder .....	23
4.1.9 Øvrige installationer, bygninger, m.v. ....	23
4.1.10 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner herunder trafik .....	24
4.1.11 Støj i anlægsperioden .....	27
4.1.12 Terrænregulering.....	28
4.1.13 Emissioner .....	28
4.1.14 Regnvandshåndtering.....	28
4.1.15 Midlertidig grundvandssænkning.....	32
4.1.16 Spildevand i anlægsfasen .....	33
4.1.17 Jordhåndtering .....	33
4.1.18 Landskab og beplantning.....	35
4.1.19 Tidsplan for anlægsarbejder.....	38
4.1.20 Byggepladsdisponering.....	38
4.1.21 Materialeforbrug og ressourcer - Hovedmængder .....	42
4.1.22 Støj i driftsfasen.....	45
4.1.23 Emissioner i driftsfasen .....	46
4.1.24 Grundvandssænkning i driftsfasen .....	46
4.1.25 Spildevand i driftsfasen .....	46
4.1.26 Affald i driftsfasen .....	46
4.2 Beskrivelse af stationsanlægget på Sjælland .....	46
4.2.1 Konverter-området.....	47
4.2.2 400 kV-området.....	48
4.2.3 Anlægsarbejde på stationsområdet .....	49
4.2.4 Tekniske anlæg – det samlede anlæg ved fuld udbygning .....	51
4.2.5 Overgangsmaster .....	52
4.2.6 Usikkerheder .....	54
4.2.7 Øvrige installationer, bygninger, m.v. ....	54
4.2.8 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner herunder trafik .....	55
4.2.9 Støj i anlægsperioden .....	56
4.2.10 Terrænregulering.....	57
4.2.11 Regnvandshåndtering.....	57

4.2.12	Midlertidig grundvandssænkning.....	58
4.2.13	Spildevand i anlægsfasen .....	58
4.2.14	Jordhåndtering .....	58
4.2.15	Landskab og beplantning.....	61
4.2.16	Tidsplan for anlægsarbejder.....	62
4.2.17	Byggepladsdisponering.....	63
4.2.18	Materialeforbrug og ressourcer – Hovedmængder .....	64
4.2.19	Støj i driftsfase.....	67
4.2.20	Emissioner .....	67
4.2.21	Grundvandssænkning i driftsfasen .....	68
4.2.22	Affald i driftsfasen .....	68
4.3	Kabelanlæg på land.....	68
4.3.1	Teknisk beskrivelse af kabelanlægget .....	69
4.3.2	Lyslederkabler .....	70
4.3.3	Synlige anlæg over terræn .....	70
4.3.4	Magnetfelter .....	72
4.3.5	Forundersøgelser.....	72
4.3.6	Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg i åben grav .....	74
4.3.7	Midlertidige arbejdsarealer.....	75
4.3.8	Jordarbejde i forbindelse med åben kabelgrav .....	77
4.3.9	Muldafrømning i forbindelse med arkæologiske forundersøgelser .....	80
4.3.10	Arbejdsgang og kabeludlægning .....	80
4.3.11	Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg ved kabelgravekasse .....	81
4.3.12	Muffearbejde.....	83
4.3.13	Tørholdelse af kabelgrav .....	84
4.3.14	Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg ved styret underboring.....	84
4.3.15	Kabellægning ved styret underboring på land .....	92
4.3.16	Beredskabsplan .....	95
4.3.17	Tørholdelse af boregruber i tilknytning til styret underboring.....	97
4.3.18	Arbejdsarealer til styrede underboringer.....	97
4.3.19	Midlertidige adgangsveje .....	97
4.3.20	Skurvogne.....	97
4.3.21	Maskiner .....	97
4.3.22	Varighed .....	98
4.3.23	Transporter.....	98
4.3.24	Håndtering af jord og boremudder .....	98
4.3.25	Materialer til underboringer .....	99
4.3.26	Borevæske .....	99
4.3.27	Foringsrør .....	100
4.3.28	Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner til kabellægning .....	101
4.3.29	Driftsfase .....	101
4.3.30	Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner til kabellægning .....	102
4.3.31	Magnetfelter .....	103
4.3.32	Støj i driftsfase.....	104
4.3.33	Tørholdelse af kabelanlægget .....	104
4.3.34	Synlige anlæg over terræn .....	104

4.3.35	Affald .....	104
<b>5.</b>	<b>Kystnære anlægsarbejder og ilandføring.....</b>	<b>105</b>
5.1	Ilandføringsområde for søkabler ved Bornholm.....	106
5.1.1	Forgravning af rende kystnært (Pre Trenching, PT), Bornholm.....	108
5.1.2	Styret underboring (Horisontal Directional Drilling, HDD) .....	109
5.1.3	Styrede underboringer .....	111
5.1.4	Forbrug af borevæske .....	114
5.1.1	Sammenkobling – styret underboring af kyst .....	115
5.1.2	Sammenkobling – åben kabelrende fra kystlinjen og videre onshore.....	117
5.2	Ilandføringsområder for søkabler til Sjælland .....	118
5.2.1	Forgravning af rende kystnært (Pre Trenching, PT), Sjælland.....	119
5.2.2	Styrede underboringer, Karlstrup Strand .....	121
5.2.3	Sammenkobling – åben kabelrende ved kystlinjen .....	122
5.3	Nedlægning af søkabler i kystnær havbund (Bornholm og Karlstrup Strand).....	122
5.4	Tidsplan for sammenkoblingsarbejdet .....	123
<b>6.</b>	<b>Anlæg i havet.....</b>	<b>125</b>
6.1	Forberedende arbejder.....	125
6.1.1	Krydsning af eksisterende infrastruktur .....	125
6.1.2	Nærhedsaftaler (proximityaftaler) .....	127
6.1.3	Surveyarbejder .....	128
6.1.4	UXO-identifikation og fastlæggelse af linjeføring for søkabel .....	128
6.1.5	Pre-Lay Grapnel Run (PLGR) .....	130
6.1.6	Flytning af større sten og kampesten .....	131
6.1.7	Sandbølgejernelse .....	133
6.1.8	Trial installation .....	135
6.2	Anlægsarbejder.....	135
6.2.1	Pre-Trenching and Cable Lay in Trench, (PT/CLT).....	137
6.2.2	Simultaneous Lay and Burial (SLB) .....	142
6.2.3	Post-Lay and Burial (PLB).....	144
6.2.4	Nedgravningsdybde.....	146
6.3	Opfyldning og reetablering .....	147
6.3.1	Lokal ophvirvling af sediment.....	147
6.3.2	Spild af sediment ved nedgravning .....	148
6.3.3	Kabelfæstning og -beskyttelse.....	148
6.4	Drift, vedligeholdelse og reparation .....	150
6.4.1	Sikkerhedszoner .....	150
6.4.2	Vedligeholdelse .....	151
6.4.3	Udbedring af skader .....	151
6.4.4	Udledning af miljøskadelige stoffer .....	152
6.4.5	Magnetfelter .....	152
6.4.6	Kompasafvigelse .....	153
6.4.7	Varmeudvikling.....	153
6.5	Trafik og varighed .....	154
6.6	Støjgener.....	156
6.7	Støj, lys og emissioner i anlægsfasen.....	156
6.8	Støj, lys og emissioner i driftsfasen.....	157

6.9	Materialeforbrug .....	158
6.9.1	Materialeforbrug til kabelsystemet.....	158
6.10	Krydsninger af eksisterende installationer og sikring af kabelsystemet .....	159
6.11	Borevæske og boremudder .....	159
6.12	Brændstofforbrug .....	160
6.13	Affald.....	161
6.14	Beredskab og beredskabsplaner for fartøjer offshore.....	161
7.	Ordliste/ordforklaring .....	164
8.	Referencer .....	169
9.	Appendix.....	170
9.1	AC-anlæg.....	170
9.1.1	GIS – Gas isoleret koblingsudstyr .....	170
9.1.2	Højspændingskomponenter .....	173
9.1.3	Automationsbygninger .....	182
9.1.4	Lager .....	182
9.2	Konverteranlæg .....	183
9.3	DC-anlæg.....	186
9.3.1	DC-afbryder .....	187
9.3.2	DC-adskiller.....	187
9.3.3	DC-samleskinne .....	187

## Indledning

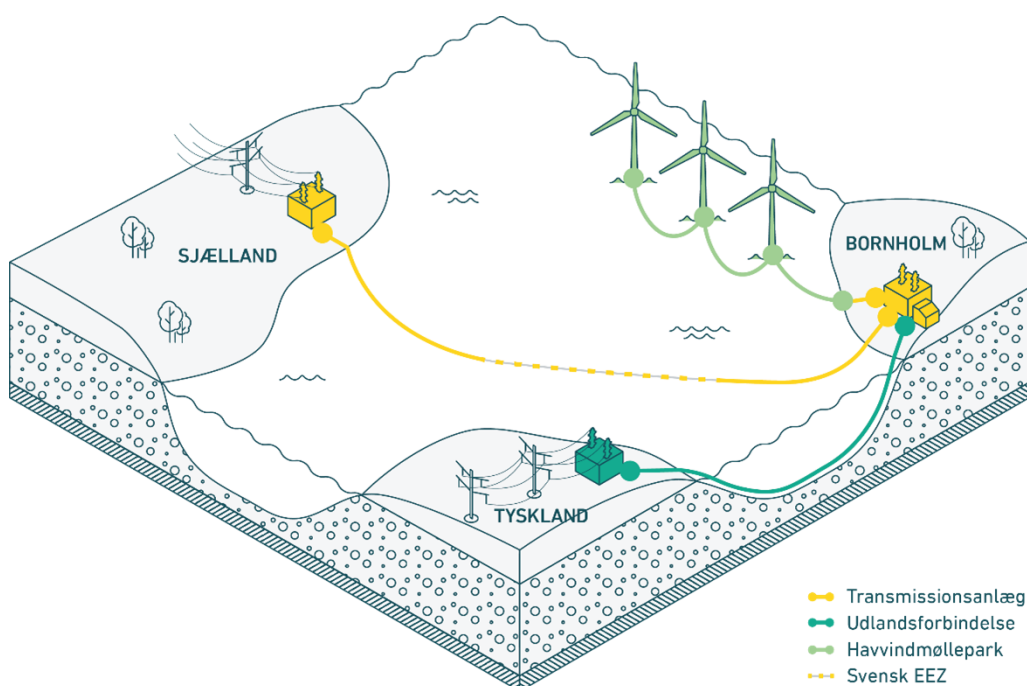
Som grundlag for Energinets ansøgning om miljøkonsekvensvurdering er følgende projektbeskrivelse udarbejdet og vedlagt som bilag til miljøkonsekvensrapporten. Beskrivelsen indeholder en nærmere beskrivelse af det samlede anlæg som skal opføres som led i etableringen af Energiø Bornholm.

### 1. Baggrunden for projektet

Med klimaaftalen for energi og klima mv. af 22. juni 2020<sup>1</sup> blev det besluttet, at Danmark skal realisere energiøer og herved indlede en ny epoke i den grønne omstilling. Denne projektbeskrivelse omhandler alene dele af Energiø Bornholm afgrænset til Transmissionsanlæg til opkobling af vindenergi ved Energiø Bornholm.

En ny højspændingsstation på Bornholm skal opsamle vindenergien fra havvindmølleparkerne der placeres syd og sydvest for Bornholm. Højspændingsstationen forbindes med et søkabelsystem til Sjælland via svensk internationalt farvand. På Sjælland etableres der også en højspændingsstation, hvortil kablet fra Bornholm forbindes. Op til 1,2 GW af den producerede strøm i havvindmølleparkerne kan herefter overføres til eltransmissionsnettet på Sjælland.

Højspændingsstationen på Bornholm skal i 2030 kunne modtage op til 3,0 GW havvind fra havvindmølleparken. Havvindmølleparken vil kunne forsyne 3,3 mio. husstande med strøm. Med en tillægsaftale om Energiø Bornholm har et bredt flertal i folkettinget yderligere besluttet, at der skal være mulighed for op til 0,8 GW overplanting, hvorved den samlede installerede effekt i havmølleparkerne vil være op til 3,8 GW (0,8 GW fra overplanting, dvs. møllerne opstilles med en tættere indbyrdes afstand)<sup>2</sup>. Energiø Bornholm er illustreret i Figur 1.1.



Figur 1.1. Princip for det samlede projekt Energiø Bornholm. Den del af Energiø Bornholm der er omfattet af denne projektbeskrivelse, er markeret med gul farve.

<sup>1</sup> Jf. Klimaafale om Energi og Industri mv. 2020 og Tillæg til Klimaafale for Energi og Industri mv 2020 af 4. februar 2021.

<sup>2</sup> Tillægsaftale om Energiø Bornholm 2022 vedr. implementering af Klimaafale for energi og industri mv 2020, august 2022.

Der er i 2023 indgået aftale med det tyske selskab 50 Hertz om tilslutning til Energiø Bornholm via en udlandsforbindelse (Interconnector) med en kapacitet på op til 2,0 GW. Aftalen beskriver rammerne for gennemførelse af Energiø Bornholm som et fælles projekt mellem Danmark og Tyskland. På sigt skal energiøen kunne tilkoble flere lande og teknologier, der kan lagre eller omdanne strømmen fra havvindmøllerne til fx andre grønne brændstoffer gennem såkaldte "power-to-X-anlæg".

Energiø Bornholm vil fungere som et knudepunkt i Østersøen for produktion og eksport af vedvarende energi fra havvind til Danmark og udlandet. Strømmen vil blive produceret fra to havvindmølleparker, der placeres ca. 15 km sydvest for Bornholm, og derefter transporteret via platforme og sø-/landkabler til et højspændingsanlæg på Bornholm, hvor strømmen konverteres fra vekselstrøm (HVAC) til jævnstrøm (HVDC), som kan transporteres over store afstande med minimalt energitab. Søkabler mellem Bornholm og Sjælland skal sikre forsyning til det danske eltransmissionsnet, mens søkabler til Tyskland (Interconnector) skal sikre udveksling med det europæiske energinet via Tyskland.

På Bornholm etableres også anlæg ved højspændingsstationen som på sigt kan tilsluttes energiøen til det bornholmske elnet. Energiø Bornholm forventes fuldt idriftsat i 2030. På sigt skal projektet Energiø Bornholm kunne tilkoble flere lande, herunder Tyskland og teknologier, der kan lagre eller omdanne strømmen fra havvindmøllerne til f.eks. andre grønne brændstoffer gennem såkaldte 'power-to-X-anlæg'.

Projektet har to bygherrer. Energinet<sup>3</sup> er bygherre for projektet vedrørende højspændingsstationen på Bornholm og Sjælland, landkabler på Bornholm og Sjælland samt søkabler mellem Bornholm og Sjælland. Derudover skal den kommende koncessionsejer til havvindmølleparken bygge et afgrænset anlæg i tilknytning til Energinets station, der skal modtage strømmen fra havvindmøllerne. Koncessionsejers anlæg på land vil derudover omfatte landkabler fra kyst frem til højspændingsstationen på Bornholm.

Denne projektbeskrivelse omhandler alene anlæg til det konkrete projekt "Transmissionsanlæg til opkobling af vindenergi ved Energiø Bornholm" som beskrevet herunder i 1.1 Projektets rammer.

Vindmøller på havet med tilhørende eksportkabler (op til 9 HVAC vekselstrømskabler) frem til kysten på Bornholm, og kabler til udlandet er ikke en del af dette konkrete projekt, men vil være omfattet af tilsvarende miljøkonsekvensvurderinger udarbejdet af de respektive bygherrer.

## 1.1 Projektets rammer

Projektet "Transmissionsanlæg til opkobling af vindenergi ved Energiø Bornholm" er karakteriseret ved følgende som skal etableres:

- En 400 kV HVAC/HVDC højspændingsstation på Bornholm og på Sjælland.
- Op til 9 HVAC landkabler fra højspændingsstationens AC-anlæg frem til kysten på Bornholm.
- Et HVDC kabelsystem bestående af:
  - Landkabler på Bornholm og på Sjælland.
  - Søkabler i dansk og svensk farvand.

<sup>3</sup> Energinet er en offentlig virksomhed under Klima-, Energi og Forsyningsministeriet. Energinet ejer og driver det overordnede el- og naturgasnet i Danmark og har ansvaret for at sørge for sikker og stabil transmission af energi i Danmark.

En realisering af projektet betyder, at der skal inddrages nye arealer til etablering af stationer samt kabelanlæg på land og i havet.

Projektets geografiske placering af højspændingsstationer på Bornholm og på Sjælland er udvalgt på baggrund af en lang række kriterier, som hver især har indflydelse på valg af placering.

Intet geografisk område opfylder alle principper 100 %, men de områder som anbefales til placering af højspændingsstationer og som undersøges i miljøkonsekvensvurderingen, er områder, hvor de fleste af principperne er opfyldt, og hvor det vurderes, at der kan findes afværgetiltag og tilpasninger, så de principper som i mindre grad er opfyldt, også kan imødekommes. Er det ikke muligt at etablere afværgetiltag og tilpasninger af projektet, fravælges lokaliteterne som mulige alternativer og beskrives ikke yderligere i miljøkonsekvensrapporten.

Ud over de herunder oplyste kriterier skal lægges yderligere vurderinger af de tekniske forhold såsom elnetmæssige konsekvenser, samplacering, systemstabilitet og robusthed samt langsigtede energisystemperspektiver. Det er trods alle hensyn til natur, mennesker og miljø en grundlæggende præmis at anlægget teknisk set, kan fungere og transmittere strøm.

Opstillet på punktform er udvælgelsen af areal til placering af projektets højspændingsstationer udvalgt og vurderet med afsæt i følgende forhold:

Tekniske forhold:

- Nærhed til eksisterende 400 kV net.
- Afstand til ilandføringspunkter.
- Jordbunds- og terrænforhold.
- Nærhed til eksisterende vigtig infrastruktur (naturgas, fjernvarme, spildevand, vandforsyning, mv.).
- Vurdering i forhold til eksisterende vej-infrastruktur.

Planmæssige forhold:

- Zoneforhold, kommune- og lokalplanlægning, strategiske planer, landsplandirektiver.
- Eksisterende arealanvendelse.
- Nærhed til eksisterende bebyggelse.

Natur- og miljømæssige forhold:

- Natura 2000 områder og fredede områder.
- Naturbeskyttede arealer (søer, moser, enge, overdrev, vandløb, mv.).
- Forebygge konflikt med områder med forekomst af bilag IV-arter, truede eller andre beskyttede arter.
- Fortidsminder, kulturarvsarealer, værdifulde kulturmiljøer.
- Registrerede jordforureninger.
- Nationale interesser, herunder særligt grundvandsinteresser, OSD, BNBO-områder, indvindingsområder, m.v.
- Rekreative interesser.

I det følgende beskrives projektområdet opdelt i de enkelte geografier oplyst herover. Først beskrives projektområdet på Bornholm og Sjælland, derefter følger en beskrivelse af projektområdet for kabelsystemerne på land og til havet.



### 1.1.1 Beliggenhed

Projektet er beliggende på Sjælland og på Bornholm samt på søterritoriet i dansk og svensk farvand.

#### 1.1.1.1 Projektområdet på Bornholm

Projektområdet på Bornholm består af områder til ilandføring af kabler, områder til nedgravning af kabler (kabelkorridor) samt område til station med tilhørende funktioner. Projektområdet for anlæg på Bornholm udgør i alt ca. 320 ha, hvoraf arealet hvor stationen kan placeres udgør ca. 150 ha, mens kabelkorridorer udgør ca. 170 ha. Projektområdet på Bornholm er vist på kortet, Figur 1.2 herunder.

Højspændingsanlægget på Bornholm skal opsamle og omforme strømmen fra havvindmøllerne til jævnstrøm, som kan transporteres over store afstande. Det nye anlæg skal placeres på det sydvestlige Bornholm, syd for Åkirkeby.



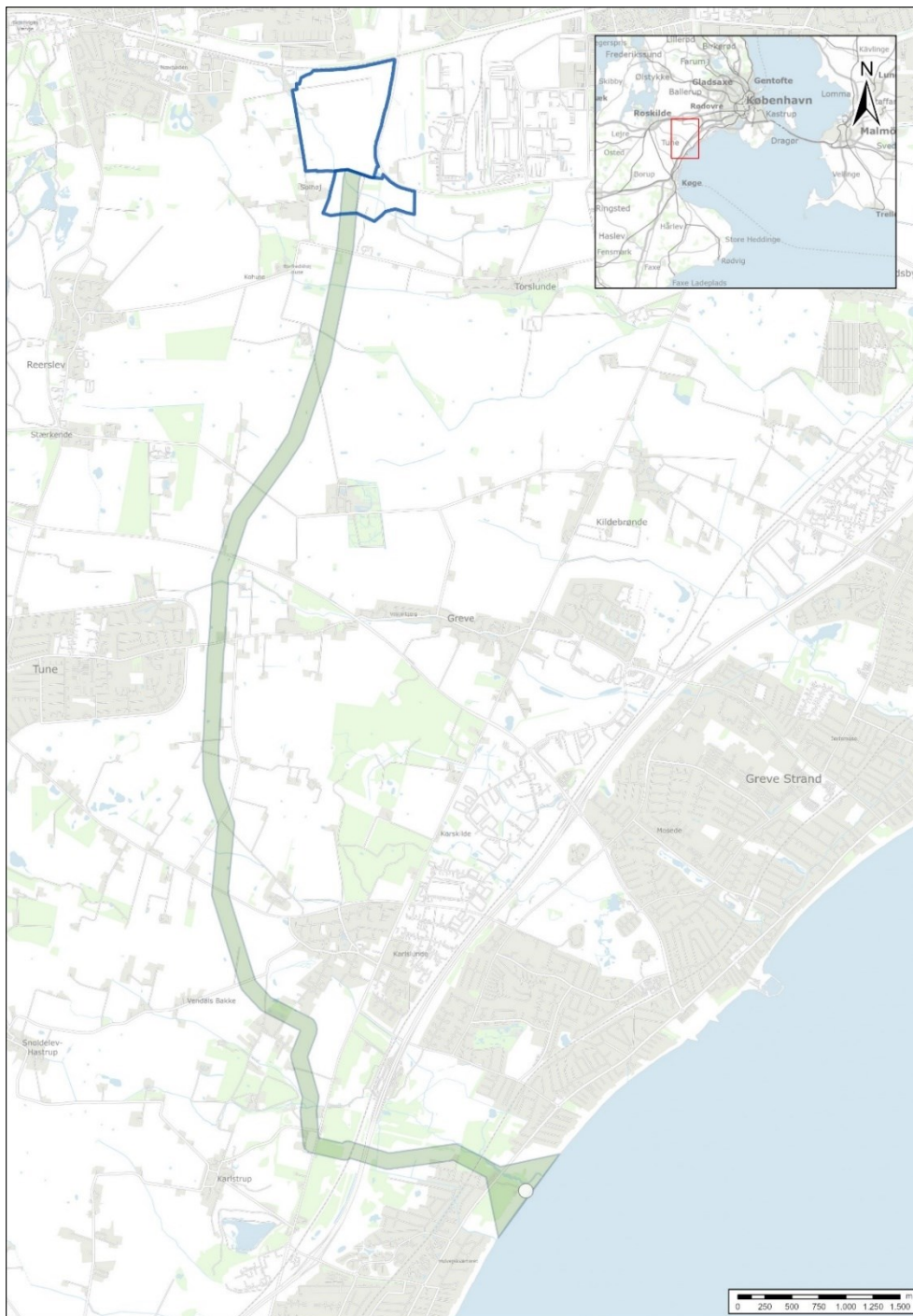
Figur 1.2. Projektområdet på Bornholm. Projektområdet består af et område til station markeret med blå streg. De 5 områder til landkabler vist med mørkegrøn farve.

De tre vestlige korridorer er reserveret til ilandføring af søkablet (HVDC kabelsystem - jævnstrømskabler) der skal forbinde Bornholm med Sjælland. Der skal kun bruges én korridor. Der er endnu ikke truffet beslutning om hvilken korridor der vil blive anvendt. De to østlige kabelkorridorer er mulige kabelkorridorer på land (fra højspændingsstationen til kystlinjen), der skal tilkoble havvindmølleparken ud for Bornholm med højspændingsstationen med op til 9 kabler (HVAC vekselstrømskabler).

#### 1.1.1.2 Projektområdet på Sjælland

Projektområdet på Sjælland består af et område til ilandføring af kabler, et område til nedgravning af kabler (kabelkorridor) samt et område til station med tilhørende funktioner, herunder

også kabelovergangsmaster. Projektområdet for anlæg på Sjælland udgør i alt ca. 294 ha, hvoraf 100 ha udgøres af stationsområde og 194 ha udgøres af kabelkorridorer. Det samlede projektområde på Sjælland er vist på kortet, Figur 1.3, herunder. Højspændingsanlægget på Sjælland skal modtage og omforme strømmen fra Bornholm og distribuere det ud i det sjællandske elnet. Det nye anlæg skal placeres ved Høje-Taastrup.



Figur 1.3. Projektområdet på Sjælland. Område til placering af højspændingsstation, kabler og kabelovergangsmast er fremhævet med blåt. Projektområdet for kabelanlægget er fremhævet med mørk grøn.

### 1.1.1.3 Projektområdet for kabelsystemerne

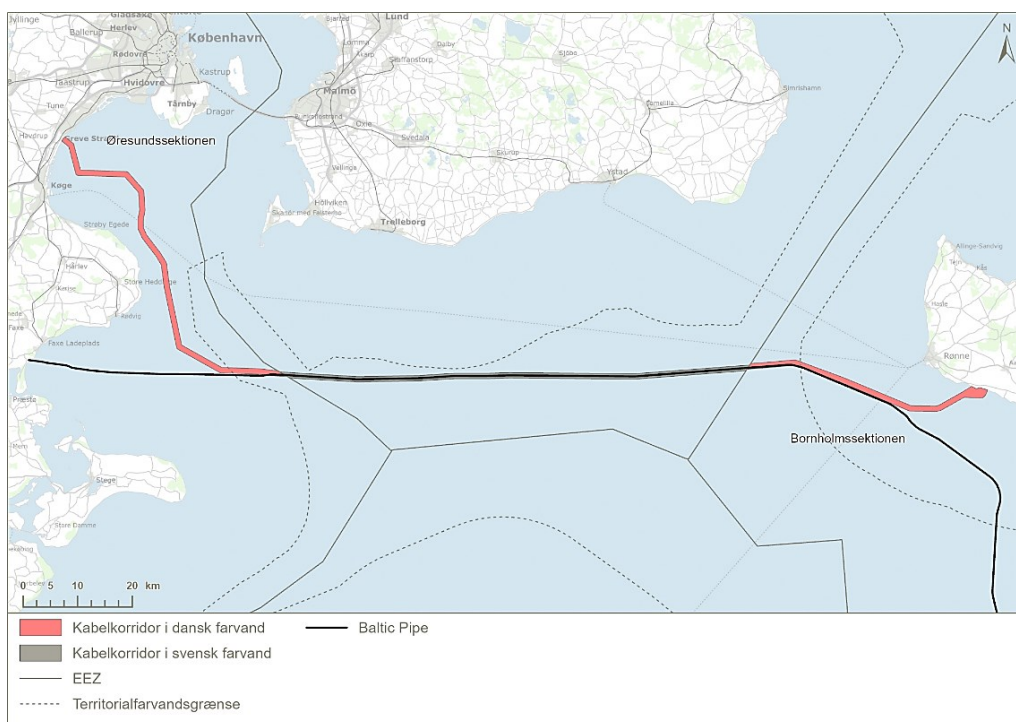
Strømmen fra havvindmølleparkerne vil blive transmitteret fra Bornholm til Sjælland via et HVDC-kabelsystem (jævnstrøm). Kabelsystemet vil bestå af landkabler på Bornholm og Sjælland samt et kabelsystem mellem Bornholm og Sjælland.

#### 1.1.1.4 Kabelanlæg på land

Projektområdet for kabelsystemet der skal etableres på land, har på Sjælland en samlet længde på ca. 12 km. På Bornholm vil projektområdets udstrækning variere lidt, afhængigt af den valgte rute og vil derfor være mellem ca. 2 km og 4 km. Projektområdet for kabelanlægget er begge steder 150 m bredt. Den endelige linjeføring indenfor kabelkorridoren er for nuværende ikke kendt, og vil først blive endeligt fastlagt, når der er indgået aftale om placeringen med de berørte lodsejere. Linjeføringen er derfor vist med en principiel placering centralt indenfor den 150 meter brede korridor.

#### 1.1.1.5 Anlæg i Østersøen og sydlige Øresund

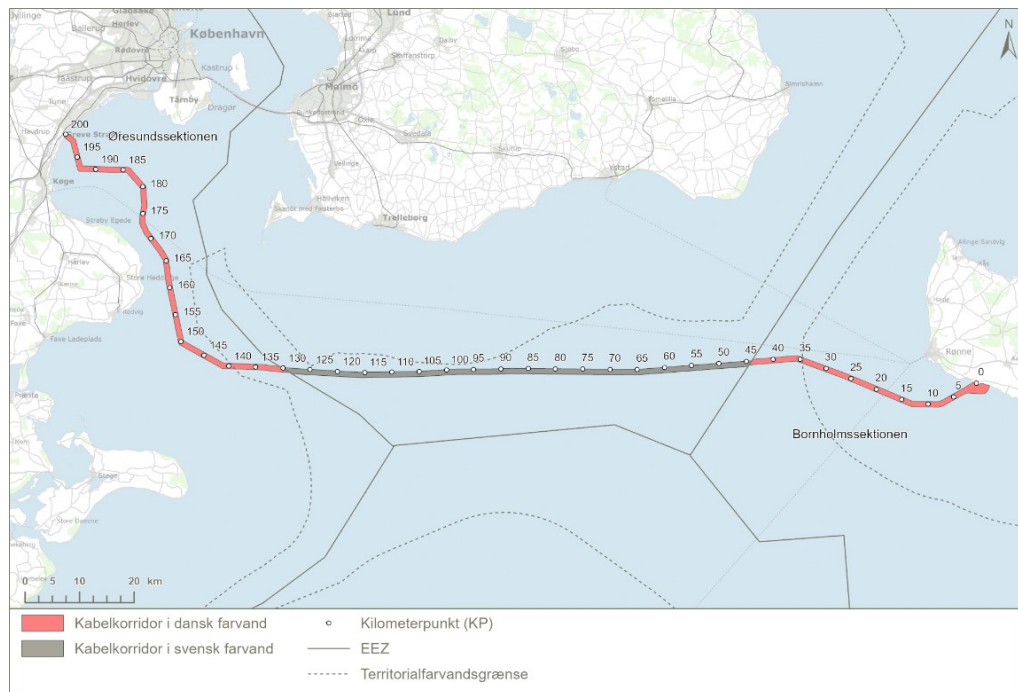
Landanlæggene på Bornholm og på Sjælland forbindes med et søkabelsystem, der etableres på havbunden af Østersøen og Øresund. Strækningen over søterritoriet vil have en samlet længde på ca. 200 km hvoraf ca. 85 km forløber igennem svensk farvand, se Figur 1.4.



Figur 1.4. Oversigt over kabelkorridoren i dansk og svensk farvand, her vist sammen med Baltic Pipe. Søkablet øst for svensk EEZ betegnes Bornholmssektionen, og kabelkorridoren vest for svensk EEZ betegnes Øresundssektionen. Kabelkorridoren i Danmark behandles i miljøkonsekvensrapportens Del 5 Anlæg på Havet, mens korridoren i Sverige er behandlet i godkendelsesprocessen for projektet i Sverige.

Søkabelkorridoren er inddelt i sektioner fra kilometerpunkt (KP) 0 til KP 200. Hver sektion fra f.eks. KP 0 til KP 1 er ca. 1 km lang, hvor KP 0 er ilandføringspunktet ved Bornholm. Disse KP-numre repræsenterer kabelkorridorens centerlinje, og er således kun vejledende for denne projektbeskrivelse og miljøkonsekvensvurdering. Den endelige søkabelrute indenfor

kabelkorridoren er for nuværende ikke kendt, og derfor er de endelige KP-numre for det installerede søkabel heller ikke på nuværende tidspunkt endeligt afklaret. Sektionerne kan ligeledes ses i Figur 1.5, hvor KP-sektionerne af illustrative grunde er vist som intervaller af 5. Der vil løbende igennem projektbeskrivelsen, blandt andet i forbindelse med valg af metoder, blive henvist til disse KP-numre.



Figur 1.5. Vejledende rute for kabelkorridoren i dansk og svensk farvand. Kabelkorridoren i Danmark behandles i miljøkonsekvensrapportens Del 5 Anlæg på Havet, mens korridoren i Sverige er behandlet i godkendelsesprocessen for projektet i Sverige.

#### 1.1.1.6 Projektområdet for kabelkorridoren, inkl. ilandføring

Linjeføringen for søkablet indenfor kabelkorridoren er endnu ikke endelig. Især linjeføringerne ved ilandføringerne ved Bornholm og i Køge Bugt kan ændre sig i forhold til placeringen indenfor kabelkorridoren, da der her forventes de største anlægstekniske udfordringer. Den aktuelt planlagte rute for søkabelforbindelsen kan ses i Figur 5.7 til Figur 5.10 for ilandføringer på Bornholm og i Figur 5.17 for Karlstrup Strand.

Søkabelkorridoren er som udgangspunkt lagt fast ud fra en række præmisser, som tilsammen skal sikre at kabelkorridoren, inklusiv underboringer ved ilandføringslokaliteterne, bliver kortest muligt mellem Bornholm og Sjælland. Derudover er der i placeringen af kabelkorridoren taget særlige hensyn til blandt andet særligt beskyttede arter og naturtyper.

Søkabelkorridoren har en bruttobredde på 1 kilometer, men er op til 3 kilometer bred ved Bornholm idet der her indgår flere mulige ilandføringer af søkabler. Søkabelkorridorens bredde skal sikre tilstrækkelig plads til at kabelsystemets placering kan tilpasses den endelige linjeføring, så særligt udfordrende områder i forhold til havbundsforhold eller særligt beskyttede områder i videst muligt omfang kan undgås. Selve arbejdsområdet for anlægsarbejdet på havbunden vil være op til ca. 30 meter bredt.

Indenfor kabelkorridoren vil selve anlægsarbejdet foregå indenfor et nærmere defineret arbejdsbælte, hvori selve søkablet vil blive installeret. Arbejdsbæltet vil i udgangspunktet være ca.

30 meter bredt, og det er indenfor dette arbejdsbælte at selve anlægsarbejderne fortrinsvist vil foregå. Arbejdsbæltets endelige placering indenfor kabelkorridoren kendes ikke på nuværende tidspunkt, og besluttet endeligt af den valgte entreprenør indenfor rammerne af myndighedstilladelserne tildelt det konkrete projekt.

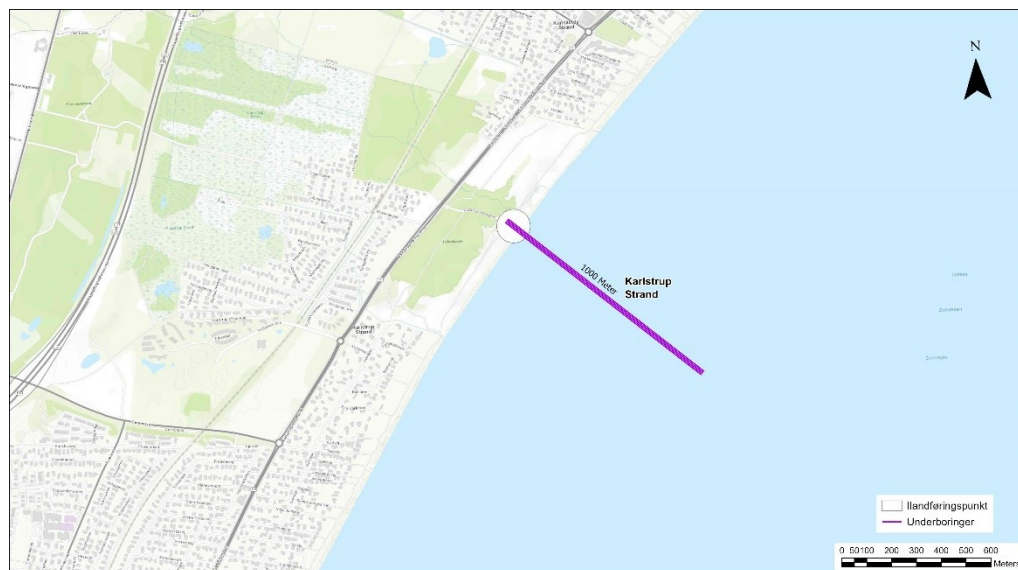
De omkring ca. 200 km søkabel er opdelt i tre delstrækninger:

- Bornholm (inkl. ilandføring).
- Øresund (inkl. ilandføring).
- Svensk farvand (Svensk tilladelse).

#### 1.1.1.7 Kabelkorridor i Øresund (Øresundssektionen)

Søkabelkorridoren i Øresund er defineret som området fra ilandføringen ved KP 200 og mod øst til grænsen til svensk farvand (KP 133) og udgøres af ca. 67 km lang kabelkorridor. Der er ét muligt ilandføringspunkt i Køge Bugt, ved Karlstrup Strand (se Figur 1.6).

Ilandføringen ved Karlstrup Strand vil foregå fra ca. 200 meter inde på land og ud til ca. 10 meters vanddybde, ca. 3.800 meter ude i Køge Bugt, målt fra middelvandstandslinjen. Ilandføringen af søkabelsystemet vil enten blive udført som en kombination af styrede underboringer og en gravet rende eller alene en gravet rende igennem hele ilandføringszonen (se mere i afsnit 5.2).



Figur 1.6. Ilandføring i Køge Bugt, ved Karlstrup Strand. Underboringens længde vil være op til 1.000 meter.

#### 1.1.1.8 Søkabelkorridor ved Bornholm (Bornholmssektionen)

Søkabelkorridoren ved Bornholm er defineret som området fra grænsen til svensk farvand (KP 48) og mod øst til ilandføringen ved Bornholms sydvestlige kyst (KP 0) og udgøres af ca. 48 kilometer kabelkorridor.

For søkablet til Bornholm er der tre mulige ilandføringspunkter på Bornholms sydvestlige kyst. De er placeret omkring Sose Odde og betegnes som følgende: DC1 Vest for Sose Strand, DC2 Sose Strand og DC3 Øst for Sose Strand. Derudover er der identificeret to yderligere ilandføringspunkter som er reserveret til koncessionsvindere søkabler. Disse ilandføringspunkter er

lokaliseret omkring Boderne og benævnes hhv. K1 Boderne Vest og K2 Boderne Øst. Disse to ilandføringspunkter fastlægger alene kabelkorridorer på land, på Bornholm, for etablering af op til 9 HVAC kabler, der forbinder havmølleparken med højspændingsstationens HVAC- anlæg, se Figur 1.7.

Ilandføringen helt kystnært, dvs. overgangen fra onshore til offshore, vil foregå ved hjælp af styrede underboringer. Underboringerne starter på landsiden ca. 200 meter fra kysten og strækker sig til maksimalt 750 meter ude på søterritoriet, målt fra middelhøjvandslinjen, hvor det forventes at en vanddybde på 10 meter er opnået. Dog vil kun det ene ilandføringspunkt, som er reserveret til koncessionsvinder - K1 Boderne Vest, blive udført som en styret underboring. Dette skyldes, at ilandføringspunktet K2 Boderne Øst, kun kan etableres ved gennemgravning, da områdets geologi og hydrologi ikke er velegnet til underboring.



Figur 1.7. Der er identificeret i alt fem mulige lokaliteter for ilandføringer af søkabler ved Bornholm. Tre af disse, DC1 til DC3 er reserveret til ilandføring af søkablet mellem Bornholm og Sjælland og alle disse tre ilandføringer er placeret omkring Sose Odde. De resterende to ilandføringspunkter, altså K1 og K2, er reserveret til en fremtidig koncessionsvinder. Ilandføringerne af søkablet foregår via styrede underboringer af kysten med undtagelse af den østligste ilandføring K2 Boderne Øst der anlægges ved nedgravning.

#### 1.1.1.9 Kabelkorridor i svensk farvand

Søkabelkorridoren i hhv. Øresund ved Sjælland og Østersøen ved Bornholm er bundet sammen af et søkabel, der krydser svensk farvand (KP 49 til KP 132), og som derfor er underlagt svensk lovgivning. Søkablet i svensk farvand godkendes efter svensk lov og er derfor ikke en del af scopet for denne projektbeskrivelse.

## 2. Tids- og procesplan

Energjø Bornholm er oprindeligt planlagt til at være i fuld drift i 2030. Etableringen af transmissionsanlæg til opkobling af havvind, dvs. installation af søkabler mellem Bornholm og Sjælland, og konstruktion og installation af højspændingsstationer samt landkabler på Bornholm og Sjælland forventes at være afsluttet indenfor en 2-årig periode, så transmissionsanlægget er klar, når den første mølle forventes tilsluttet i 2030.

Anlægsarbejdet som skal ske for at tilkoble strømmen til det danske elnet forventes at ske i disse overordnede tempi:

Primo 2026	Første spadestik til stationsanlægget på Sjælland.
2026	Første spadestik til stationsanlægget på Bornholm.
2026	Kystunderboringer til kabler påbegyndes.
2028	llandføring og nedgravning af kabler påbegyndes.
2028/29	Stationsanlæg er bygget færdigt.
2029	Kabelanlæg på land færdiggøres.
2030	Tilslutning til elnettet.

Offshore-aktiviteter, herunder kabelinstallationen af kabelsystemet i dansk farvand, er planlagt igangsat i 2028.

Som følge af de politiske omstændigheder omkring Energjø Bornholm og den igangværende afklaring vedrørende udlandsforbindelsen til Tyskland, vil der ske justeringer i tidsplanen for etablering af Energjø Bornholm. Omfang og varighed af de enkelte anlægsoperationer vil dog være uændrede og vil fortsat blive afviklet som beskrevet.

### 3. Projektets faser – Anlæg og drift

Denne projektbeskrivelse er udarbejdet som bilag til miljøkonsekvensvurderingen af transmissionsanlæg til opkobling af vindenergi fra Energiø Bornholm. I det efterfølgende beskrives anlægsarbejdet på land, kystnært og på havet.

Anlægsprocessen for stationsanlægget vil bestå af en række anlægsarbejder, som indbyrdes skal koordineres. Det endelige omfang af entrepriser og typer af udbud afhænger af udbudsstrategi. Udbudsstrategien er på nuværende tidspunkt ikke endelig fastlagt, men der tages udgangspunkt i at projektet udbydes i én samlet totalentreprise for hele stationsanlægget.

Projektets anlægsarbejder kan inddeles i følgende faser:

Anlægsfase:

- Stationen på Bornholm (afsnit 4.1).
- Stationen på Sjælland (afsnit 4.2).
- Kabelanlæg på land (afsnit 4.3).
- Kystnære anlægsarbejder (afsnit 5):
  - Ilandføring af søkablerne (afsnit 5.1 og 5.2).
  - Kystnære anlægsmetoder (5.3).
- Anlæg i havet:
  - Forberedende arbejder (afsnit 6.1).
- Anlægsarbejde (afsnit 6.2).
- Opfyldning og reetablering (afsnit 6.3).

Driftsfase:

- Onshore stationer (afsnit 4.1 og 4.2)
- Offshore (afsnit 6.4).

Projektets kompleksitet og den meget store variation i havbundsforholdene langs kabelkorridoren resulterer i, at projektet har behov for at kunne anvende en række alternative anlægsmetoder for en given kabelstrækning. Disse anlægsmetoder vil blive nærmere beskrevet i afsnit 6.1 og 6.2.



## 4. Anlæg på land

I dette afsnit beskrives projektets anlæg på land. Idet der anvendes en del fagord i forbindelse med beskrivelserne, henvises til ordforklaring i kapitel 7.

### 4.1 Beskrivelse af stationsanlægget på Bornholm

Højspændingsanlægget på Bornholm skal opsamle og omforme strømmen fra havvindmøllerne til jævnstrøm, som kan transporteres over store afstande. Det nye anlæg skal placeres på det sydvestlige Bornholm, syd for Åkirkeby.

Energinet har besluttet, at 400 kV AC-stationen skal bygges som et gasisoleret koblingsudstyr (GIS), fremfor det traditionelle luftisolerede koblingsudstyr (AIS). Anvendelsen af GIS fremfor AIS vil reducere fodaftrykket for højspændingsanlæggets arealbehov til stationens tekniske anlæg, og det vil samtidig være muligt at etablere det gasisolerede koblingsudstyr uden at øge mængden af klimaskadelige SF<sub>6</sub>-gasser sammenlignet med luftisoleret koblingsudstyr.

De tekniske anlæg til det nye højspændingsanlæg til Energiø Bornholm vil maksimalt omfatte et areal på ca. 50 ha., mens terrænbearbejdningen for indpasning af stationen i landskabet, areal til håndtering af regnvandsopsamling og beplantning vil omfatte et samlet areal på ca. 110 ha.

Projektområdet på Bornholm består af områder til ilandføring af kabler, områder til nedgravning af kabler (kabelkorridor) samt område til station med tilhørende funktioner. Projektområdet for anlæg på Bornholm udgør i alt ca. 320 ha, hvoraf området hvor stationen kan placeres udgør ca. 150 ha, mens kabelkorridorer udgør ca. 170 ha. Projektområdet på Bornholm er vist på kortet, Figur 1.2 herunder.

Stationsanlægget består ud over de tekniske anlæg af adgangsveje fra offentlige veje, interne stationsveje, forsinkelsesbassiner til regnvandsafledning, terrænbearbejdning og beplantning.

Stationen på Bornholm kan i hovedtræk opdeles i nedenstående delområder:

- DC-område.
- Konverterområde.
- 400 kV-område.
- 132 kV-område.
- 60 kV-område (etableres og driftes af det lokale netselskab).
- 220 kV-områder (etableres og driftes af koncessionshavere).

Projektområdet til stationsanlægget med delområder er vist på Figur 4.1. I afsnit 4.1.7 er det samlede tekniske anlæg ved en fuld udbygning beskrevet. I øvrigt henvises til kapitel 9 for en beskrivelse af hvordan stationskomponenterne ser ud. Ordliste/ordforklaring findes i kapitel 6.14.



Figur 4.1. Delområder på stationsanlægget.

#### 4.1.1 DC-området

DC-området består af en række bygninger, der indeholder op til 8 DC-brydere samt op til 2 DC-adskillere. DC-bryderne forventes at få et areal på op til 130x45 m og en bygningshøjde på maksimalt 25 meter. DC-adskillerne forventes at få et areal på op til 47x45 m og en bygningshøjde på maksimalt 25 meter.

Mellem bygningerne på både øst- og vestsiden etableres fritstående udendørs elementer i form af samleskinner. I området opsættes lynfangsmaster i op til 25 meters højde.

#### 4.1.2 Konverter-området

Indenfor konverterområdet etableres to konverterbygninger, en såkaldt bipol. Der medtages areal til en bipol konverter til den danske forbindelse og en bipol konverter til den tyske forbindelse. Konverterbygningerne forventes at få et areal på op til 190x180 meter og en bygningshøjde på maksimalt 25 m. Langs bygningernes østfacader er der placeret flere transformere udendørs langs bygningen. I området etableres desuden et koldt lager, der forventes at få et areal på op til 700 m<sup>2</sup> og en bygningshøjde på op til 15 meter. Der etableres også et udendørs lagerområde.

#### 4.1.3 60/132/400 kV-området

Inden for 60/132/400 kV-området findes flere GIS-bygninger i varierende størrelse. GIS-bygningerne udføres med en ca. 4,5 meter dyb kælder og forventes udført med en maksimal bygningshøjde på 15 meter.

GIS-bygningerne i 400 kV området er størst, og der opføres to stk. hver med et areal på op til 3400 m<sup>2</sup>. GIS-bygninger på 132 og 60 kV har et areal på hhv. op til 800 m<sup>2</sup> og 600 m<sup>2</sup>.

I områderne findes yderligere fritstående elektrisk udstyr, som reaktorer, transformere, harmoniske filtre og choppere. En del af udstyret i forbindelse med chopperne vil stå indendørs i mindre bygninger. I området opsættes lynfangsmaster i op til 25 meters højde.

For 400 kV-koblingsudstyret gælder at anlægget opbygges som GIS-anlæg. Det forventes også at koncessionsejers AC koblingsudstyr på Bornholm skal opbygges som GIS. Alle 400 kV felter, samleskinner, afbrydere, adskillere og måleudstyr m.m. er indeholdt i selve GIS-anlægget. For at beskytte anlægget mod vind, vejr og miljø (eks. salt) huses GIS-anlægget i en bygning, med plads til anlægget samt relæbeskyttelsesudstyr o.l.

Der medtages areal til et multiterminal DC-anlæg, hvor der kan tilsluttes et kabelanlæg fra Tyskland (Interconnector) og et kabelanlæg fra Sjælland muligvis indeholdende 2 kabelforbindelser. Der afsættes plads til fremtidige tilslutninger. Der er afsat 13,5 ha. til det multiterminale DC-anlæg. For 400 kV AC-anlægget er der medtaget areal til to GIS-bygninger med tilhørende automationsbygninger og lagre, to filtre, tre transformere til lokal forsyning, fire sæt kapacitive spændingstransformere og to AC-choppere.

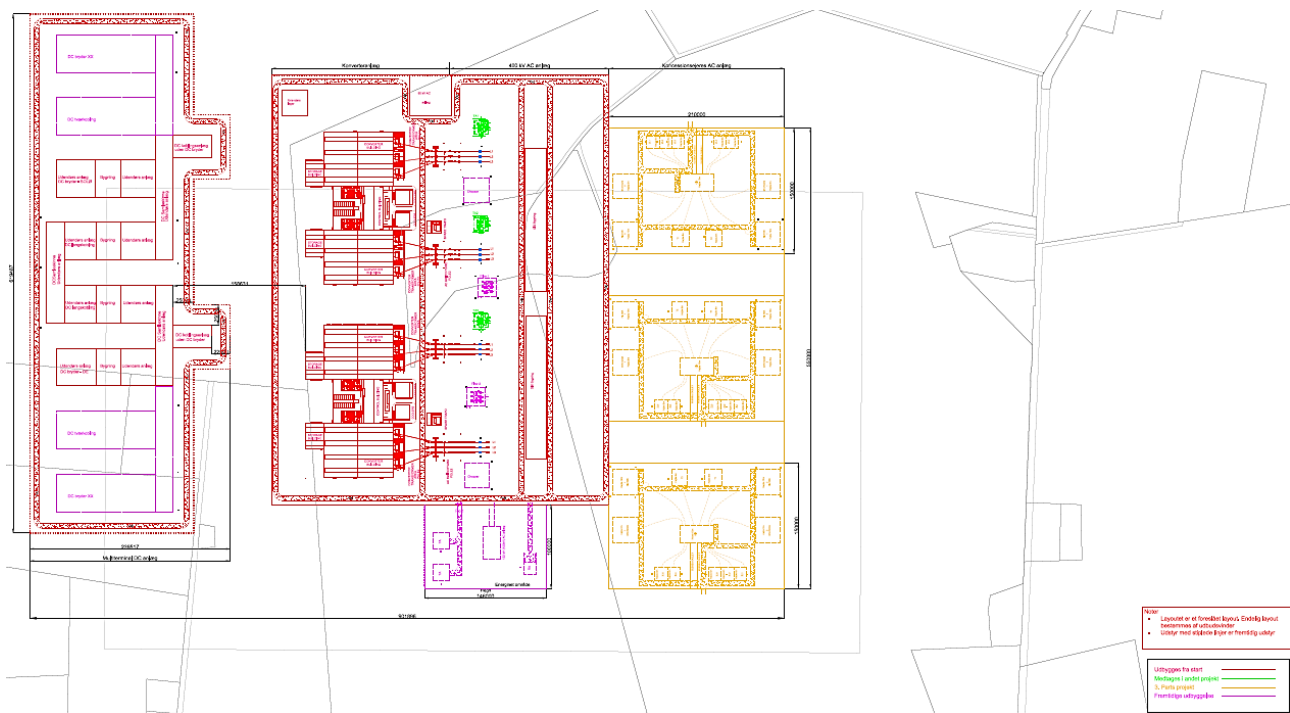
Der medtages areal til et koldt lager og et udendørs lager. Der er medtaget et samlet areal på 210x550 meter til de koncessionsejede AC-anlæg, i alt 11,5 ha.

#### 4.1.4 220 kV-området

De tre områder udlagt til koncessionsejers 220 kV områder, består af en GIS-bygning med et areal på op til 800 m<sup>2</sup>, og disse forventes som i 400 kV området at blive opført med en ca. 3 m dyb kælder og en maksimal bygningshøjde på 15 meter.

I området findes yderligere fritstående elektrisk udstyr, som reaktorer, transformere, harmoniske filtre og STATCOM. En del af udstyret i forbindelse med STATCOM vil stå indendørs i mindre bygninger. I området opsættes lynfangsmaster i op til 25 meters højde.

På Figur 4.2 vises det foreløbige layout for den tekniske opbygning af anlægget på Bornholm. Layoutet for stationen på Bornholm er baseret på maksimalbetragtninger. Den præcise placering af komponenter og indføring af højspændingskablerne til, fra og internt indenfor stationsområdet, bliver afklaret som led i udarbejdelsen af byggeansøgningen til Bornholms Regionskommune.



Figur 4.2. Foreslået layout for stationen på Bornholm. Tegningsnummer 172H5 80 001. Koncessionsejers areal er vist til højre i figuren og forslag til anlæg er fremhævet med gul streg.

#### 4.1.5 Anlægsarbejde på stationsområdet

Følgende anlægsarbejder forventes udført:

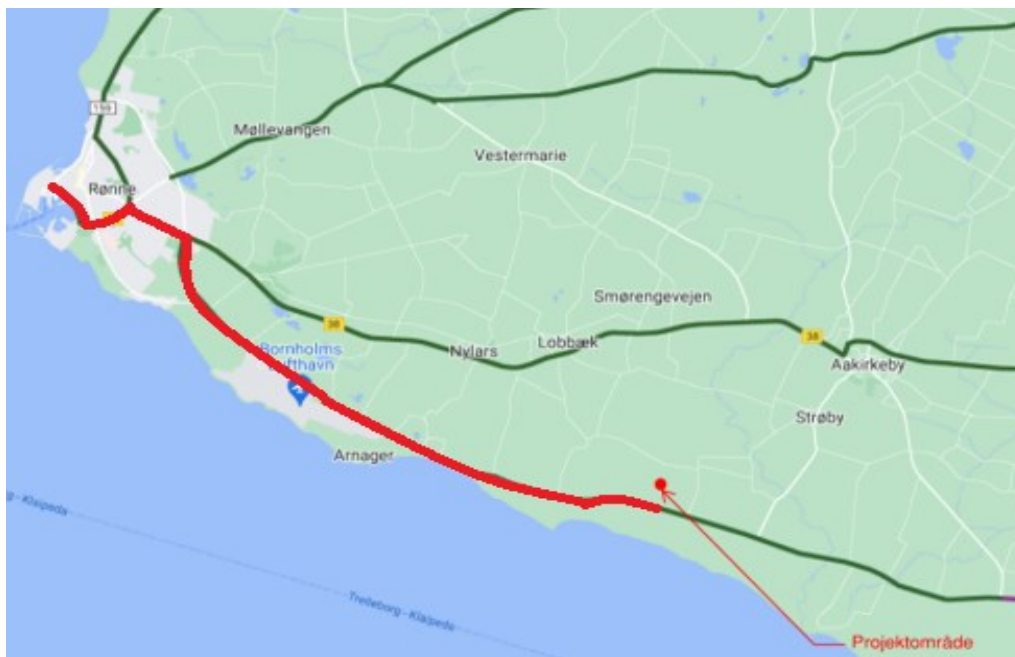
- Etablering af byggeplads samt andre midlertidige faciliteter, arbejdsområder herunder bl.a. jorddepoter.
- Nedrivning af ejendomme.
- Jordarbejder herunder bl.a. terrænregulering, jordforbedring, jordudskiftning.
- Adgangsveje og interne køreveje på stationsarealer.
- Forsyning for vand, kloak, el og internet.
- Afvandingsledninger for afledning af overfladevand.
- Bygninger til GIS-anlæg, HVDC-anlæg, DC-brydere, lagerhaller, relæfelter mv.
- Fundamenter for bygninger, udendørs tekniske installationer og for større oliefyldte komponenter med olieopsamling, i form af reservoirer der kan rumme hele olie-mængden fra den oliefyldte komponent.
- Kabelføringsveje mellem bygning og højspændingsanlæg mv.
- Montering af stativer, højspændingskomponenter inkl. interne forbindelser.
- Perimeterhegn i form af stålhegn omkring stationsarealet og en skærmende beplantning. Den skærmende beplantning vil mht. udformning, omfang og valg af arter og udtryk være tilpasset de lokale landskabelige og naturmæssige forhold.
- Forsinkelsesbassiner til regnvandsafledning, til afledning af overfladevand.
- Formidlingsstandere/info-skilte.
- Landskabsmodellering.
- Beplantning omkring højspændingsstation inkl. biodiversitetsfremmende tiltag.
- Etablering af erstatningsvandhuller.

#### 4.1.6 Anlægsarbejde udenfor stationsområdet

Bornholms Regionskommune er inddraget i valg af transportrute til og fra projektområdet. Igennem Rønne er valgt den vej, der har den højeste vejklasse. Fra Rønne til projektområdet er valgt den mest direkte vej, Søndre Landevej. Ruten følger kommunens overordnede trafikveje.

Følgende anlægsarbejder udføres udenfor stationsområdet:

- Der skal fra Rønne Havn og frem til stationsområdet laves en modificering af vejanlægget således at der kan foretages specialtransporter, se Figur 4.3. Det forventes at midten på 3 rundkørsler skal modificeres så der er mulighed for overkørsel for et antal meget lange transportere. Rundkørslerne vil efterfølgende blive reetableret. Alternativt til denne rute, kan særtransporter ske ad Strandvejen.
- Fra Søndre Landevej og ind på Vasegårdsvej, skal der etableres vejudvidelse der kan håndtere specialtransporter og trafik til byggepladsen. For at kunne anvende Vasegårdsvej som adgangsvej til stationsområdet skal denne udvides til en bredde på 7 meter, svarende til bredden på Søndre Landevej. Vejudvidelsen på Søndre Landevej vil ske i form af en venstresvingbane, der samtidig kan håndtere almindelig trafik i spidsbelastningsperioder for hvor der er byggeaktivitet.



Figur 4.3. Tung-transportvejnettet på den sydvestlige side af Bornholm. Med rødt er den primære transportrute fra havnen til projektområdet markeret. Kilde: Bornholms Kommuneplan 2020.

Der er dialog med Bornholms Regionskommune om disse anlægsarbejder udenfor projektområdet til den kommende højspændingsstation. Disse arbejder bliver udført efter godkendelse fra Bornholms Regionskommune. Den udpegede rute til projektområdet er en del af tungtransportnettet på Bornholm og er i Trafikplanen klassificeret som Trafikvej, gennemfart.

#### 4.1.7 Tekniske anlæg – det samlede anlæg ved fuld udbygning

Følgende overordnede tekniske anlæg forventes, etableret ved fuld udbygning af anlægget:

- GIS-anlæg er fordelt i to bygninger indeholdende automationsbygning, egenforsyningsanlæg, lager m.m. GIS-anlægget etableres med:
  - 24 dobbeltbryderfelter for tilslutning af 400 kV komponenter.
  - 3 langskoblingsfelter.
  - dobbelt-samleskinne med 4 sektioner.
- Etablering af 2 filtre.
- Etablering af 3 transformere.
- Etablering af 2 AC-choppere (inklusive step down transformer).
- Etablering af 2 bipol konverter systemer (inklusive konverter transformere)
- Etablering af 8 DC-brydere.
- Etablering af 2 separate DC-adskillere til tilslutning af konvertere.
- Etablering af 2 DC-samleskinner.
- Etablering af 4 kapacitive spændingstransformer systemer.
- Etablering af 100 lynfangsmaster.
- Jordingsanlæg.
- Etablering af 3 koncessionsejede anlæg:
  - Det vides endnu ikke hvordan de koncessionsejede anlæg designes, men der tages udgangspunkt i et 220 kV AC-system, og at hvert anlæg indeholder to transformere, en kompenseringspole og et GIS-anlæg.
- Etablering af et 132 kV anlæg indeholdende to transformere, en kompenseringspole og et GIS-anlæg.
- Etablering af et 60 kV anlæg (indholdet kendes endnu ikke). Det forventes at være et indendørs AIS-anlæg.

Der opsættes arbejdsbelysning som kun er aktivt i tilfælde af, at der arbejdes på anlægget. I Tabel 4.1 er de enkelte komponenter oplistet sammen med dimensioner, areal, indhold af olie/gas. Kildestyrker for støj er ligeledes angivet.

Tabel 4.1. Estimerede komponent data for stationsanlægget på Bornholm.

Betegnelse	Længde [m]	Højde [m]	Bredde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Olie / Gas [kg]	Akustisk støj [dB(A)]	Type
GIS-bygning	170	15	25	4.250	16.000 kg gas <sup>4</sup>	80	Bygning
Filter	30	15	40	1.200	NA	84	Udendørs anlæg
Transformer	20	15	20	400	100.000 kg olie <sup>5</sup>	93	Udendørs anlæg

<sup>4</sup> Gassen er indeholdt/opdelt i mange små kamre af sikkerhedsmæssige samt driftsmæssige hensyn, hvilket begrænser mængden fra et eventuelt udslip i det enkelte kammer og reducerer mængden af gas som skal håndteres ved service/vedligehold. Standarden for metalkapslede IEC-standard 62271-203 foreskriver, at grænsen for SF-6 læk skal være begrænset til 0,1% for det samlede anlæg om året eller 0,5% for et enkelt kammer. (ENDK bestræber sig på at indkøbe alternativer til SF-6 i de tilfælde markedet tillader det og alternative løsninger findes, dette for at leve op til Energinets målsætning om total udfasning af SF-6 inden 2050). De 16.000kg gas kan være fordelt på flere slags isoleringsmedier alt efter hvilken komponent/funktion der er tale om.

<sup>5</sup> Transformeretableres på et tæt fundament på størrelse med hele "fodaftrykket" som kan indeholde den totale mængde af olie + en sikkerhedsmargin. Olien kan typisk genanvendes ved filtrering eller regenerering. Transformerens gennemføringer er ved Energinet af typen "dry" hvilket reducerer risikoen for brand. Ved transformere som står tæt på hinanden eller bygninger er der krav til brandmitigerende tiltag såsom brandklassificerede vægge som ofte også fungerer som støjreducerende tiltag.

Betegnelse	Længde [m]	Højde [m]	Bredde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Olie / Gas [kg]	Akustisk støj [dB(A)]	Type
Chopper	30	15	30	900	100.000 kg olie <sup>6</sup>	93	Kombineret bygning og udendørsanlæg
Bipol konverter anlæg <sup>7</sup>	190	25	180	36.100	700.000 kg olie (Transformere) 1.000 kg gas (Afbrydere). Op til 3,5 m <sup>3</sup> glykol	99	Kombineret bygning og udendørsanlæg
DC-bryder	117,5 (130)	25	45	5.287 (5.850)	1.000 kg gas	80	Kombineret bygning og udendørsanlæg
DC-adskiller	47	25	27	1.269	500 kg gas	80	Kombineret bygning og udendørsanlæg
DC-samleskinne	520	15	21	10.920	-	-	Udendørs anlæg
Lynfangsmaster	1	25	1	1	-	-	Udendørs anlæg
CVT	20	15	20	400	-	NA	Udendørs anlæg
Koncessionsejede /132 kV transformere	20	8	20	400	100.000 kg olie	90	Udendørs anlæg
Koncessionsejede/132 kV reaktorer	15	8	15	225	70.000 kg olie	86	Udendørs anlæg
Koncessionsejede / 132 kV GIS anlæg	40	15	20	800	8.000 kg gas	80	Bygning
Koncessionsejede filtre	30	12	30	900	-	84	Udendørs anlæg
Koncessionsejede STAT-COM	30	5	30	900	-	90	Kombineret bygning og udendørs anlæg
60 kV anlæg	181	10	66	11.946	-	80	Kombineret bygning og udendørs anlæg

#### 4.1.8 Usikkerheder

Filtre, choppere og transformere medtaget som muligt nødvendigt udstyr. Det betyder, at den beregnede støjbelastning kan anses som et worst-case scenarie. Det skal nævnes, at en chopper kun er aktiv i få sekunder ad gangen og kun i tilfælde af HVDC-konverteren lukker ned ved en fejl.

#### 4.1.9 Øvrige installationer, bygninger, m.v.

Udover bygninger der etableres direkte i forbindelse med stationsinstallationer, etableres der lagerbygninger og mandskabsbygninger på stationen. Mandskabsbygninger indeholder evt. overnatningsfaciliteter samt køkken og bademulighed. Der installeres brandslukningsanlæg i alle bygninger.

Der opsættes trådhegn rundt om stationen, og udenfor hegnet etableres beplantning og sive-søer (regnvandsbassiner).

<sup>6</sup> DC-choppere indeholder ikke olie, hvorimod AC-choppere typisk er kombineret med transformere og kan derfor indeholde olie.

<sup>7</sup> Konverteren vil indeholde op til 3,5 m<sup>3</sup> ren glykol (max-betragtning). Der er iværksat forskellige tiltag som sikrer at der, hvis der måtte kunne ske uheld, hvor glykolen siver ud af anlægget, samles op. Disse tiltag er fx lækagealarm på glykol rør som stopper flow hvis en lækage bliver registreret. Derudover er rør fra udendørs køleflader til pumpekids indendørs ført via beton kanaler med opsamlingspumper. Under køleflader udvendig er der opsamlingskar som gør at et spild/lækage ikke vil blive ledt i jorden.

#### 4.1.10 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner herunder trafik

Aktiviteterne i anlægsperioden for højspændingsstationen beskrives i nedenstående fire faser:

År 1 (hele projektområdet):

- Byggemodning.
- Etablering af råhus, facader og tag.

År 2-3 (indenfor stationshegnet):

- Bygningsinstallationer.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.
- Indvendige installationer.

År 3-4 (indenfor stationshegnet):

- Installation af højspændingsudstyr.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.

År 5 (hele projektområdet):

- Udendørs højspændingsinstallationer.
- Landskabsbearbejdning og afsluttende belægningsarbejder.

Da entreprisen endnu ikke er udbudt, antages det, at byggeriet i området vil foregå som to selvstændige byggerier i hhv. konverterområdet og i 400 kV området, hvor der etableres GIS-anlæg. Byggemodningen af de to byggerier vil foregå i forlængelse af hinanden.

Til etablering af stationsanlægget vil der være behov for et antal entreprenørmaskiner. Der er i Tabel vist en oversigt over de forventede typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden. De angivne maskiner vil ikke blive anvendt kontinuerligt igennem anlægsarbejdet, men kun på de tidspunkter, hvor deres tilstedeværelse er påkrævet. Der vil særligt i den indledende fase et være behov for mange entreprenørmaskiner på byggepladsen, idet en stor del af jordarbejdet vil foregå i denne indledende fase.

Der er udført en simpel opgørelse af omfanget af transportarbejdet opdelt i hovedaktiviteter baseret på Energinets erfaringer fra tilsvarende opgaver. Opgørelsen skal betragtes som overlagsmæssig med det formål at få et indtryk af trafikarbejdet og driftstid ved anvendelse af entreprenørmaskiner.

Tabel 4.2. Overslag over omfanget af lastbiltransporter i Fase nul til Fase tre af bygge- og anlægsarbejderne (se i øvrigt kapitel 2).

	Periode	Varighed mdr./dage	Forventet antal transporter pr. dag, gennemsnit	Samlet antal forventede lastbiltransporter
Fase 0	Q1 - Q4	12 / 260	Under 1	Ca. 200
Fase 1	Q1 - Q2	30 / 650	Ca. 25	Ca. 15.000
Fase 2	Q3 - Q4	18 / 390	Ca. 10	Ca. 3.000
Fase 3	Q1 - Q2	6 / 140	Ca. 2	Ca. 300
Samlet				Ca.18.500



Fase 0 (se 4.1.20.1): Q1 – Q4 = 12 måneders varighed = 260 arbejdsdage.

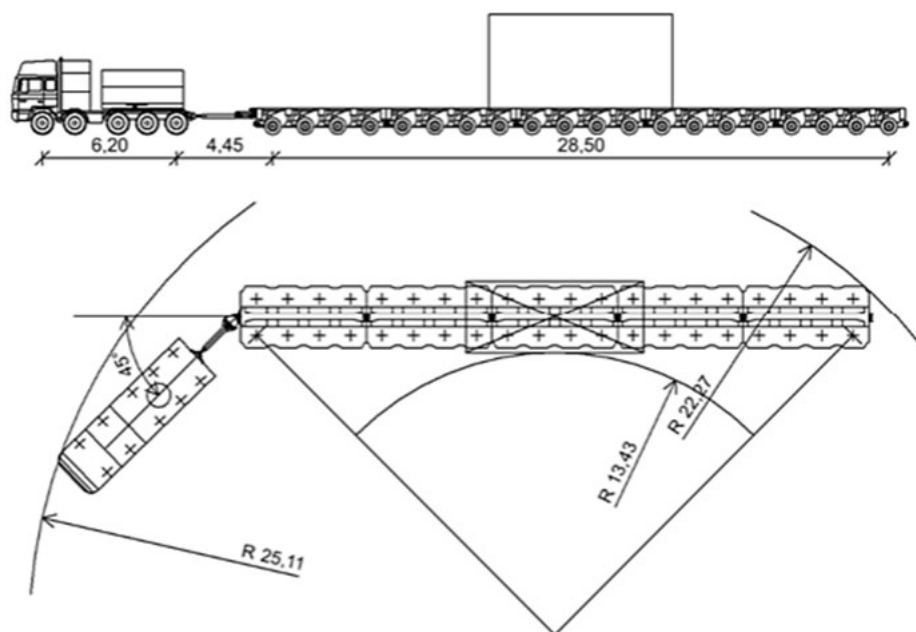
Fase 1 (se 4.1.20.2): Q1 – Q2 = 30 måneders varighed = 650 arbejdsdage.

Fase 2 (se 4.1.20.3): Q3 – Q4 = 18 måneders varighed = 390 arbejdsdage.

Fase 3 (se 4.1.20.4): Q1 – Q2 = 6 måneders varighed = 140 arbejdsdage.

Der vil desuden være behov for at arrangere enkelte særtransporter fra Rønne til stationsområdet. Disse særtransporter vil forekomme løbende over byggeperioden, idet leverandører formentligt vil levere elementerne efterhånden som de produceres. Der forventes ca. 20 særtransporter samlet set over hele byggeperioden, heraf vil ca. 10 transportere forgå i det mest intensive byggeår som er midt i anlægsperioden. Særtransporter vil kunne forekomme på alle tidspunkter i døgnet.

Det er først og fremmest fordi disse installationer er tunge (og høje), at de kræver specialtransporter, og derfor skal trykket deles ud over flere aksler. Med de specialkøretøjer, som der anvendes, antages det at punktbelastningen på vejnettet ikke bliver større end punktbelastningen med almindelige lastbiler eller fx gyllevogne. Særtransporter vil ske ved fx 20-akslet vogne som vist på figuren herunder, hvilket er en belastning som en almindelig trafikvej vil kunne klare.



Figur 4.4. Kørekurve for 20-akslet specialkøretøj.

Særtransporter vil kunne foregå ad alternativ rute på Strandvejen. Det vil i dialog med Bornholms Regionskommune blive undersøgt nærmere hvilke tiltag der skal gøres hvis transporten foregår via Strandvejen. Umiddelbart ser det ud til at være en rute med velegnede bløde kurver, der kan håndtere store køretøjer. Der vil være en udfordring i begge ender af Strandvejen til hhv. Zahrtmannsvej og Søndre Landevej, som skal løses gennem nærmere projektering. Trafiksikkerhed skal tænkes ind i tilrettelæggelsen særtransporter. Bornholms Regionskommune inddrages i vurderingen af trafiksikkerhed.

Udover transport af varer og materiel til pladsen vil der være personbiltrafik fra de personer der arbejder på byggepladsen. Disse personer vil være indkvarteret i området omkring Rønne.

Der vil være størst arbejdsbelastning på byggepladsen i den tidlige byggeperiode, med en anslået bemanning på gennemsnitligt 500 personer. For at beregne et estimat for trafikbelastningen opstilles følgende forudsætning: Hvis disse personer i gennemsnit har en samkørsel med to personer i hver bil, vil det dagligt generere 500 ture om dagen, dog med en spidsbelastning i fase 1 med 650 ture, hvor der både er anlægsaktivitet for byggeri og installationsarbejde (overgang mellem fase 1 og 2, se Tabel 4.2). Denne trafik vil ikke give kapacitetsproblemer på strækningen fra Rønne til byggepladsen, men et venstresvingsanlæg ved Vasegårdsvej, vil være et tryghedsskabende og trafiksikkerhedsmæssigt tiltag. Det forudsættes, at langt de fleste materialer til pladsen kommer fra Rønne havn, og at der i forbindelse med forskellige leverancer på havnen vil være en spidsbelastning af transporter, der kan overstige den gennemsnitlige daglige transport betydeligt.

Beton vil blive leveret fra havnen eller fra det lokale betonværk på Bornholm (Snorrebakken, Rønne) Der skal under alle omstændigheder leveres materialer til produktionen, hvilket er medtaget i overslaget. Jord håndteres indenfor projektområdet (jordbalance), og at det således ikke belaster den omkringliggende infrastruktur.

På baggrund af de opgjorte mængder samt forudsætning om bygge- og anlægsarbejds tidsplan er trafikbelastningen på offentlig vej hidrørende fra lastbiltransporter til byggepladsen skønnet. De opgjorte hovedmængder er indplaceret i en fase, svarende til faserne angivet i tidsplanen i afsnit 4.1.19. Det er forudsat, at al råjord og muld enten kan genanvendes i projektet eller indarbejdes i og omkring anlægget, hvorfor der ikke hidrører trafik på offentlig vej fra dette. Beregning ud fra hovedmængder er skaleret ud fra referenceprojektet Viking Link, hvor der i perioden for bygge- og anlægsarbejder har været ca. 6.000 lastbiler i alt svarende til et gennemsnit på ca. 10 lastbiltransporter til byggepladsen pr. dag. Referenceprojektet omfatter anlæg af én bipol. Se overslag i Tabel 4.3.

*Tabel 4.3. Oversigt over forventet maskinel til anlægsarbejder samt forventet varighed af anlægsarbejder.*

Stationsanlægsområde	Skønnet typer af maskiner	Forventet varighed af anlægsarbejder	Forventet varighed for etablering af bygninger
DC-bryder og samleskinne	Gravemaskiner, 7 til 50 tons Rendegravere/minigravere Lastbiler og dumpere Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran Mobilkraner Personlifte	18 mdr.	24 mdr.
DC-Konverterområde	Gravemaskiner, 7 til 50 tons Rendegravere/minigravere Lastbiler og dumpere Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran Mobilkraner Personlifte	18 mdr.	24 mdr.

Stationsanlægsområde	Skønnet typer af maskiner	Forventet varighed af anlægsarbejder	Forventet varighed for etablering af bygninger
400 kV-område	Gravemaskine, 7 til 50 tons Rendegravere/minigravere Lastbil/dumpere Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran Personlifte	18 mdr.	24 mdr.
Koncessionsvindere 220 kV GIS-station	Gravemaskine, 7 til 32 tons Rendegravere/minigravere Lastbil/dumper Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran Personlifte	30 – 36 mdr.	

I driftsfasen vil trafikken ind til stationen være særdeles begrænset, idet stationen er ubemandet. I forbindelse med drift og vedligehold, vil der derfor være en begrænset mængde let trafik, skønsmæssigt i et omfang af 1-5 biler/døgn. I særlige situationer ved nedbrud af større maskiner, vil der kunne forekomme transport med lastbiler og i enkeltstående tilfælde (måske en gang hver 5. år), vil der være behov for en særtransport.

#### 4.1.11 Støj i anlægsperioden

Anlægsarbejderne vil som udgangspunkt blive udført indenfor normal arbejdstid, som på hverdage er kl. 07-18 og lørdage kl. 07-14.

Arbejdsdagens tilrettelæggelse er endnu ikke sket, da anlægsarbejdet endnu ikke er udbudt. Arbejdsstyrken forventes at rejse til Bornholm fra Europa, hvorfor det kan forventes at arbejdet tilrettelægges i 14 dages skift. Det betyder, at folk er på pladsen i 14 dage og hjemme i 14 dage. Der vil formentligt være forskellige forskydninger af disse ordninger, så bemanning på pladsen er forholdsvist konstant i de enkelte arbejdsprocesser. Det er et almindeligt ønske for medarbejdere der er udstationeret på denne måde, at de ønsker at arbejde mest muligt (indenfor arbejdstidsreglerne). Denne arbejdsform giver dog et behov for at få tilladelse til at arbejde fx fuld tid om lørdagen, dvs. til kl. 18. Arbejdstidsregler skal overholdes. Arbejde ud over almindelig arbejdstid vil med enkelte undtagelser således kunne forekomme om lørdagen ind til klokken 18.

Der vil være behov for at arbejde udenfor disse arbejdstider i forskellige perioder af anlægsarbejdet. Bornholms Regionskommune vil blive ansøgt om dispensation til dette, når behovet kendes. På nuværende tidspunkt vides det at der vil være behov for arbejdstidsdispensationer i forbindelse med fx følgende arbejder:

- Indledende anlægsarbejder og byggemodning – i forbindelse med fx grundvandssænkning (hvis det er nødvendigt) og store gravedybdere.
- Støbearbejder hvor der skal støbe kontinuerligt frem til støbeskel.
- Arbejder der kræver forcering.

Arbejde som kræver såkaldt forcering, er arbejder der er kritiske i forhold til overholdelse af tidsplanen. De enkelte indsatser er indbyrdes afhængige af hinanden og arbejdet vil derfor gå i

stå, hvis der sker afbrydelser i en arbejdsgang. Omfanget og karakteren af disse kendes ikke på forhånd, men det kunne fx være montage af en facade eller en bærende stålkonstruktion. Noget kan kun forceres ved at forlænge arbejdstiden og ikke ved at tilføje flere mandskabsressourcer. Omfanget af dette og de nødvendige tilladelser til dette vil kun kunne ske efter tilladelse fra Bornholms Regionskommune.

I forbindelse med planlægning af anlægsarbejdet er Energinet i dialog med Bornholms Regionskommune. Bornholms Regionskommune har i 2024 vedtaget en forskrift for visse miljøforhold ved midlertidige bygge- og anlægsarbejder på Bornholm. Idet anlægsperioden for etablering af stationsanlægget på Bornholm strækker sig over en længere periode, vil det blive aftalt med regionskommunen, hvordan anlægsarbejdet på stationen skal tilrettelægges.

For at foretage en miljøvurdering af støj fra anlægsarbejdet udføres støjberegninger for anlægsperioden (se også afsnit 4.1.19 som gennemgår tidsplanen for anlægsarbejde for stationen på Bornholm).

#### 4.1.12 Terrænregulering

Terrænmæssigt fremtræder stationsområdet relativt fladt i den nordlige del, mens det mod syd aftager. Når yderpunkter ikke medregnes, ses en variation på ca. 8 meter fra områdets nordligste punkt til områdets centrale lavpunkt I forbindelse med etableringen af stationsområdet vil det være nødvendigt at udføre terrænregulering for at arealerne er anvendelige til det tekniske anlæg. Arealerne vil blive planeret under hensyntagen til kravene for det tekniske anlæg, evt. med terrasser tilpasset de eksisterende terrænforhold.

#### 4.1.13 Emissioner

Komponenter med SF<sub>6</sub>-gas findes på mange af Energinets højspændingsstationer rundt om i landet. Gassen fungerer effektivt som isolationsmiddel i gasisolerede el-anlæg, og i afbrydere sikrer gassen, at den gnist eller lysbue der opstår, når man afbryder strømmen, også slukkes.

Nedenstående viser en oversigt over SF<sub>6</sub>-gasser fra højspændingsstationen på Bornholm (Tabel 4.4).

Tabel 4.4. SF<sub>6</sub>-gasser.

Anlæg	Rate (kg SF <sub>6</sub> /felt* / år)	Antal felter	Udledning (kg SF <sub>6</sub> / år)	Udledning (ton CO <sub>2</sub> -eq/ år)**
GIS	0,115	29	3,335	78,3725

\*felt = tilslutningspunkt i anlægget

\*\* beregning gælder drift, uheld er ikke inkluderet

#### 4.1.14 Regnvandshåndtering

Regnvandshåndtering på stationsområdet er afgørende for at sikre en effektiv afledning og nedsivning af overfladevand samt for at reducere risikoen for oversvømmelser. Regnvand fra tagflader og befæstede arealer inden for højspændingsstationen afvandes til regnvandsbassiner for forsinkelse og rensning inden udledning til Risebæk. Områderne afvander via to forbundne regnvandsbassiner (Bassin A og Bassin B) til Risebækken, som her betragtes samlet. Energinet har ansøgt BRK om udledningstilladelse samt tilladelse til regulering af Risebækken og følger anvisninger og vilkår, der stilles ifm. meddelelse af tilladelsen. Regnvandshåndtering på stationsområdet kræver *etablering af vådbassiner* samt *tilslutning og udledning til den omlagte Risebæk*, hvilket vil blive præsenteret i dette afsnit.

### Etablering af vådbassiner

For at forsinke og rense regnvandet iht. BAT, etableres der to vådbassiner hhv. Bassin A og Bassin B, som vist på Figur 4.5. Stationsanlæggets befæstede områder er opgjort til 40,5 ha med en befæstningsgrad på 0,37. Bassinerne er dimensioneret med en gentagelsesperiode på 10 år og en klimafaktor på 1,7. For at opnå god rensning af regnvandet etableres bassinerne som våde, hvor vådvolumenet udgør minimum 250 m<sup>3</sup> pr red. ha. (Tabel 4.5). Det befæstede område består af vej, bygninger og øvrige arealer som kan ses i Figur 4.5.

Bassinerne udføres som jordbassiner. Skråningsanlægget forventes at blive ca. 1:5 for den øvre del, men 1:3 for den dybere del. Den nederste del (under vandspejlet) udformes, så tilløbet fordeles over så stort et tværsnit som muligt for at reducere hastigheden og dermed optimere bundfældningen. Udformningen af bassinerne fastsættes endeligt i det senere detailprojekt. Bassinerne vil blive etableret med tæt membran, som sikrer, at der ikke sker udsivning til Risebækken. Der etableres et indløbsbygværk for at sikre bassinet mod erosion. Der er ikke behov for forbassiner, da sandfang og olieudskillere er indbygget i afløbssystemet inden for stationsområdet.

Bassinerne er foreløbigt dimensioneret ved brug af Spildevandskomiteens Regionale Regnrækkeværktøj v2023. For dimensionering af bassinerne er der anvendt 0,72 l/s pr. red. ha. som afløbstal, svarende til den naturlige afstrømning fra området ved medianmaksimum.

Tabel 4.5. Data for regnvandsbassiner (samlet for de to bassiner).

<b>A<sub>total</sub> (Ha)</b>	<b>110,6</b>
Befæstigelsesgrad	0,37
A <sub>red</sub> (Ha)	40,5
Gentagelsesperiode (År)	10
Klimafaktor	1,7
Vådvolumen (m <sup>3</sup> )	10.118
Opstuvningsvolumen (m <sup>3</sup> )	55.648
Overløb	Risebækken
Modtager / recipient	Risebækken
Udledning (l/s)	29,1

Bassinerne udleder, jf. Tabel 4.5, maksimalt 29,1 l/s under regn (uden overløb) til Risebækken.

Stationsområdet har ca. 24 transformere med køleolie. De er placeret på betonfundamenter med opsamlingskamre. Afløb fra kamrene føres til olieudskillere med koalescensfilter, hvor vandet renses før udledning til afløbssystemet. Det rensede vand fra opsamlingskamrene afledes videre i afløbssystemet sammen med øvrigt overfladevand fra det nye anlæg. Formålet med olieudskillerne er kun at udskille olie ved spild/lækage i mindre mængder. Forekommer større mængder olie vil udskilleren lukke for udløbet. Olieudskillerne er udstyret med en elektronisk alarm for høj væskestand (olie eller vand) opkoblet til alarmsystem ved Energinets kontrolcenter, som fortæller, at olieudskilleren har lukket udløbet. Det mekaniske flydelukke kan kun åbnes ved fysisk tilstedeværelse på stationen og i selve olieudskillerbrønden. Den kan altså ikke åbnes uden nogen har besigtiget årsagen til lukningen af udløbet. For ekstra sikkerhed installeres brønde med motorstyrede skydeventiler før udskillerne. Ved registrering af olie lukkes ventilen, så spild tilbageholdes. Transformerfundamenterne fungerer som magasin med kapacitet til opstuvning af regnvand og olie.

Ved udløbet fra bassinerne kan der etableres en brønd med et drosselhul og nødoverløb. Herved vil afløbet blive "dykket", således evt. flydestof/olie vil samle sig på overfladen i bassinet og ikke blive ført med i afløbet. Der monteres et spjæld i afløbsbrønd for anvendelse ved f.eks. uheld/tilledning af skadelige stoffer til bassinet. Udløbet erosionssikres, f.eks. med håndsten støbt i beton.



Figur 4.5. Oversigtskort.

### Omlægning af Risebæk

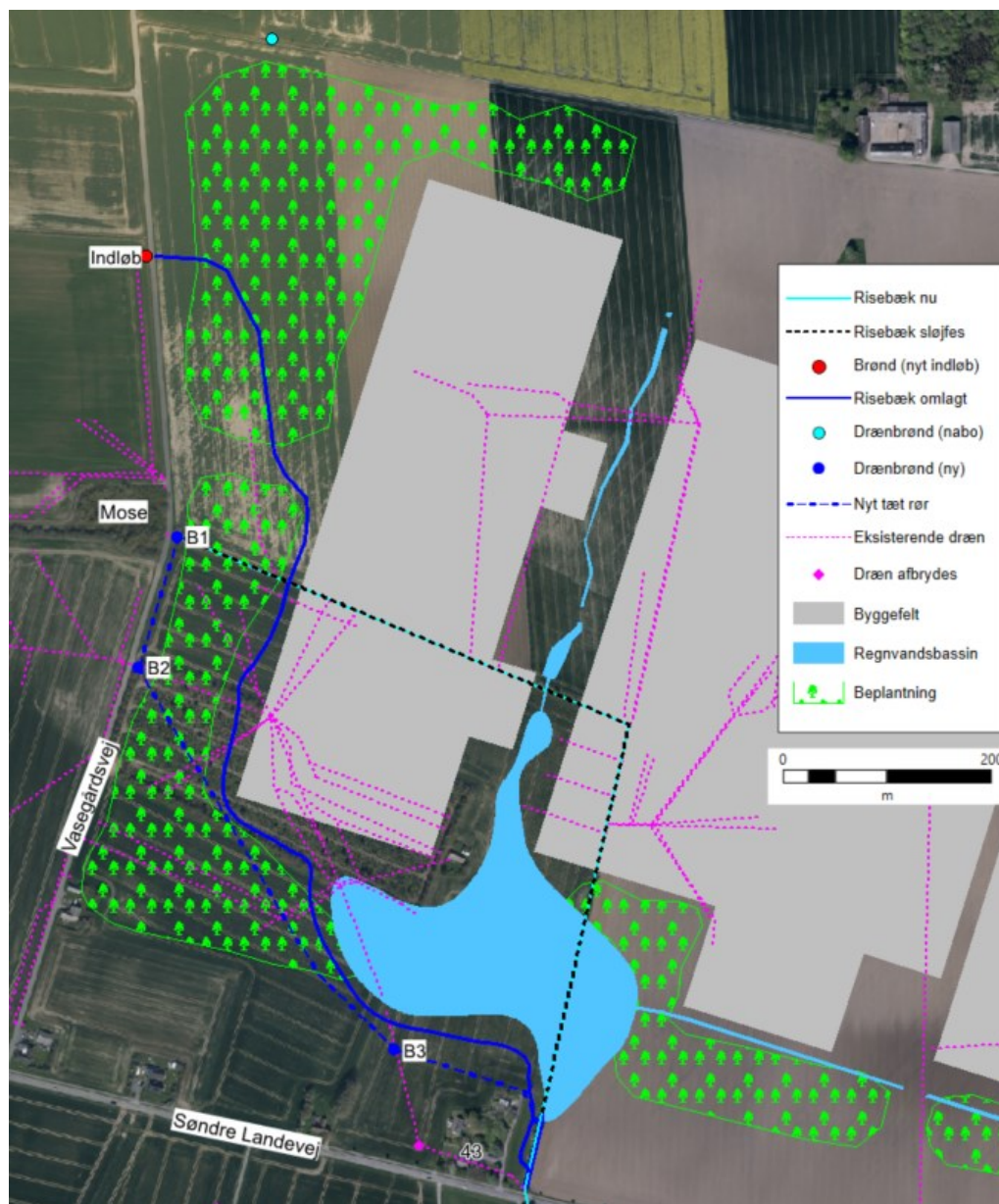
Ved projektet sløjfes næsten hele det eksisterende forløb af Risebækken inden for stationsområdet, og der anlægges i stedet et mere slynget og terrænnært vandløb. Herved hæves grundvandsstanden i området med alunskifer med ca. 1-1,5 meter for at mindske udvaskningen af okker. I de vestlige oplande er der ikke alunskifer og okkerproblemer.

Det nye forløb begynder med en indløbsbrønd i grøften på vestsiden af Vasegårdsvej ca. 270 m nord for den nuværende underføring. Herved bliver næsten hele det nordvestlige opland ført til det nye vandløb.

Det sydvestlige opland til stationsområdet er drænet. Afløbet fra dette drænopland føres med et nyt tæt rør gennem projektområdet frem til underføringen under Søndre Landevej. Røret erstatter det eksisterende hoveddræn fra vest (som går gennem et kommende byggefelt) (Figur ). Der er et restoplend nord og vest for mosen på 10,8 ha, som ikke fanges af indløbsbrønden. For at sikre uændret afvanding fra restoplendet ledes dette vand også gennem nævnte rør, da det på grund af terrænforholdene ikke kan ledes i det nye åbne forløb, der har højere bund end det nuværende vandløb.

Da afstrømningen på Bornholm varierer meget, anlægges det nye vandløb som et dobbeltprofil med en 30 cm bred strømrende ca. 10 cm under en afsats. Herved opretholdes en vis vanddybde i strømrenden under normal vandføring samtidig med, at vandløbet kan håndtere meget store afstrømninger. Der lægges et tyndt lag singles i bunden som substrat, ca. 5 cm. Derudover lægges der spredte marksten (diameter ca. 200-400 mm) med 1 sten pr. 5 meter, skiftevis i højre og venstre side.

På de sidste 70 meter ned til landevejen bliver vandløbet til et stryg. Der lægges her en blanding af 75 % singles og 25 % pigsten (60-100 mm) samt marksten (1 pr. meter) som erosionsbeskyttelse. Tilslutningen til det eksisterende vandløb erossionsikres ligeledes med sten.



Figur 4.6. Projekteret nyt forløb af Risebækken, muligt tilløb fra nord samt rørledning i forhold til planlagte byggefelter, beplantning og regnvandsbassin.

#### Tilslutning til Risebæk

Udløbet sker til Risebæk kort opstrøms Søndre Landevej og kort før udløbet af det omlagte vandløb. Nedstrøms Søndre Landevej er Risebæk et skovvandløb med stort fald og stenet bund. Denne strækning er målsat i Vandområdeplan 2021-2027. Efter ca. 1 km udløber Risebæk i Østersøen.

Risebækken overskrider miljøkvalitetskravet (MKK) for zink (se senere), hvilket medfører, at højspændingsstationen ikke må overskride MKK i udledningspunktet. Højspændingsstationen udformes derfor med henblik på i videst mulige omfang at begrænse udledningen af zink, og der anvendes derfor ikke zinkinddækninger eller zinktagrender. En del zink fjernes i

regnvandsbassinerne, men hvis dette ikke er tilstrækkeligt, etableres filteranlæg til fjernelse af zink, så kravet overholdes i udledningspunktet.

Projektet er i udbud i totalentreprise, og derfor kendes den endelige projektudformning ikke. Der stilles krav til leverandøren om, at MKK overholdes i udløbspunktet. En mulighed er at etablere et dobbeltporøst filtreringsanlæg (DPF) efterfulgt af et "Heavy Metal Remover"-anlæg (HMR). DPF-anlægget tilbageholder de helt fine partikler, som ikke er blevet tilbageholdt i forsinkelsesbassinerne. Herefter renses med et HMR-anlæg, som binder tungmetaller ved kemisorption/adsorption til naturlige mineraler i sorbenten. Der afgives ingen forurenende stoffer fra sorbenten.

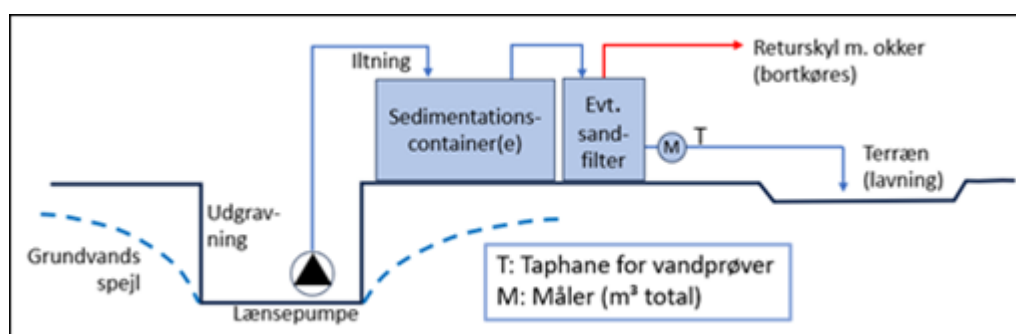
#### 4.1.15 Midlertidig grundvandssænkning

Midlertidig grundvandshåndtering i anlægsfasen kan være nødvendig i forbindelse med dybe kælderudgravninger samt i mindre omfang i forbindelse med dybe udgravninger for ledninger og kabler. Under forudsætning af at jordlagene som forventet helt overvejende består af ler, forventes det ikke at være nødvendigt at foretage grundvandssænkning. Drænrender og pumpe-sumpe med dykpumper vil formentlig være tilstrækkelige til at tørholde udgravningerne.

Udgravningsarbejderne bliver af hensyn til risiko for okkerudfældning planlagt, så den samlede mængde oppumpet grundvand minimeres så meget som muligt.

Oppumpet grundvand i anlægsfasen skal udledes via containere opstillet til formålet, sådan at vandet behandles ved iltning og sedimentering i disse inden videre udledning til eksisterende eller midlertidigt etablerede lavninger i terrænet. Derved tilbageholdes udfældet okker, uden at der tilsættes kemiske hjælpemidler til vandet, idet iltning sker ved hjælp af den omkringliggende luft. Antallet af containere afpasses i forhold til gennemstrømningen og jernindholdet, så der opnås tilstrækkelig sedimentation af okker inden udledning. Om nødvendigt kan tilbageholdelsen af okker forbedres vha. halmballer i containerne eller ved etablering af sandfiltrering inden udledning til terræn. Returskyl med okker herfra kan enten opbevares i bassiner eller containere, inden det køres bort (Figur 4.7).

Der vil ikke blive udført permanent grundvandssænkning omkring kælderkonstruktioner.



Figur 4.7. Princip for fjernelse af jern ved midlertidig tørholdelse af udgravninger i området.



#### 4.1.16 Spildevand i anlægsfasen

Området, hvor stationen opføres, ligger uden for kloakerede område.

I etableringsfasen forventes det, at der vil være mindre mængder af far spildevand, der skal håndteres. Energinets erfaring fra lignende etableringsprojekter viser, at der kun er minimalt behov for badefaciliteter på byggepladsen.

Sanitært spildevand i anlægsfasen opsamles i septiktanke og køres væk til godkendt modtager efter anvisning fra Bornholms Regionskommune.

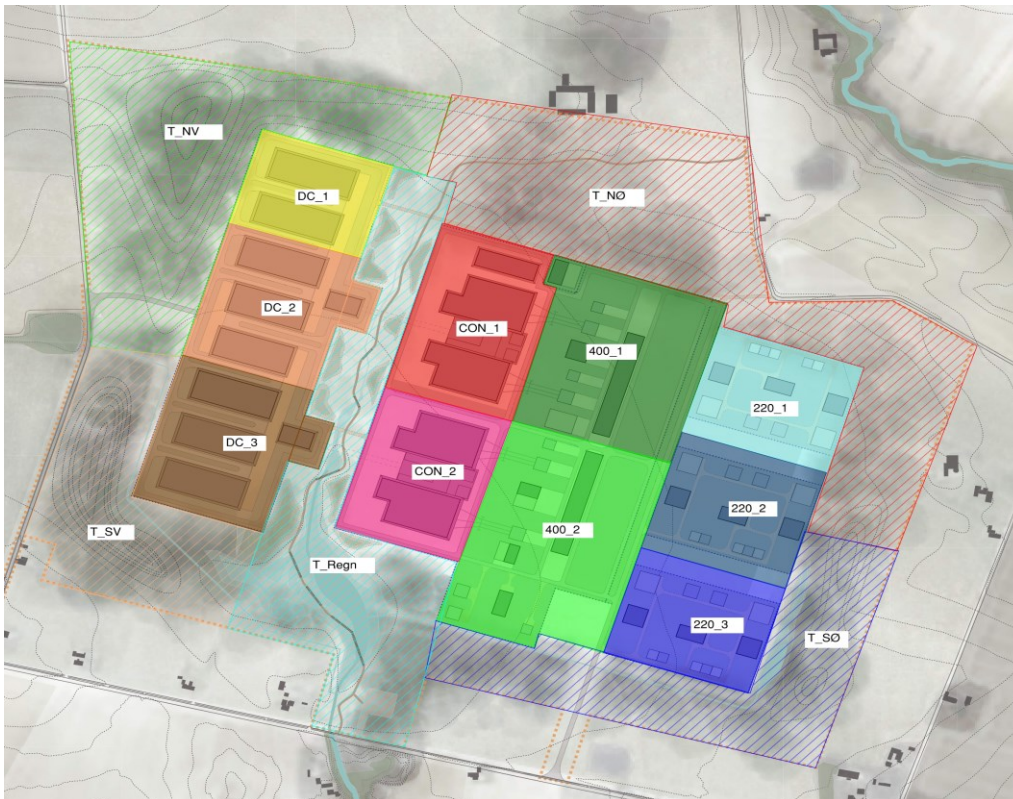
#### 4.1.17 Jordhåndtering

Projektet tilstræber at der er jordbalance i området. Det betyder, at der ikke skal bortkøres jord fra projektområdet.

Som led i udarbejdelse af skitseprojektet er der foretaget en beregning af den mængde jord, som skal graves bort ved projektet. Som vidensgrundlag er der taget udgangspunkt i mængdeopgørelser baseret på skitseprojektet samt desktop-studier af de geotekniske forhold indenfor projektområdet. Ved etablering af stationsanlægget vil der være krav til, hvilke materialer der skal/genindbygges under byggefeltet, højspændingskomponenter samt interne veje. Energinet prioriterer bæredygtighed højt, og dermed også nyttiggørelse af bl.a. opgravede materialer. For at mindske mængden af opgravet jord, der skal bortskaffes, sker der en genindbygning af jordmængderne.

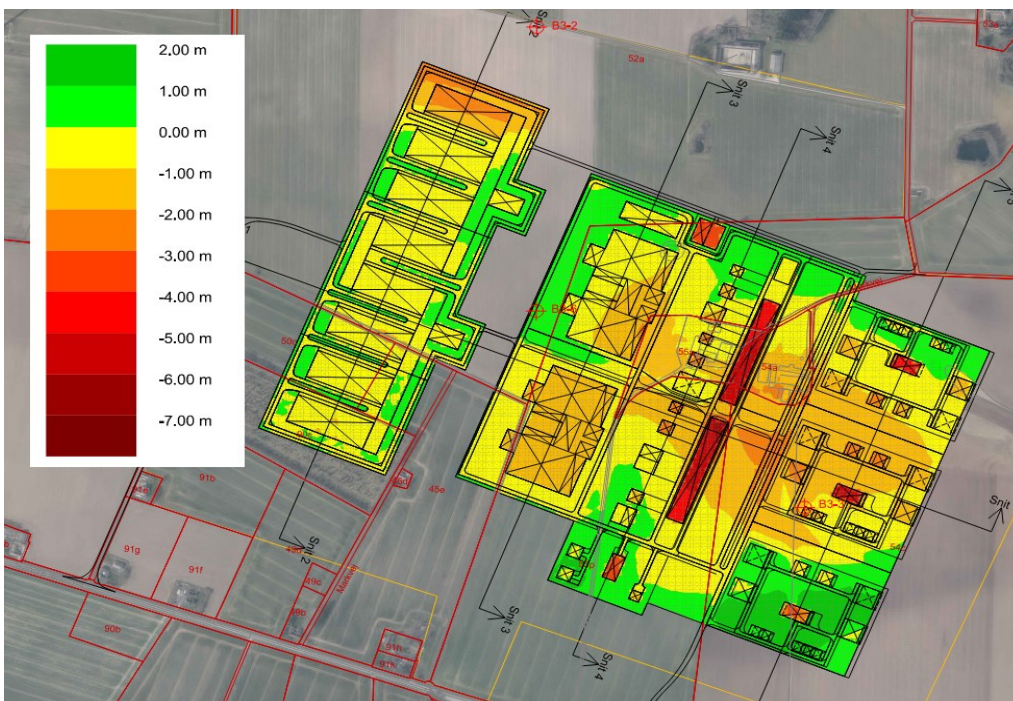
Til beregning af jordmængder, er projektområdet opdelt i 10 mindre områder, som vist i Figur 4.8. Her er der til hvert felt udarbejdet en planummodel, som tager udgangspunkt i overside af råjordsplanum, dvs. flader hvortil der skal afgraves og fyldes op forud for indbygning af tilførte materialer. Forudsætninger for råjordsplanums beliggenhed er som følger:

- Under bygninger: 1,2 meter under færdigt terræn.
- Under bygninger med kælder: 4,5 meter under færdigt terræn.
- Under asfalterealer: 0,7 meter under færdigt terræn.
- Under grusarealer: 0,5 meter under færdigt terræn.
- Under muldbelagte områder: 0,3 meter under færdigt terræn.



Figur 4.8. Områdeinddelinger og -betegnelser til jordberegninger.

Ved nivellering af områderne, er udgangspunktet at skabe jordbalance mellem de enkelte felter, således jorden skal flyttes mindst muligt. Ud fra ovenstående forudsætninger er der dannet en IsoPach-model, som viser, hvordan jorden vil blive flyttet rundt i området, som vist på Figur 4.9.



Figur 4.9. IsoPach plan for site layout - røde og orange farver viser afgravning og grønne farver viser påfyldning.

Ud fra ovenstående forudsætninger er der i alt beregnet en afrømningsmængde på ca. 250.000 m<sup>3</sup> muld, råjordsmængde til afgravning på ca. 220.000 m<sup>3</sup>, hvoraf ca. 25.000 m<sup>3</sup> kommer fra udgravning til bassiner. Hertil er også beregnet ca. 16.000 m<sup>3</sup> klippe til udgravning. Efter hensyntagen til de jordmængder, der kan genindbygges på stationsområdet, genereres et overskud på ca. 180.000 m<sup>3</sup> muld, 80.000 m<sup>3</sup> råjord, og 16.000 m<sup>3</sup> klippe, som vil blive genindbygget på stationsområdet.

De beregnede jordmængder indeholder ikke udgravning til den grønne korridor mellem DC-området og konverter-området samt til lednings- og kabelgrave.

Skulle det, mod forventning blive nødvendigt at bortskaffe jord, vil jordflytning blive anmeldt til regionskommunen. Hvis der stødes på forurenede jord, udarbejdes en jordhåndteringsplan i samarbejde med regionskommunen.

Jordhåndteringsplanen redegør for jordbalancerne og håndtering af eventuel forurenede jord.

#### **4.1.18 Landskab og beplantning**

Området for den nye station lægger sig i et naturligt lavpunkt i landskabet mellem Læså og Søndre Landevej. Området er i dag præget af åbne marker samt to større beplantninger omkring en plantage mod Vasegårdsvej samt træbeplantning omkring Duegården.

Fra Søndre Landevej opleves området åbent med en tæt beplantning langs Læså som bagtæppe. Fra nord opleves området nærmere skærmet af plantagen og husbebyggelser langs Søndre Landevej samt den tætte beplantning langs Risebæk mod kysten.

Mod horisonten ses kyststrækningen. Terrænet aflæses som let kuperet trods en højdeforskel på op mod 6 meter fra laveste til højeste punkt på området.

En skitse for indretning af stationsområdet er vist i Figur 4.10.





#### 4.1.19 Tidsplan for anlægsarbejder

På baggrund af erfaringer fra Viking Link, Stationsanlæg ved Revsing samt tilsvarende storskala referenceprojekter vurderes det, at anlæg af stationsanlægget tager ca. 4-5 år under forudsætning af, at de forberedende arbejder og jordarbejder tilrettelægges med en optimal udførelsesproces.

Tidsplan for anlægsarbejderne er skitseret herunder i Tabel 4 med forudsætning om opstart i projektområdet i Q1 2026. Tidsplanen afspejler byggeriets fire hovedfaser som hver især har en samlet varighed som oplyst herunder.

Fase 1 – Varighed: Ca. 6 måneder. Omfatter hele projektområdet:

- Byggemodning, landskabsbearbejdning, rekreativt område med beplantning og vandhul.
- Etablering af råhus, facader og tag.

Fase 2 – Varighed: Ca. 18 måneder. Omfatter byggefeltet:

- Bygningsinstallationer.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.
- Indvendige byggearbejder.

Fase 3 – Varighed: Ca. 18 måneder. Omfatter arealer udenfor byggefeltet:

- Installation af højspændingsudstyr.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.

Fase 4 – Varighed: Ca. 9 måneder. Omfatter hele projektområdet:

- Højspændingsinstallationer.
- Afsluttende landskabsbearbejdning belægningsarbejder.

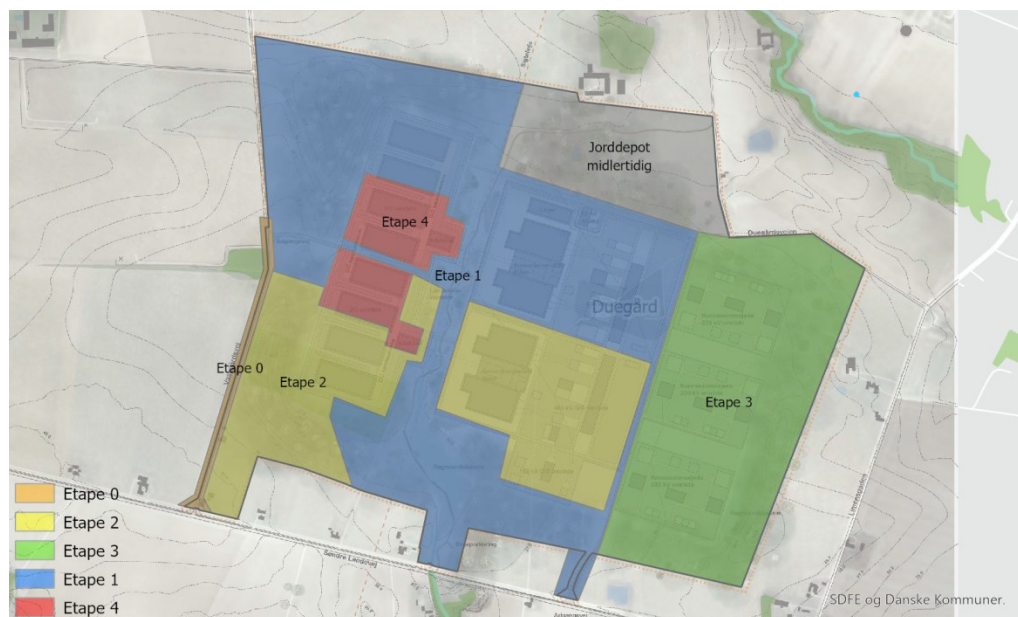
Tabel 4.6. Tidsplan for anlægsarbejdet der viser byggeriet hovedfaser.

Foreløbig tidsplan for proces og anlægsarbejde										
Aktiviteter	2025	2026	2027	2028	2029	2030				
<b>Anlægsfasen</b>										
Forberedende arbejder (infrastruktur)										
Byggemodning										
Bygningsinstallationer: Converter/400kV/132 kV- områder										
Øvrige bygge- og anlægsarbejder										
Højspændingsmontage										
220 kV										
Højspændingsinstallationer										
Afsluttende arbejder										
<b>Ibrugtagning</b>										

#### 4.1.20 Byggepladsdisponering

Udformning af byggepladsen og midlertidige arbejdsarealer er blandt andet baseret på erfaringer fra Viking Link og Stationsanlæg ved Revsing.

Byggepladsdisponeringen er i det følgende vist og beskrevet i fem etaper, se afsnit 4.1.20.1. til 4.1.20.4. Det skal understreges, at aktiviteter i de enkelte etaper kan ændre sig, idet rækkefølgen af aktiviteterne afhænger af hvilken aktør der bygger først. Etaperne er vist i Figur 4.13.



Figur 4.13. Pladsdisponering for alle anlægsetaper.

#### 4.1.20.1 Etape 0

Etape 0 kan igangsættes inden der er adgang til byggepladsområdet, der er omfattet af lokalplanen. Etape 0 definerer aktiviteter udenfor projektområdet.

Der skal laves ændringer af vejnettet (tungvognsruten) fra Rønne Havn til projektområdet, som kan medføre, at flere kryds/rundkørsler skal modificeres (ombygges) på ruten. Det forventes at midten på 3 rundkørsler skal modificeres så der er mulighed for overkørsel for et antal meget lange transportere. Når anlægsarbejdet er afsluttet, vil rundkørslen blive reetableret. Følgende rundkørsler skal ombygges:

- Sønder Alle/Zahrtmannsvej.
- Zahrtmannsvej/Åkirkebyvej/Borgmester Nielsens Vej/Almindingsvej.
- Åkirkebyvej/Østre Ringvej/Sønder Ringvej.

Ombygningen vil ske ved at der midlertidigt etableres asfalt i midten af rundkørslen, så de kan overkøres af lange særtransporter. Alternativt kan særtransporterne køre ad Strandvejen, som beskrevet i det foregående.

Vasegårdsvej udbygges for at forbedre bæreevne og geometri til at kunne fungere som indkørsel til byggepladsen i hele anlægsperioden samt som permanent adgangsvej til DC-området. Ligeledes forventes anlagt et kanaliseringens anlæg på Sønder Landevej for venstresving for trafik fra vest. Der etableres en udkørsel til Sønder Landevej ca. midt på projektområdet.

Trafiksanering af det eksisterende vejnet udarbejdes i samarbejde med Bornholms Regionskommune og der udarbejdet et detaljeret projekt for saneringen.

#### 4.1.20.2 Etape 1

I denne første byggemodningsetape udføres terrænregulering og landskabsbearbejdning. Ved opstart af anlægsarbejder forventes arealer mellem Vasegårdsvej og DC-området anvendt som midlertidige arbejdspladsarealer frem til, at selve byggepladsområderne og forsyningerne her-til er etableret.

Ved indkørsel til byggepladsen fra Vasegårdsvej etableres et befæstet areal til midlertidig parkering for leverancer til byggepladsen. Det forventes, at en stor del af materialeleverancer til pladsen kommer med skib fra Rønne Havn, hvorfor leverancerne kommer samlet i klumper, og der kan være behov for midlertidig parkering forud for aflæsning på byggepladsen. Arealbeho- vet til dette formål vil være afhængigt af, om der kan stilles areal til rådighed ved Rønne Havn.

Det nordligste og sydligste DC-område forventes ikke bebygget i første omgang, og forventes derfor anvendt til skurby, parkering og materialeoplæg for hver af de to totalentrepriser, der deler DC/konverter/400/132 kV-områderne. Området deles mellem entrepriserne med en gen- nemgående vej midt gennem sitet, der ensrettes fra vest mod øst. Der etableres ligeledes et mindre område til materialeoplæg for hver af de to totalentrepriser indenfor 220 kV-områ- derne, der primært er tiltænkt materialeoplag for 400 kV-anlæggene.

Den terrænbearbejdning og beplantning, der er planlagt i stationens sydvest-, nordvest- og sydøstlige hjørne for afskærmning af stationen, er planlagt udført allerede under byggemod- ningsarbejderne, så afværgeforanstaltningerne får gavn i anlægsfasen og beplantningen alle- rede har fået nogle vækstsår ved ibrugtagning af anlægget.

Langs nordsiden af anlægget etableres et midlertidigt jorddepot, som primært anvendes til op- læg af muldjord, der på et senere tidspunkt skal indbygges i grønne arealer på stationen.

Al byggepladstrafik forventes i denne fase ensrettet med indkørsel via Vasegårdsvej og udkør- sel via ny vejtilslutning til Søndre Landevej. Ved udkørslen til Søndre Landevej er der afsat et areal til hhv. hjulvask og parkering for lastbiler.

Hvis der er behov for etablering af beboelse (overnatning) i forbindelse med byggepladsen, kan denne placeres nord for lokalplanafgrænsningen op mod Vasegårdsvej eller i et helt andet om- råde tættere på Rønne. Beboelse etableres efter tilladelse fra Bornholms Regionskommune, der har et ønske om at etablere beboelse i nærheden af Rønne.

Der skal etableres nye vandhuller til erstatning for det vandhul, der ligger i et område, hvor der skal opføres bygninger. Der er fremsendt ansøgning til Bornholms Regionskommune om tilla- delse til at nedlægge det eksisterende vandhul og etablering af nye. Ansøgningen ledsages af en detaljeret beskrivelse af de tiltag der skal ske i tilknytning til dette. Vandhullerne placeres umiddelbart syd for "Soldatergården". Den principielle placering er vist på kortet herunder (Fi- gur 4.14). Placeringen af erstatningsvandhuller er foretaget i samarbejde med Bornholms Regi- onskommune og SGAV. Udformning og dimensionering bliver ligeledes udført efter anvisning fra regionskommunen og SGAV.





Figur 4.14. Kort over placering af erstatningsnatur for vandhul S09-BH som nedlægges i anlægsfasen for at give plads til den nye højspændingsstation. Der etableres ny beplantning i erstatningsarealet som bliver afgrænset af et paddehegn ligeledes i anlægsfasen. Beboelsesejendommen "Soldatergården" ligger nord for vandhullerne.

#### 4.1.20.3 Etape 2

Ved opstart af bygge- og anlægsarbejder for koncessionshavers 220 kV-anlæg, reduceres materialeoplægspladserne for de to totalentrepriser og flyttes indenfor egne arbejdsarealer. Der etableres byggepladsarealer for koncessionshavere øst for 220 kV-anlægget og al til- og frakørsel forventes at ske via den nye tilslutning til Søndre Landevej. Der etableres en ensretning af trafikken rundt til 220 kV-anlægget inden trafikken ledes tilbage på den nye adgangsvej fra Søndre Landevej. Der etableres ligeledes byggeplads for 60 kV-anlægget nord for anlægget i et mindre område omkring jorddepotet. Al til- og frakørsel til dette område forventes ligeledes ad den nye adgangsvej fra Søndre Landevej.

#### 4.1.20.4 Etape 3 og 4

Ved færdiggørelsen af højspændingsmontagen i de enkelte byggefeltet kan de midlertidige byggepladsarealer fjernes og færdiggørelsesarbejderne kan opstartes.

I takt med at byggepladsarealerne fjernes og den grønne/blå landskabskorridor mellem DC-området og konverterområdet etableres, hindres byggepladstrafik på tværs af arealet og tilkørsel til byggepladsen vil skulle ske både fra Vasegårdsvej og Sdr. Landevej.

Byggepladsfaciliteterne i enten nord- eller sydenden af DC-området kan bevares i drift helt indtil de sidste arealer skal færdiggøres. I den sidste etape af byggeriet kan der etableres en mindre byggeplads udenfor sitet, evt. på arealet til lastbilholdepladsen ved indkørslen fra Vasegårdsvej.

#### 4.1.21 Materialeforbrug og ressourcer - Hovedmængder

Til etablering af stationsanlæggene vil der være behov for forskellige råstoffer som bl.a. råjord, grus, in-situ beton, armeringsstål, samt traditionelle byggematerialer til AC-stationsbygning og GIS-bygningerne. Desuden skal der i byggemodningsfasen håndteres råjord internt på matriklerne, samt ikke indbygningsejnet jord og evt. overskydende afrømmet muldjord. Disse ressourcer genindbygges i området som led i en landskabsmodellering. Hovedmængder af materialer/ressourcer, der skal anvendes for de enkelte områder, fremgår herunder (Tabel 4.7 til Tabel 4.12).

Tabel 4.7. Hovedmængder af materialer/ressourcer for DC-området.

Typer af ressourcer	Mængder DC-område			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		63.900		63.900
Råjord / m <sup>3</sup>		28.900		28.900
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		22.600		22.600
Grus / m <sup>3</sup>		8.200		8.200
Asfalt / tons		1.100		1.100
In-situ beton / tons	55.890		1.180	57.070
Armering / tons	2.600		90	2.690
Præfab beton / tons	2.760			2.760
Stål / tons	5.350			5.350
Facade / m <sup>2</sup>	72.400			72.400
Tag / m <sup>2</sup>	44.840			44.840
Afvanding - plast / tons		24		24
Afvanding - rustfri stål / tons		3		3
Afvanding - beton / tons		444		444
Jordnet / tons		22		22
Tomrør - plastrør / tons		20		20
Perimeterhegn / m		1.805		1.805
Kabelkanaler beton / tons		210		210

Tabel 4.8. Hovedmængder af materialer/ressourcer for Konverterområdet.

Typer af ressourcer	Mængder Konverterområde			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		46.400		46.400
Råjord / m <sup>3</sup>		32.100		32.100
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		17.400		17.400
Grus / m <sup>3</sup>		6.400		6.400
Asfalt / tons		1.500		1.500
In-situ beton / tons	60.520			60.520
Armering / tons	2.520			2.520
Præfab beton / tons	5.800			5.800

Stål / tons	3.700			3.700
Facade / m <sup>2</sup>	21.610			21.610
Tag / m <sup>2</sup>	35.100			35.100
Afvanding - plast / tons		17		17
Afvanding - rustfri stål / tons		3		3
Afvanding – beton / tons		417		417
Jordnet / tons		16		16
Tomrør - plastrør / tons		14		14
Perimeterhegn / m		927		927
Kabelkanaler beton / tons		160		160

Table 4.9. Main quantities of materials/resources for 400 kV installation (including 132 kV and 60 kV stations).

Types of resources	Quantities 400kV installation (including 132 kV and 60 kV)			
	Buildings	Terrain	Open-air installation	Total
Muld / m <sup>3</sup>		64.100		64.100
Råjord / m <sup>3</sup>		83.100		83.100
Klippe / m <sup>3</sup>		12.600		12.600
Sand / m <sup>3</sup>		9.200		9.200
Grus / m <sup>3</sup>		4.200		4.200
Asfalt / tons		600		600
In-situ beton / tons	41.730		3.240	44.970
Armering / tons	4.110		372	4.482
Præfab beton / tons	7.980			7.980
Stål / tons	450			450
Facade / m <sup>2</sup>	21.500			21.500
Tag / m <sup>2</sup>	9.300			9.300
Afvanding - plast / tons		24		24
Afvanding - rustfri stål / tons		3		3
Afvanding – beton / tons		402		402
Jordnet / tons		22		22
Tomrør - plastrør / tons		20		20
Perimeterhegn / m		1.401		1.401
Kabelkanaler beton / tons		215		215

Table 4.10. Main quantities of materials/resources for 220 kV installation.

Types of resources	Quantities 220kV installation			
	Buildings	Terrain	Open-air installation	Total
Muld / m <sup>3</sup>		59.200		59.200
Råjord / m <sup>3</sup>		48.900		48.900
Klippe / m <sup>3</sup>		3.100		3.100
Sand / m <sup>3</sup>		10.900		10.900
Grus / m <sup>3</sup>		5.400		5.400
Asfalt / tons		0		0
In-situ beton / tons	11.629		5.477	17.105
In-situ armering / tons	1.242		576	1.818
Præfab beton / tons	1.800			1.800
Stål / tons	128			128
Facade / m <sup>2</sup>	5.400			5.400
Tag / m <sup>2</sup>	2.400			2.400
Afvanding - plast / tons		18		18
Afvanding - rustfri stål / tons		3		3
Afvanding – beton / tons		355		355
Jordnet / tons		16		16

Tomrør - plastrør/ tons		15		15
Perimeterhegn / m		1.441		1.441
Kabelkanaler beton / tons		158		158

Tabel 4.11. Hovedmængder af materialer/ressourcer udenfor sitet.

Typer af ressourcer	Mængder udenfor site			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		18.800		18.800
Råjord / m <sup>3</sup>		24.700		24.700
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		6.100		6.100
Grus / m <sup>3</sup>		2.800		2.800
Asfalt / tons		400		400
In-situ beton / tons				0
In-situ armering / tons				0
Præfab beton / tons				0
Stål / tons				0
Facade / m <sup>2</sup>				0
Tag / m <sup>2</sup>				0
Afvanding - plast / tons				0
Afvanding - rustfri stål / tons				0
Afvanding – beton / tons				0
Jordnet / tons				0
Tomrør - plastrør/ tons				0
Perimeterhegn / m				0
Kabelkanaler beton / tons				0

En total opgørelse over de samlede hovedmængder af materialer og ressourcer for hele bygge- og anlægsprojektet er samlet i Tabel 4.12.

Tabel 4.12. Hovedmængder af materialer/ressourcer for hele bygge- og anlægsprojektet.

Typer af ressourcer	Total
Muld / m <sup>3</sup>	252.400
Råjord / m <sup>3</sup>	217.700
Klippe / m <sup>3</sup>	15.700
Sand / m <sup>3</sup>	66.200
Grus / m <sup>3</sup>	27.000
Asfalt / tons	3.600
In-situ beton / tons	179.665
In-situ armering / tons	11.511
Præfab beton / tons	18.340
Stål / tons	9.628
Facade / m <sup>2</sup>	120.910
Tag / m <sup>2</sup>	91.640
Afvanding - plast / tons	83
Afvanding - rustfri stål / tons	12
Afvanding – beton / tons	1.620
Jordnet / tons	76
Tomrør - plastrør/ tons	69
Perimeterhegn / m	5.573
Kabelkanaler beton / tons	743

#### 4.1.21.1 Affald i anlægsfasen

Alt affald bliver sorteret med det formål at affald behandles på den mest forsvarlige måde. Det betyder at affald i videst muligt omfang forberedes med henblik på genbrug. Projektet vil generere affald af forskellig type i anlægsfasen. Det vil primært være af typen asfalt, beton, jern, aluminium, porcelæn, stål, komposit.

Affaldet vil blive bortskaffet og opbevaret efter gældende regler. Det vil blive opbevaret på en sådan måde, at det ikke kan forurene jord og grundvand, nærliggende natur, mv.

#### 4.1.21.2 Anvendelse af maskiner

Til etablering af stationsanlæggene vil der være behov for et antal anlægsmaskiner. Der er herunder angivet et skønnet omfang af antal og typer af maskiner som vil blive anvendt i anlægsperioden (Tabel 4.13).

Opgørelsen skal betragtes som overslagsmæssig med det formål at få et indtryk af størrelsesordenen af anvendelse af entreprenørmaskiner. De angivne maskiner vil ikke nødvendigvis blive anvendt kontinuert igennem anlægsarbejdet, men kun på de tidspunkter, hvor deres tilstedeværelse er påkrævet.

Tabel 4.13. Maskintyper. Antal og varighed er maksimalbetragtninger.

Maskintype	Antal	Varighed
Gravemaskine	8	40-55 mdr.
Rendegraver	8	40-55 mdr.
Traktor	8	40-55 mdr.
Lastbil/dumper	15	40-55 mdr.
Gummiged	8	40-55 mdr.
Bulldozer	6	40-55 mdr.
Byggepladskraner	6	40-55 mdr.
Grundvandspumpeanlæg	6	40-55 mdr.

#### 4.1.22 Støj i driftsfasen

Den nye station på Bornholm vil påvirke omgivelserne med støj. De vejledende grænseværdier for støj ved nærmeste nabo skal være overholdt, når anlægget er i drift. Der vil blive udarbejdet en støjredegørelse for projektet, som viser om støjpåvirkningen overskrider de vejledende grænseværdier for virksomheder i det åbne land.

Der findes ikke grænseværdier for lavfrekvent støj. Miljøstyrelsen har foreslået anbefalede grænseværdier for lavfrekvent støj (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø"). Lavfrekvent støj er defineret som støj med frekvenser mellem 10- og 160 Hz. Lavfrekvent støj bedømmes indendørs i boliger over en 10 minutters periode.

#### 4.1.23 Emissioner i driftsfasen

Komponenter med SF6-gas findes på mange af Energinets højspændingsstationer rundt om i landet. Gassen fungerer effektivt som isolationsmiddel i gasisolerede elanlæg, og i afbrydere sikrer gassen, at den gnist eller lysbue der opstår, når man afbryder strømmen, også slukkes. Nedenstående Tabel 4.14 viser en oversigt over SF6-gasser fra højspændingsstationen på Bornholm.

Tabel 4.14. SF6-gasser.

Anlæg	Sted	Rate (kg SF6/felt/år)	Ant felter	Udledning (kg SF6/år)	Udledning (ton CO2-eq/år)*
GIS	Bornholm	0,115	29	3,335	84,042

SF6 GWP 100-year

\*felt=tilslutningspunkt i anlægget

\*\* beregning gælder drift, uheld ikke inkluderet

#### 4.1.24 Grundvandssænkning i driftsfasen

Der vil ikke være behov for grundvandssænkning i driftsfasen.

#### 4.1.25 Spildevand i driftsfasen

I driftsfasen vil der være minimal mængde af sanitært spildevand, der skal håndteres, da stationen forventes at være ubemandet i den daglige drift. Spildevand opsamles i septiktank og tømmes efter behov i henhold til Bornholms Regionskommunes anvisninger.

#### 4.1.26 Affald i driftsfasen

Affald sorteres, opbevares og bortskaffes efter gældende regler. Det betyder at affald i videst muligt omfang forberedes med henblik på genbrug.

Affaldet vil blive opbevaret på en sådan måde, at det ikke kan forurene jord og grundvand, nærliggende natur, mv. Der vil blive ansøgt om tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens § 19, hvis dette er relevant.

### 4.2 Beskrivelse af stationsanlægget på Sjælland

Stationsanlægget på Sjælland skal omforme strømmen fra Energiø Bornholm og omforme den fra jævnstrøm til vekselstrøm, så den kan sendes ud i det sjællandske elnet.

Arealbehovet for de tekniske anlæg for det nye stationsanlæg ved Solhøj vil være ca. 16 ha., mens terrænbearbejdningen for indpasning af stationen i landskabet vil give et samlet arealbehov for anlægget på ca. 50 ha.

Stationsanlægget består ud over de tekniske anlæg af adgangsveje fra offentlige veje, interne stationsveje, forsinkelsesbassin til regnvandsafledning, terrænbearbejdning og beplantning. Det samlede arealbehov for selve stationsanlægget vil derved nå op på i alt 75 ha.

Stationsanlæggets tekniske anlæg kan i hovedtræk opdeles i nedenstående delområder:

- Konverterområde.
- 400 kV-område.

Projektområdet til stationsanlægget med delområder er vist på Figur 4.15. I afsnit 4.2.4 er det samlede tekniske anlæg ved en fuld udbygning beskrevet. I projektbeskrivelsens appendix (kapitel 9) er det beskrevet, hvordan stationskomponenterne indrettes, og hvordan de ser ud.



Figur 4.15. Betegnelser for delområder på stationsanlægget.

Nedenstående gennemgås de tekniske anlæg i hovedtræk indenfor hvert delområde. De enkelte dele som udgør det samlede tekniske anlæg ved en fuld udbygning oplistes i 4.2.4

#### 4.2.1 Konverter-området

I konverterområdet etableres anlæg til omformning af jævnstrøm til vekselstrøm. Det sker ved en såkaldt bipol. Anlægget etableres i en lukket bygning der har en udstrækning på 190x180 meter og en bygningshøjde på op til 25 meters højde. Langs bygningernes sydfacader er der placeret flere transformere.

Inde i bygningen er konverteranlægget delt op i mindre sektioner. Disse mindre sektioner består af lager, reaktorhal, effektelektronikhal, kølerum, ventilationsrum, tavlerum, egenforsyningsrum og kontrolrum m.v.

Udendørs opstilles kølere til anlægget samt konvertertransformere der tilsluttes 400 kV anlægget.

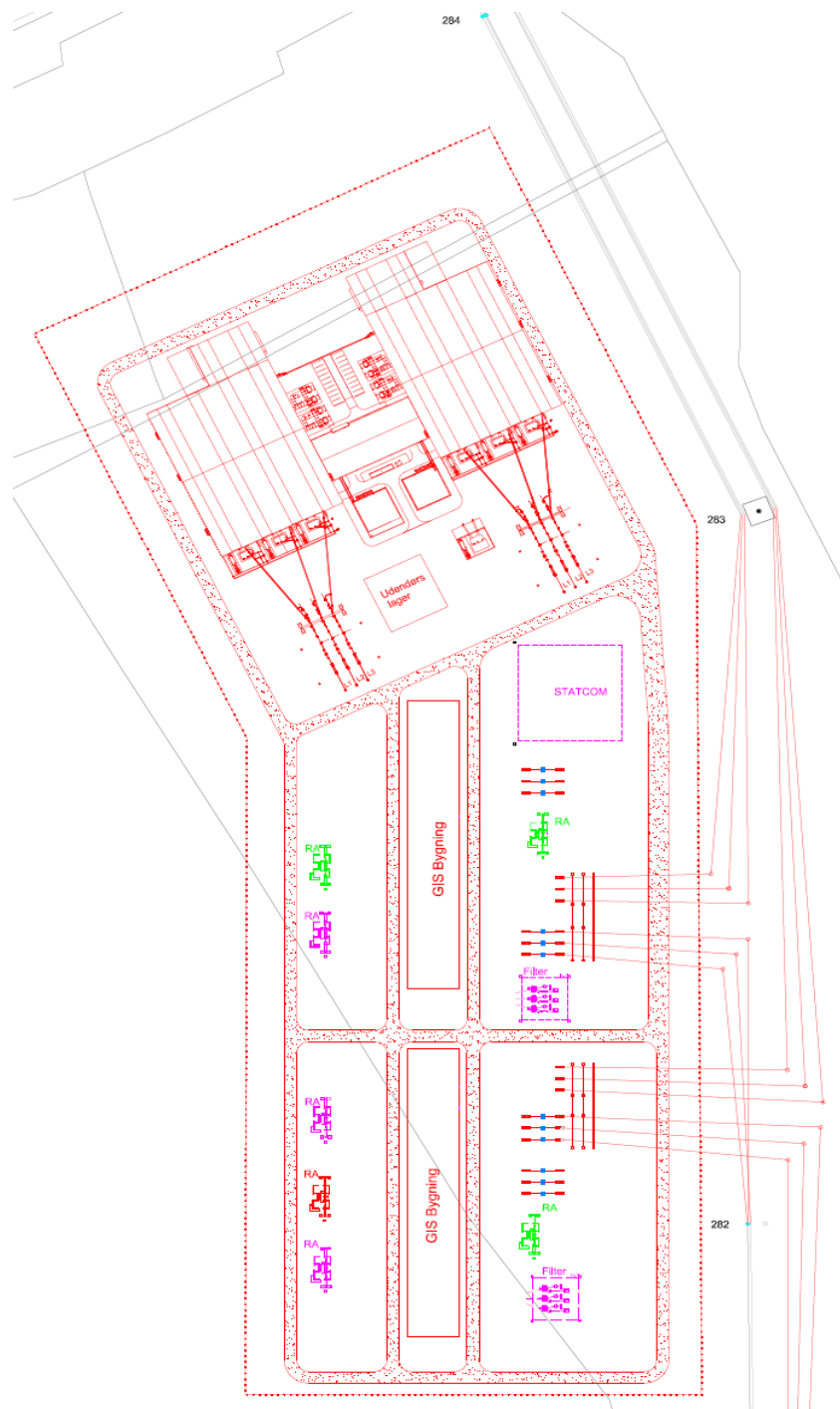
I området etableres desuden et koldt lager, der forventes at få et areal på op til 700 m<sup>2</sup> og en bygningshøjde på op til 15 meter. Der etableres også et udendørs lagerområde samt højspændingskomponenter stående som friluftsanlæg samt lynfangsmaster i op til 25 meters højde.

#### 4.2.2 400 kV-området

400 kV-området består af to GIS-bygninger som har en udstrækning på ca. 25x150 m. GIS-bygningerne har en maksimal bygningshøjde på 15 meter.

I 400-kV-området etableres yderligere fritstående elektrisk udstyr, som reaktorer, transformere, harmoniske filtre og STATCOM. En del af udstyret vil stå indendørs i mindre bygninger.

Der etableres endetræksmaster i en højde på op til 25 meters højde, hvor luftledninger bliver koblet ind på stationen. Der opsættes lynfangsmaster. På Figur 4.16 vises et eksempel på et teknisk design af stationen på Sjælland.



Figur 4.16. Layout for den nye station ved Solhøj. Tegningsnummer 47H5 80 005.



### 4.2.3 Anlægsarbejde på stationsområdet

Anlægsprocessen for stationsanlægget vil bestå af en række anlægsarbejder, som skal indbyrdes koordineres. Det endelige omfang af entrepriser og typer af udbud afhænger af udbudsstrategi. Udbudsstrategien er på nuværende tidspunkt ikke endelig fastlagt, men der tages udgangspunkt i at projektet udbydes i én samlet totalentreprise for hele stationsanlægget.

Følgende anlægsarbejder skal udføres:

- Etablering af byggeplads samt andre midlertidige faciliteter, arbejdsområder herunder bl.a. jorddepoter.
- Jordarbejder herunder bl.a. terrænregulering, jordforbedring, jordudskiftning.
- Adgangsveje og interne køreveje på stationsarealer.
- Forsyning for vand, kloak, el og internet.
- Nedrivning af beboelsesejendom.
- Omlægning af spildevands- og regnvandsledning tilhørende HT Forsyning.
- Bygninger til GIS-anlæg, relæfelter mv.
- Adgangsveje og køreveje.
- Fundamenter for bygning, udendørs tekniske installationer og for større oliefyldte komponenter med olieopsamling etableres.
- Reservoirer/opsamlingskar under fundamenter, der kan rumme hele oliemængden fra den oliefyldte komponent.
- Kabelføringsveje mellem bygning og højspændingsanlæg mv.
- Montering af stativer, højspændingskomponenter inkl. interne forbindelser.
- Stålhegn omkring stationsarealet og beplantning. Den skærmende beplantning vil mht. valg af arter og udtryk være tilpasset de lokale landskabelige og naturmæssige forhold.
- Forsinkelsesbassiner til regnvandsafledning.
- Formidlingsstandere/info-skilte.
- Landskabsmodellering.
- Beplantning omkring højspændingsstationen inkl. biodiversitetsfremmende tiltag.

Oplæg til byggepladsdisponering er vist på Figur 4.17. Placeringen af 400 kV luftledninger, der ligger på vestsiden af anlægget, har været afgørende for det viste oplæg. Det er vurderet, at det sikkerhedsmæssigt er bedst at placere byggepladsen med materialeoplæg på vestsiden af luftledningen, så der ikke skal foregå interne transporter fra materialeoplæg til pladsen under luftledninger. Høje køretøjer udgør en risiko i forhold til kørsel indenfor sikkerhedsafstanden fra ledningerne.

Det kan håndteres, at transporter til byggepladsen skal passere under luftledningerne, da disse kommer fra offentlig vej, hvor der i forvejen er højdebegrænsninger på transporterne.

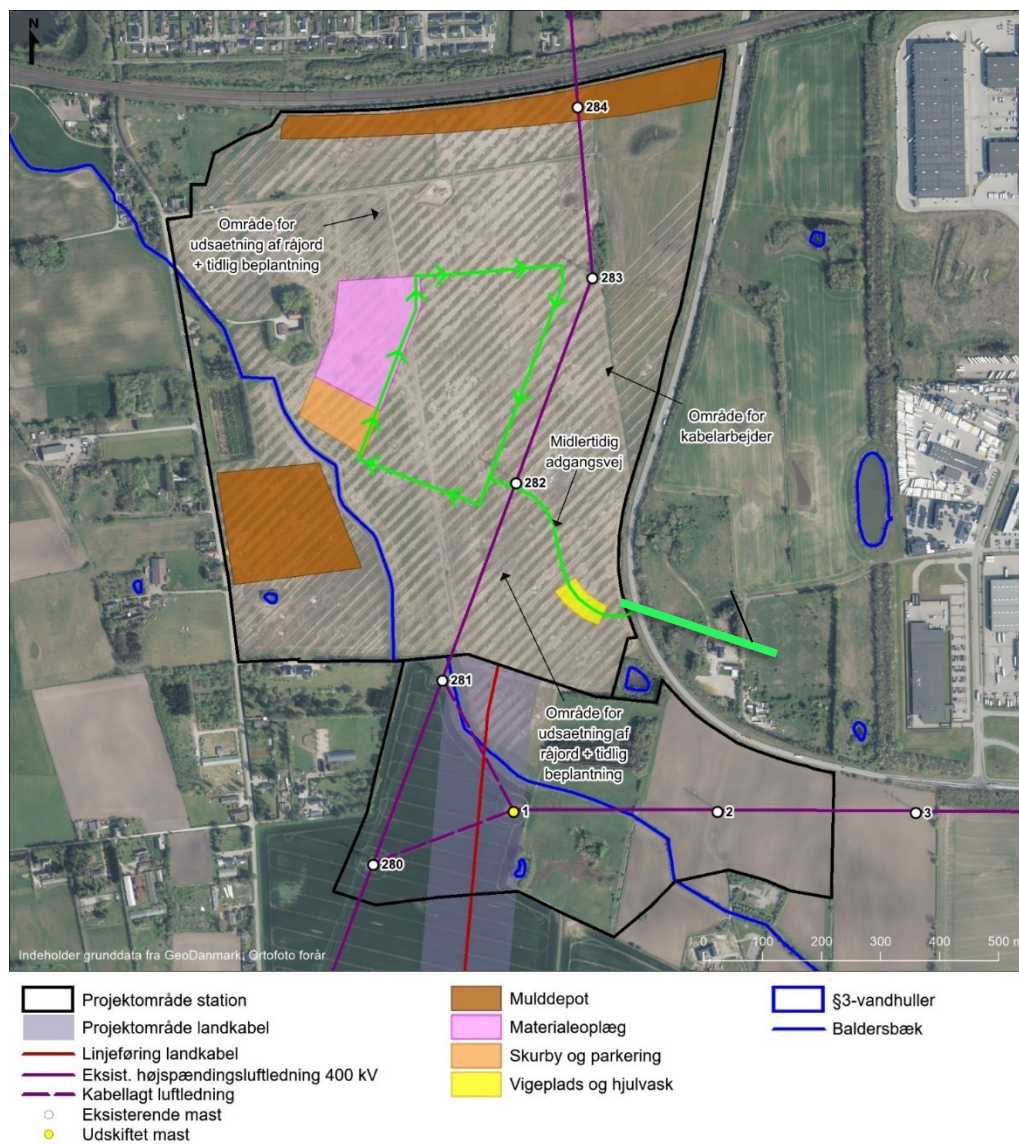
Byggeplads og skurby vil kunne benytte fremtidigt regnvandsbassin og udledningspunkt.

Der er ikke planlagt arbejder udenfor projektområdet.

Adgangsvejen til stationsanlægget vil ske fra Ring 5. Udformning af tilslutningen vil ske i samarbejde med Høje-Taastrup Kommune, og der udarbejdes et egentligt vejmyndighedsprojekt.

Høje-Taastrup har givet positiv tilkendegivelse omkring en tilslutning til Ring 5. Ring 5 er velegnet til at håndtere alle de transporter, der er behov for til byggeriet.

Adgangsvejens tilslutning til Ring 5, er skitseret på Figur 4.17. Adgangsvejens tilslutning til Ring 5 forventes opbygget som et rampeanlæg, der giver adgang højre ind – højre ud til området. Tilslutningen er skitseret i kurven af hensyn til at foretage tilslutningen, hvor Ring 5 ikke ligger alt for lavt i forhold til stationsområdet af hensyn til hældningen på adgangsvejen.



Figur 4.17. Byggepladsdisponering under bygge- og anlægsarbejder. Grøn linje viser skitse af tilslutning til Ring 5 samt interne arbejdsveje under anlæg.

#### 4.2.4 Tekniske anlæg – det samlede anlæg ved fuld udbygning

Følgende overordnede tekniske anlæg forventes, indtil videre etableret hvis anlægget udbygges fuldt ud:

- GIS-anlæg fordelt i to bygninger (15 meters højde) indeholdende automationsbygning, egen forsyningsanlæg, lager m.m. GIS-anlægget etableres med:
  - 26 dobbeltbryderfelter for tilslutning af 400 kV komponenter.
  - 3 Langskoblingsfelter.
  - dobbelt-samleskinne med 4 sektioner.
- Etablering af 7 kompenseringspoler.
- Etablering af filtre.
- Etablering af 1 STATCOM.
- Etablering af 1 bipol konverter system (inklusive konverter transformere) (25 m højde).
- Etablering af 4 kapacitive spændingstransformer systemer.
- Etablering af ca. 30 lynfangsmaster.
- Jordingsanlæg.
- Etablering af 2 luftledningsovergangsmaster ved eksisterende luftledningssystemer:
  - 2 ved BJS-HVE / BJS-ISH luftledningsmasterne. Etableres mellem mast 282 og mast 283.
  - 2 ved HVE-ISH / BJS-ISH kabelovergangsmaster. Forventeligt ved mast 1.
  - Forbikobling af BJS-HVE-linjer ved AIS samleskinne.

Der opsættes arbejdsbelysning som kun er aktivt i tilfælde af, at der arbejdes på anlægget.

Estimerede komponentdata for det tekniske anlæg på Sjælland fremgår af tabellen herunder.

Tabel 4.15. Estimerede komponentdata for det tekniske anlæg på Sjælland.

Betegnelse	Længde [m]	Højde [m]	Bredde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Olie / Gas [kg]	Akustisk støj [dB(A)]	Type
GIS-bygning	170	15	25	4.250	16.000 kg gas <sup>8</sup>	80	Bygning
Filter	25	15	25	625	NA	84	Udendørs anlæg
Kompenseringspole	20	15	20 (30)	400 (600)	70.000 kg olie	86	Udendørs anlæg
Bipol <sup>9</sup> konverter anlæg	190	25	180	36.100	700.000 kg olie (Transformere) 500 kg gas (Afbrydere). Op til 3,5 m <sup>3</sup> glykol	104	Kombineret bygning og udendørsanlæg

<sup>8</sup> Gassen er indeholdt/opdelt i mange små kamre af sikkerhedsmæssige samt driftsmæssige hensyn, hvilket begrænser mængden fra et eventuelt udslip i det enkelte kammer og reducerer mængden af gas som skal håndteres ved service/vedligehold. Standarden for metalkapslede IEC-standard 62271-203 foreskriver at grænsen for SF-6 læk skal være begrænset til 0,1% for det samlede anlæg om året eller 0,5% for et enkelt kammer. (ENDK bestræber sig på at indkøbe alternativer til SF-6 i de tilfælde markedet tillader det og alternative løsninger findes, dette for at leve op til Energinets målsætning om total udfasning af SF-6 inden 2050). De 16.000 kg kan være fordelt på flere slags isoleringsmedier alt efter hvilken komponent/funktion der er tale om.

<sup>9</sup> Konverteren vil indeholde op til 3,5 m<sup>3</sup> ren glykol (max-betragtning). Der er iværksat forskellige tiltag som sikrer at der, hvis der måtte kunne ske uheld, hvor glykolen siver ud af anlægget, samles op. Disse tiltag er fx lækagealarm på glykol rør som stopper flow hvis en lækage bliver registreret. Derudover er rør fra udendørs køleflader til pumpekids indendørs ført via beton kanaler med opsamlingspumper. Under køleflader udvendig er der opsamlingskar som gør at et spild/lækage ikke vil blive ledt i jorden.

Lynfangs-master	1	25	1	1	-	-	Udendørs anlæg
CVT	20	15	20	400	NA	-	Udendørsanlæg
STATCOM	50	8	50	2.500	-	85	Kombineret bygning og udendørs anlæg

#### 4.2.5 Overgangsmaster

Placering af overgangsmaster er vist på Figur 4.18. Den nye station ved Solhøj skal indsløjfes i det eksisterende 400 kV net i DK 2, som vist på Figur 4.19.

Følgende luftledninger indsløjfes på stationen:

- Ishøj – Hovegård ISH-HVE;
  - Ændres til ISH1-SOLØ1 og HVE2-SOLØ2-
- Ishøj – Bjæverskov (ISH-BJS);
  - Ændres til ISH2-SOLØ2 og BJS2-SOLØ2.
- Bjæverskov – Hovegård BJS-HVE;
  - Ændres til BJS1-SOLØ1 og HVE1-SOLØ1.

Der opsættes fire sæt (3 master pr. sæt) pyramidemaster ved de eksisterende HVE-BJS og HVE-ISH linjer ud for forventet placering af stationen ved Solhøj – mellem mast 282 og 283.

Der opsættes fire galger på stationen. Der laves en luftledningsforbindelse fra galgerne og ud til pyramidemasterne. Der laves en forbindelse fra galgerne på stationen og ind til GIS-koblingsanlægget enten via GIL rør eller en kabelforbindelse.

Der laves fire luftledningsforbindelser mellem eksisterende luftledningsmaster og den nye station ved Solhøj for forbindelserne HVE-SOLØ og BJS-SOLØ. BJS1 og HVE1 forbindes ind på station. BJS2 og HVE2 forbindes ind på stationen ind under BJS1-SOLØ1 linjen.

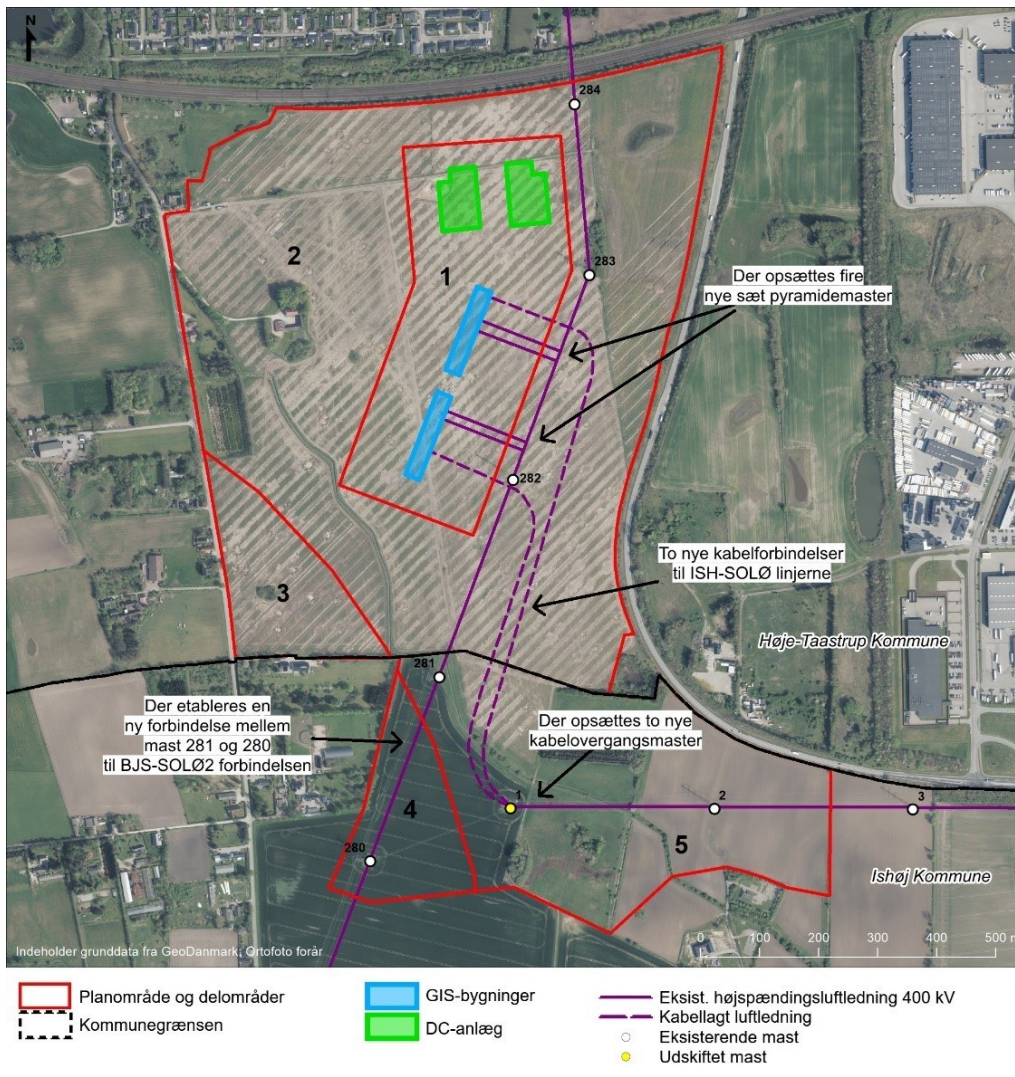
Der opsættes to kabelovergangsmaster ved de eksisterende HVE-ISH og BJS-ISH-linjer ved mast 1. Mast 1 saneres.

Der opstilles et AIS-skinnesystem ved afgangene til BJS1/BJS2 og HVE1/HVE2, der muliggør for-bikobling af stationen ved Solhøj, så der kan etableres forbindelse direkte mellem BJS1/BJS2 og HVE1/HVE2 udenom SOLØ.

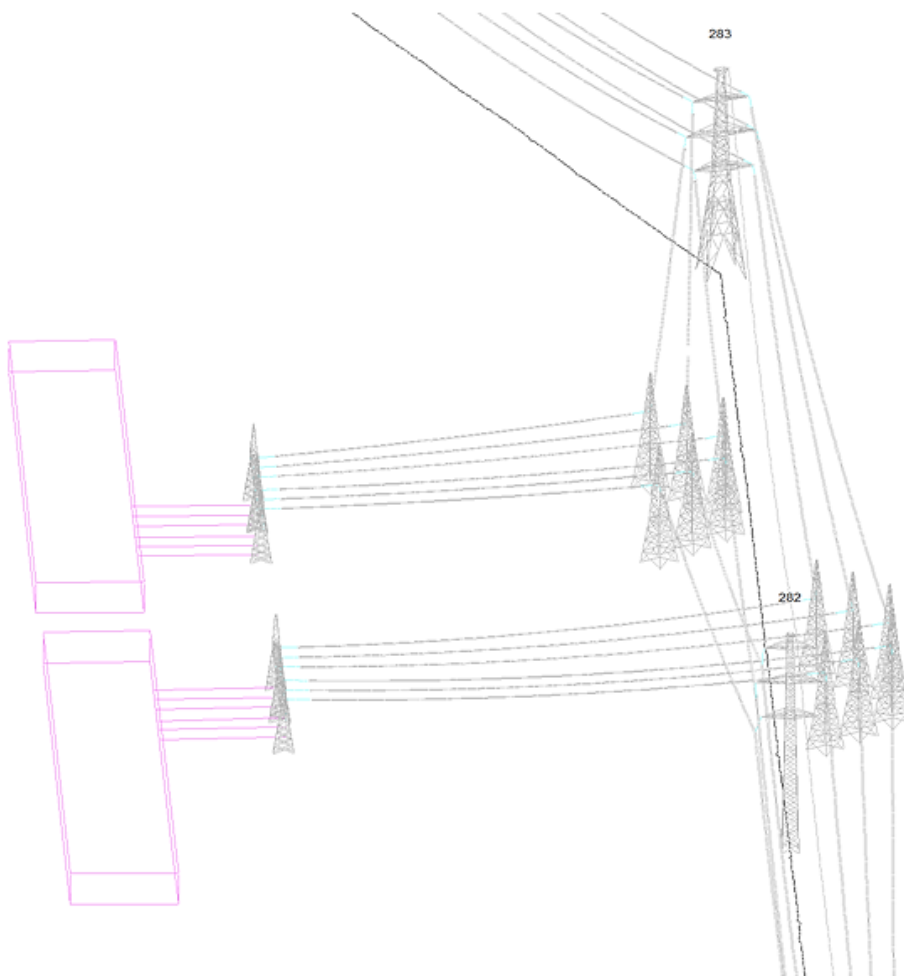
For ISH-SOLØ-linjerne kabellægges et aluminiums kabel pr. system (to systemer i alt med en overføringsevne på mindst 1.500 A pr. system) mellem stationen ved Solhøj og de nye kabelovergangsmaster ved Ishøjlinjen.

Forbindelsen mellem mast 1 og mast 280 fjernes. Der laves en forbindelse mellem mast 280 og mast 281 for BJS2-SOLØ2 forbindelsen. Der etableres ingen hegn omkring de nye master, der placeres udenfor stationsområdet.

Estimerede komponentdata for de planlagte overgangsmaster og pyramidemaster fremgår af Tabel 4.15.



Figur 4.18. Placering af overgangsmaster i forhold til eksisterende 400 kV-luftledning og GIS-anlæg. GIS-anlæg (blå farve) er vist med principiel placering. Den nuværende mast 1 saneres.



Figur 4.19. Indsløjfning af luftledningerne HVE1-SOLØ1, HVE2-SOLØ2, BJS1-SOLØ2 og BJS2-SOLØ2.

Tabel 4.16. Estimerede komponentdata for overgangsmaster og pyramidemaster.

Betegnelse	Længde [m]	Højde [m]	Bredde [m]	Areal [m <sup>2</sup> ]	Olie / Gas [kg]	Akustisk støj [dB(A)]	Type
Overgangs- master	20	25	20	400	-	-	Udendørs anlæg
Pyramide- master	5,4	27	5,4	29	-	-	Udendørs anlæg

#### 4.2.6 Usikkerheder

Endelig placering af udstyret afklares af udbudsvinder indenfor de vilkår der stilles i §25-tilladelsen.

Det medtagede layout er baseret på maksimalbetragtninger, og afspejler således et fuldt udbygget anlæg på Sjælland.

#### 4.2.7 Øvrige installationer, bygninger, m.v.

Udover bygninger der etableres direkte i forbindelse med stationsinstallationer, etableres der lagerbygninger og mandskabsbygninger på stationen. Mandskabsbygninger indeholder evt.

overnatningsfaciliteter samt køkken og bademulighed. Der installeres brandslukningsanlæg i alle bygninger. Der opsættes trådhegn rundt om stationen, og udenfor hegnet etableres beplantning og sivesøer (regnvandsbassiner).

#### 4.2.8 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner herunder trafik

Aktiviteterne i anlægsperioden for højspændingsstationen beskrives i nedenstående fire faser:

*År 1 (hele projektområdet):*

- Byggemodning.
- Etablering af råhus, facader og tag.

*År 2-3 (indenfor stationshegnet):*

- Bygningsinstallationer.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.
- Installation af højspændingsudstyr.

*År 3 (hele projektområdet):*

- Udendørs højspændingsinstallationer.
- Landskabsbearbejdning og afsluttende belægningsarbejder.

Byggeriet i området vil foregå som 2 selvstændige byggerier i hhv. konverterområdet og i 400 kV området, hvor der etableres GIS-anlæg. Byggemodningen af de 2 byggerier vil foregå i forlængelse af hinanden. Til etablering af stationsanlægget vil der være behov for et antal entreprenørmaskiner. Jf. Tabel 4.13 angives forventede typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden.

Der er tale om en simpel opgørelse af omfanget af transportarbejdet opdelt i hovedaktiviteter og enhedsmængder baseret på Energinets erfaringer fra tilsvarende opgaver. Opgørelsen skal betragtes som overslagsmæssig med det formål at få et indtryk af en størrelsesorden af trafikarbejdet og driftstid ved anvendelse af entreprenørmaskiner. Byggeperioden er 30 måneders varighed = 650 arbejdsdage. Samlet set forventes der ca. 8.000 lastbiltransporter til byggepladsen i forbindelse med bygge- og anlægsarbejderne svarende til ca. 15 transporter pr. dag i gennemsnit i hele byggeperioden. I anlægsperioden vil der komme ca. 20 specialtransporter i den sidste del af byggeperioden.

Der vil være en spidsbelastning i anlægsaktiviteterne, når der både er anlægsaktiviteter for selve bygningsarbejderne og der samtidigt er igangsat byggeaktiviteter for installation af højspændingsudstyr. Spidsbelastningen for denne aktivitet forventes at være i andet byggeår, hvor der både vil være mange personer på byggepladsen og der vil blive iværksat specialtransporter til installationsarbejdet omkring højspændingsudstyret. Det vurderes at der er op til 650 personer på byggepladsen i spidsbelastningen. Den aktivitet, der medfører størst trafikbelastning på det lokale vejnet er støbning af fundamenter.

På baggrund af de opgjorte mængder samt forudsætning om bygge- og anlægsarbejdets tidsplan er trafikbelastningen på offentlig vej hidrørende fra lastbiltransporter til byggepladsen skønnet. Der skal fragtes materiale og store tekniske komponenter til byggepladsen i stationsområdet. Der henvises til den principielle beskrivelse af dette i afsnit 4.1.10, idet karakteren af særtransporterne vil være ens. Omfanget af særtransporter vil dog være mindre end beskrevet på Bornholm, da det samlede byggeri til stationen ved Sjælland er forholdsvis mindre.

Det er forudsat, at al råjord og muld enten kan genanvendes i projektet eller indarbejdes i landskabsbearbejdningen omkring anlægget. Beregning ud fra hovedmængder er skaleret ud fra referenceprojektet Viking Link, hvor der i perioden for bygge- og anlægsarbejder, har været et gennemsnit på 10 lastbiltransporter til byggepladsen pr. dag. Referenceprojektet omfatter anlæg af én bipol, dvs. konverterområdet på stationen ved Solhøj er direkte sammenlignelig med dette projekt.

Den afledte lastbiltrafik fra 400 kV GIS-anlægget vurderes ud fra en forholdsbetragtning i forhold til de opgjorte hovedmængder for området. Trafikbelastningen relateret til transport af varer og materialer vil ske når der skal ske større støbearbejder. Der kan støbes 1.500 m<sup>3</sup> ad gangen. En betonbil kan fragte 10 m<sup>3</sup>. Det betyder, at der i spidsbelastningen vil være 150 transportere med beton til byggepladsen, hvilket vil svare til 12-13 biler i timen eller en lastbil hvert 5. minut i 12 timer. Dertil kommer den almindelige byggetrafik på gennemsnitligt 15 lastbiler om dagen eller 2 lastbiler i timen.

De store støbearbejder vil have en varighed på ét år og det vil i spidsbelastningsperioder ske med en uges mellemrum.

*Tabel 4.17. Oversigt over forventet maskinel til anlægsarbejder samt forventet varighed af anlægsarbejder.*

Stationsanlæg	Skønnet type af maskiner	Forventet varighed af anlægsarbejder
<i>Konverterområdet</i>	Gravemaskine (7-50 T) Rendegravere/minigravere Lastbil/dumpere Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran  Personlifte	18-24 mdr.
<i>400-kV-området</i>	Gravemaskine (7-50 T) Rendegravere/minigravere Lastbil/dumpere Gummiged Traktor med kran/lastbil med kran  Personlifte	18-24 mdr.

I driftsfasen vil trafikken være særdeles begrænset, da stationen er ubemandet. I forbindelse med drift og vedligehold, vil der periodevis være en let trafik i omfanget af 1-5 biler/dag. I særlige situationer ved nedbrud af større maskiner, vil der kunne forekomme transport med lastbiler og i enkeltstående tilfælde (måske en gang hver 5. år), vil der være behov for en særtransport.

#### 4.2.9 Støj i anlægsperioden

Anlægsarbejderne vil som udgangspunkt blive udført indenfor normal arbejdstid, som på hverdage er kl. 07-18 og lørdage kl. 07-14. Idet anlægsperioden for etablering af stationsanlægget ved Solhøj strækker sig over en længere periode vil det blive aftalt med Høje-Taastrup Kommune, hvordan anlægsarbejdet på stationen skal tilrettelægges. Støj fra anlægsarbejdet afspejles i de fire anlægsfaser. For at foretage en miljøvurdering af støj fra anlægsarbejdet udføres



støjberegninger for anlægsperioden (se også afsnit 4.2.16) som gennemgår tidsplanen for anlægsarbejde af stationen på Sjælland).

#### 4.2.10 Terrænregulering

I forbindelse med etableringen af stationsområdet ved Solhøj vil det være nødvendigt at udføre terrænregulering for at arealerne er anvendelige til det tekniske anlæg. Arealerne vil blive planlagt ud evt. med terrasser, hvor det er muligt for at placere det tekniske anlæg. Grundet de betydelige terrænforskelle i projektområdet vil der være behov for at etablere anlægget i terrasser. Terrasserne forventes primært udført ved afgravning af terræn, og den afgravede jord udlægges efterfølgende i området. Det er også muligt, at det kan benyttes til etablering af råjordsplanum under veje.

#### 4.2.11 Regnvandshåndtering

Energinet har ansøgt Høje-Taastrup Kommune om tilslutningstilladelse til tilledning af regnvand fra stationsområdet til Baldersbæk. Energinet følger de anvisninger og vilkår, der stilles i tilladelsen. Der ansøges om tilledning af 41.400 m<sup>3</sup> fordelt på 125 regnhændelser. Regnvandet opsamles og forsinkes i et bassin der placeres syd for den kommende højspændingsstation, se Figur 4.20.



Figur 4.20. Indretning af projektområde. Regnvandsbassin placeres mod syd.

Bassinet afleder overfladevand til Baldersbæk, som gennemløber projektområdet for højspændingsstationen. Baldersbæk, som er et spildevandsteknisk anlæg, er reguleret og flisebelagt. Som nævnt er Baldersbæk klassificeret som et (åbent) spildevandsteknisk anlæg. Denne klassifikation er ligeledes gældende for de nedstrøms beliggende indskudte søer, som fungerer som forsinkelses-/sedimentationsbassiner.

Cirka 1.125 m nedstrøms stationsområdet gennemløber Baldersbæk en unavngiven § 3-beskyttet sø. Cirka 7.840 meter nedstrøms stationsområdet løber Baldersbæk ud i Ishøj Sø, som også er § 3-beskyttet. I Ishøj Sø mødes Baldersbæk og Lille Vejleå, sidstnævnte fortsætter ud i Køge Bugt. Både Lille Vejleå og Køge Bugt er målsatte.

#### 4.2.11.1 Oplandsinddeling

Stationsanlæggets befæstede områder inddeles i et konverterområde i nord og et 400-kV GIS-område i syd. Stationsanlægget har et areal på 15,7 ha, hvoraf 8,3 ha er befæstet. Bassinet dimensioneres til en 10-årshændelse. De befæstede arealer, som der skal afledes overfladevand fra, fremgår af Tabel 4.18 nedenfor.

Tabel 4.18. Arealopgørelse for befæstelsesgraden.

	Totalt areal (ha)	Befæstelsesgrad (%)	Befæstet areal (ha)	Hydrologisk reduktionsfaktor	Reduceret areal (ha)
<b>Konverterområde</b>	6,26	80	5,00	0,9	4,51
<b>400 kV</b>	8,90	30	2,67	0,9	2,40
<b>Adgangsvej</b>	0,58	100	0,58	0,9	0,53
	15,74		8,25		7,44

#### 4.2.12 Midlertidig grundvandssænkning

Midlertidig grundvandshåndtering i anlægsfasen forventes ikke at være nødvendige for etablering af de tekniske anlæg i stationsområdet. Under forudsætning af at jordlagene, som forventet, helt overvejende består af ler, forventes der ikke særlige udfordringer med dette. Drænrør og pumpe-sumpe med dykpumper vil formentlig være tilstrækkelige til at tørholde udgravningerne.

#### 4.2.13 Spildevand i anlægsfasen

Området, hvor stationen opføres, ligger uden for kloakeret område. I etableringsfasen forventes det, at der vil være mindre mængder af sanitært spildevand, der skal håndteres. Energinets erfaring fra lignende etableringsprojekter viser, at der kun er minimalt behov for bedefaciliteter på byggepladsen. Sanitært spildevand i anlægsfasen opsamles i septiktanke og køres væk til godkendt modtager efter anvisning fra Høje-Taastrup Kommune.

#### 4.2.14 Jordhåndtering

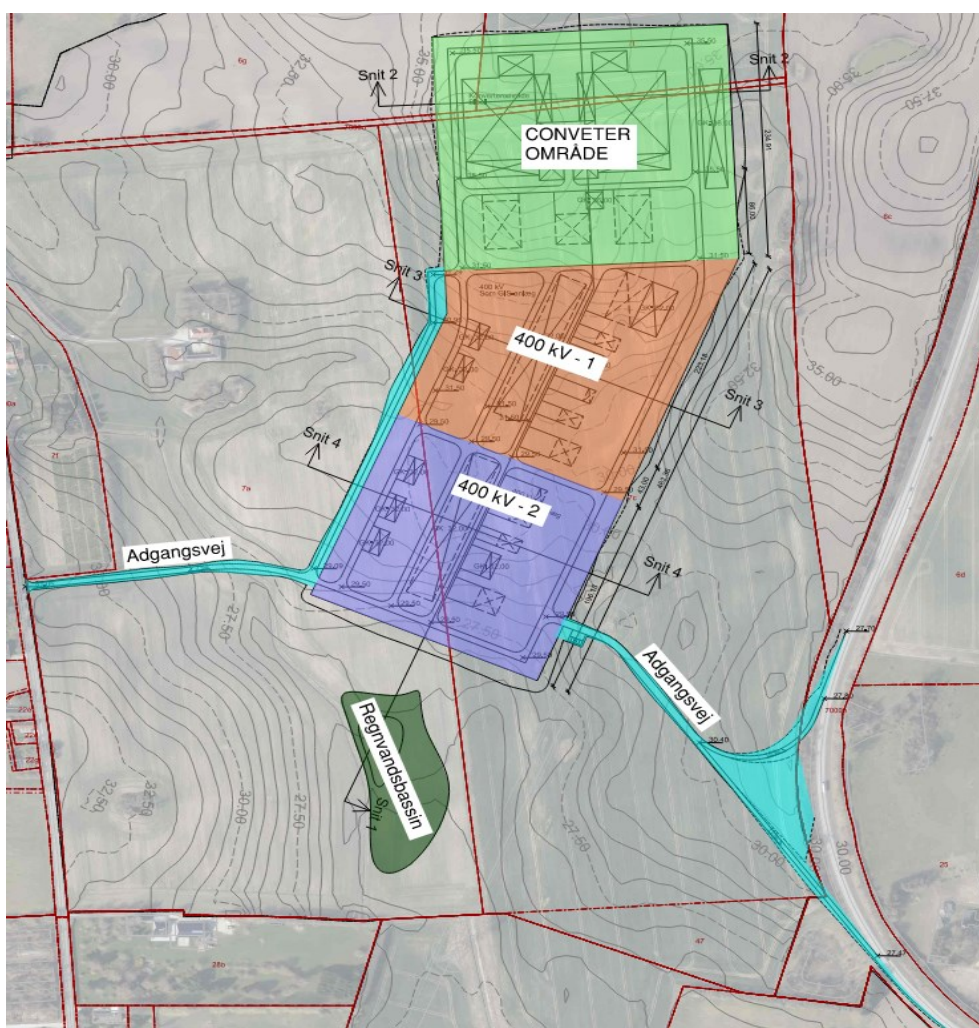
I forbindelse med projektet tilstræbes det, at der er jordbalance i området. Det betyder, at der ikke skal bortkøres jord fra projektområdet. Som led i udarbejdelse af skitseprojektet er der foretaget en foreløbig beregning af den mængde jord, som skal graves bort ved projektet. Som vidensgrundlag er der taget udgangspunkt i mængdeopgørelser baseret på skitseprojektet samt desktop-studier af de geotekniske forhold indenfor projektområdet.

Ved etablering af stationsanlægget vil der være krav til, hvilke materialer der skal/kan genindbygges under byggefelter, højspændingskomponenter samt interne veje. Energinet prioriterer bæredygtighed højt, og dermed også nyttiggørelse af bl.a. opgravede materialer. For at mindske mængden af opgravet jord, der skal bortskaffes, er der vurderet, om en del af den opgravede jord kan genindbygges eller anvendes i jordvolde og grønne arealer.

Til beregning af jordmængder, er projektområdet opdelt i tre områder, som vist i Figur 4.21. Regnvandsbassinet er ikke omfattet i beregningerne. Her er der til hvert felt udarbejdet en planummodel, som tager udgangspunkt i overside af råjordsplanum, dvs. flader, hvortil der skal afgraves og fyldes op forud for indbygning af tilførte materialer. Forudsætninger for råjordsplanums beliggenhed er som følgende:

- Under bygninger: 1,2 meter under færdigt terræn.
- Under bygninger med kælder: 4,5 meter under færdigt terræn.
- Under asfaltarealer: 0,7 meter under færdigt terræn.
- Under grusarealer: 0,5 meter under færdigt terræn.
- Under muldbelagte områder: 0,3 meter under færdigt terræn.

Skulle det, mod forventning blive nødvendigt at bortskaffe jord, vil jordflytning blive anmeldt til kommunen og hvis der stødes på forurenede jord, udarbejdes en jordhåndteringsplan i samarbejde med Høje-Taastrup Kommune, som redegør for jordbalancerne og håndtering af eventuel forurenede jord.



Figur 4.21. Områdeopdeling og -betegnelser til jordberegninger.

Ved nivellering af områderne er udgangspunktet at skabe jordbalance mellem de enkelte felter, således jorden skal flyttes mindst muligt.

Ud fra ovenstående forudsætninger er der dannet en IsoPach-model, som viser, hvordan jorden skal flyttes rundt på site, som vist på Figur 4.22.



Figur 4.22. IsoPach plan for site layout - røde og orange farver viser afgravning og grønne farver viser påfyldning.

Ud fra ovenstående forudsætninger er der i alt beregnet en afrømningsmængde på ca. 90.000 m<sup>3</sup> muld, råjordsmængde til afgravning på ca. 125.000 m<sup>3</sup>, hvoraf ca. 27.000 m<sup>3</sup> kommer fra udgravning til bassin. Efter hensyntagen til de jordmængder, der kan genindbygges på stationsområdet, genereres et overskud på ca. 62.000 m<sup>3</sup> muld og 52.000 m<sup>3</sup> råjord, som med fordel kan indbygges på jordvolde omkring site. Forslag til terrænbearbejdning omkring sitet med jordoverskuddet ses af situationsplanen i Figur 4.23.

De beregnede mængder indeholder hverken udgravning til lednings- og kabelgrave, samt fuld terrænbearbejdning af tilslutning til Ring 5, men kun udgravning af vejene.

#### 4.2.15 Landskab og beplantning

Stationsområdet inkluderer areal til etablering af beplantninger og landskabelig bearbejdning omkring stationens tekniske anlæg med henblik på at nedskalere (afværge) den visuelle påvirkning af landskabet. En skitseplan for indretningen af stationsanlægget er vist i Figur 4.23.

Der vil blive etableret beplantning omkring stationen, hvor der tages højde for bevoksningsstrukturen i landskabet. De visuelle konsekvenser fra anlægget vil blive reduceret ved hjælp af terrænbearbejdning og beplantning med lokalt hjemmehørende arter samt arkitektonisk bearbejdning af anlægget. Der vil blive udarbejdet en række principper for beplantning af området som samles i en særskilt plan, som kan bruges i dialog med kommunerne omkring etablering af beplantning omkring stationen. Det er essentielt, at terræn for ny beplantning anlægges tidligt i processen, så træer kan plantes hurtigt og kommer i vækst. Dette er en afgørende faktor for at lade naturen indfinde sig, mens anlægget opføres.

Overskudsjord vil blive udnyttet til at opbygge et varieret bakkelandskab, der både bidrager til afskærmning af anlægget og har en rekreativ værdi. Gennem bakkelandskabet og forbi regnvandsbassinet kan der anlægges en rekreativ stiforbindelse fra Hedehusene, der som fremtidigt projekt kan føres videre til Ishøj langs Baldersbæk. En sekundær trampesti kan etableres nord og vest om anlægget.



Figur 4.23. Skitseplan for indretningen af stationsanlægget ved Solhøj.

Det varierede landskab omkring anlægget beplantes med forskellige hjemmehørende træarter samt skovbrynsbeplantning i form af buske og bunddækkende beplantning.

Den nærmere beplantning fastlægges i form af en række principper, der udarbejdes med input fra Høje-Taastrup Kommune, m.fl. For en styrket biodiversitet vil landskabet blive anlagt med fokus på fremtidigt mikroklima, der også fremmer levesteder for dyreliv gennem brug af værktøjer som blandingsarter, indplantningsspots og bunddække samt udlægning af dødt ved, kvas og stenbunker.

#### 4.2.16 Tidsplan for anlægsarbejder

Tidsplan for anlægsarbejderne er skitseret herunder. Tidsplanen er fastlagt på baggrund af kendskabet til projektet på nuværende tidspunkt, så der kan ske tilpasninger. Anlægsarbejdet ved Solhøj, inkl. forberedende arbejder forventes at vare 36 måneder og foregår i perioden 2026-2029.

Tidsplanen fremgår af Tabel 4.19. Tidsplanen afspejler byggeriets fire hovedfaser som hver især har en samlet varighed som oplyst herunder.

Fase 1 – Varighed: Ca. 8,5 måneder. Omfatter hele området til stationen:

- Byggemodning, vejopbygning og tilslutning af ring 5, landskabsbearbejdning.
- Etablering af råhus, facader og tag.

Fase 2 - Varighed: Ca. 13-14 måneder. Omfatter byggefeltet til stationen:

- Bygningsinstallationer.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.
- Indvendige byggearbejder.

Fase 3 – Varighed: Ca. 5-6 måneder. Omfatter byggefeltet til stationen:

- Installation af højspændingsudstyr.
- Etablering af fundamenter til reaktorer.

Fase 4 – Varighed: Ca. 5 måneder. Omfatter hele området til stationen:

- Udendørs højspændingsinstallationer.
- Afsluttende landskabsbearbejdning og belægningsarbejder.

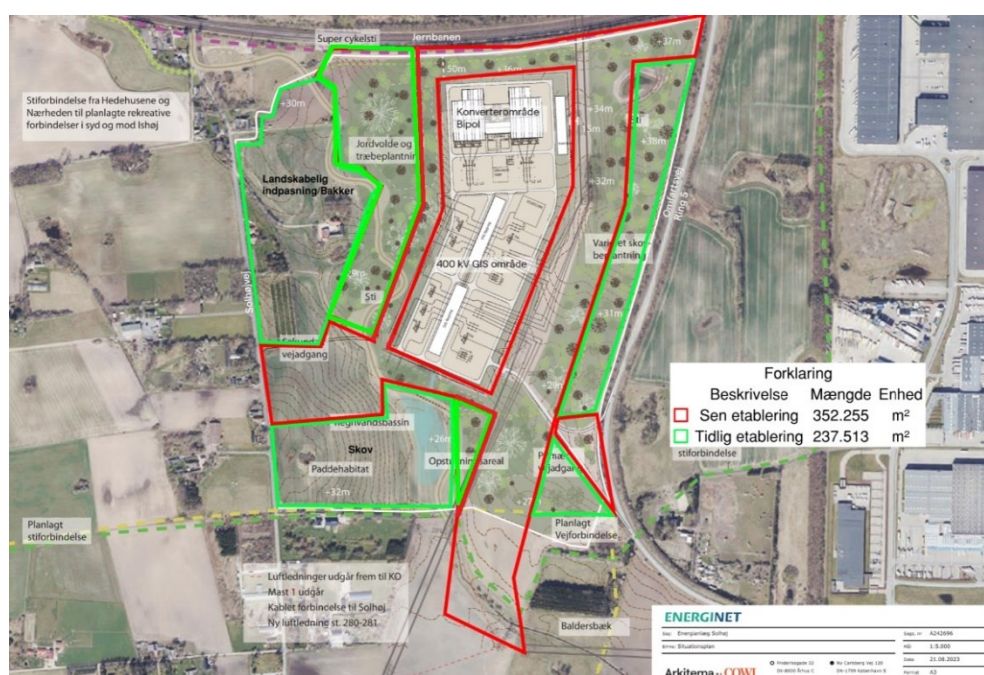
Tabel 4.19. Tidsplan for bygge-og anlægsarbejder samt højspændingsmontage der viser byggeriets hovedfaser.

Foreløbig proces for proces og anlægsarbejder									
Aktiviteter	2025	2026	2027	2028	2029				
<b>Anlægsfasen</b>									
Forberedende arbejder (infrastruktur og ledningsomlægning)									
Højspændingsmontage									
220 kV									
Afsluttende arbejder									
<b>Ibrugtagning</b>									

Forberedende arbejder omfatter etablering af vejadgang til projektområdet fra Ring 5. Dette arbejde kan iværksættes inden det egentlige byggearbejde påbegyndes.

Som på Bornholm, vil der også ved stationen ved Solhøj blive foretaget en tidlig beplantning og bearbejdning af landskabet i den del af projektområdet som ikke bebygges, så beplantningen i anlægsperioden kan vækste og fungere som rekreativt område allerede fra anlægsstart.

Det er angivet med grøn afgrænsning På nedenstående Figur 4.24, ses de enkelte etaper for anlægsarbejderne. Det handler om et område mod nordvest mod bebyggelse, et område mod sydvest og et område langs Ring 5.



Figur 4.24. Plan der viser tidlig etablering i form af beplantning. I områder med grøn afgrænsning etableres tidlig beplantning og landskabelig tilpasning. I de øvrige områder må landskabelig tilpasning og beplantning afvente færdiggørelse af byggeriet.

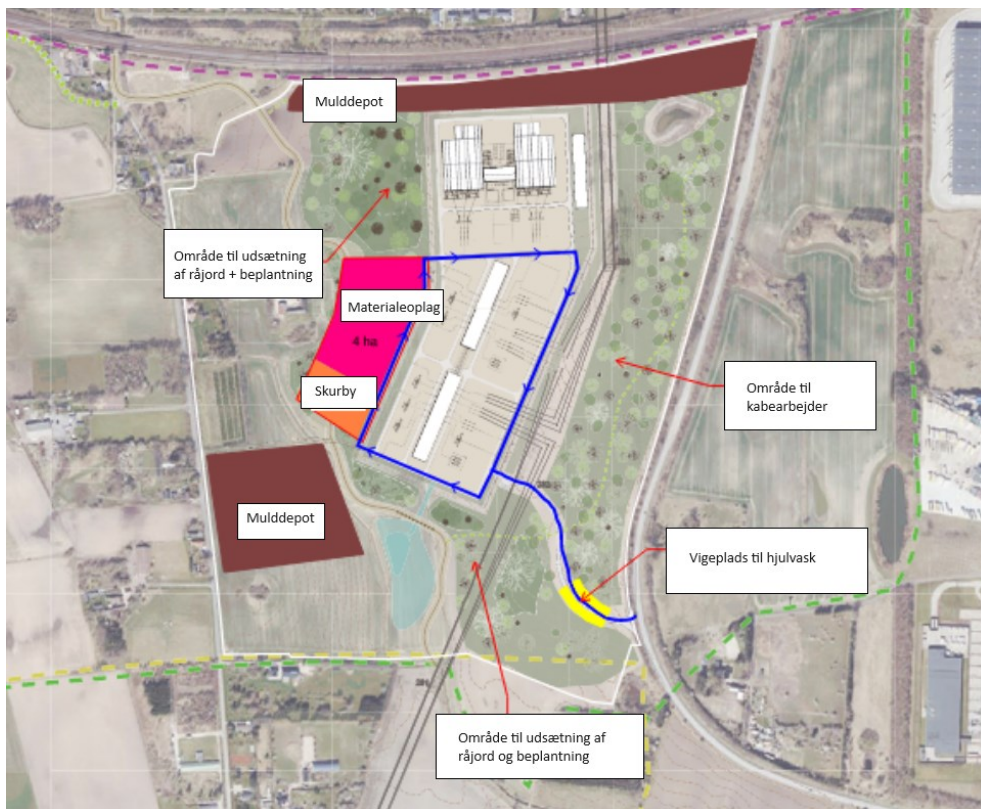
Bygge- og anlægsarbejderne som forventes at blive gennemført af totalentreprenør vil foregå fra 2026–2027. Højspændingsmontagen vil forløbe fra 2027 og forventes afsluttet medio 2029 (Tabel 4.19).

Udformning af byggepladsen og midlertidige arbejdsarealer er bl.a. baseret på erfaringer fra Viking Link og Stationsanlæg ved Revsing.

#### 4.2.17 Byggepladsdisponering

Oplæg til byggepladsdisponering er vist på Figur 4.25.

Byggeplads og skurby vil kunne placeres nord for det område, hvor det fremtidige regnvandsbassin og udledningspunkt skal være.



Figur 4.25. Byggepladsdisponering under bygge- og anlægsarbejder samt højspændingsmontage.

Der kan etableres ensrettet kørsel på stationen som vist på Figur 4.25.

Langs adgangsvejene fra Ring 5 forventes etableret en vigeplads, der kan anvendes til P-plads for lastbiler, der afventer modtagelse på stationen. Ligeledes etableres et område til hjulvask af lastbiler inden de kører ud på Ring 5.

Der arbejdes ikke med etaper for byggeriet, da hele byggeriet skal igangsættes på samme tid.

#### 4.2.18 Materialeforbrug og ressourcer – Hovedmængder

Til etablering af stationsanlæggene vil der være behov for forskellige råstoffer som bl.a. råjord, grus, in-situ beton, armeringsstål, samt traditionelle byggematerialer til AC-stationsbygning og GIS-bygningerne.

Desuden skal der i byggemodningsfasen håndteres råjord internt i området, samt ikke indbygningsegnet jord og evt. overskydende afrømmet muldjord. Disse ressourcer genindbygges i området som led i en landskabsmodellering.

Hovedmængder for hver af delområderne fremgår af Tabel 4.20 til Tabel 4.22 og for det samlede bygge-/anlægsprojekt i Tabel 4.23.



Table 4.20. Hovedmængder af materialer/ressourcer for Konverterområdet.

Typer af ressourcer	Mængder Konverterområde			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		29.100		29.100
Råjord / m <sup>3</sup>		39.000		39.000
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		9.600		9.600
Grus / m <sup>3</sup>		2.600		2.600
Asfalt / tons		600		600
Insitu beton / tons	31.740		122	31.862
Armering / tons	1.320		11	1.331
Præfab beton / tons	1.950			1.950
Stål / tons	1.980			1.980
Facade / m <sup>2</sup>	21.880			21.880
Tag / m <sup>2</sup>	18.750			18.750
Afvanding – plast / tons		11		11
Afvanding – rustfri stål / tons		2		2
Afvanding – beton / tons		355		355
Jordnet / tons		10		10
Tomrør – plastrør / tons		9		9
Perimeterhegn / m		927		927
Kabelkanaler beton / tons		100		100

Table 4.21. Hovedmængder af materialer/ressourcer for 400 kV anlæg.

Typer af ressourcer	Mængder 400 kV anlæg			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		45.000		45.000
Råjord / m <sup>3</sup>		57.500		57.500
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		9.100		9.100
Grus / m <sup>3</sup>		4.100		4.100
Asfalt / tons		600		600
Intitu beton / tons	36.340		2.112	38.452
Armering / tons	3.630		242	3.872
Præfab beton / tons	5.850			5.850
Stål / tons	400			400
Facade / m <sup>2</sup>	14.000			14.000
Tag / m <sup>2</sup>	7.500			7.500
Afvanding – plast / tons		16		16
Afvanding – rustfri stål / tons		2		2
Afvanding – beton / tons		321		321
Jordnet / tons		15		15
Tomrør – plastrør / tons		13		13
Perimeterhegn / m		1.001		1.001
Kabelkanaler beton / tons		144		144

Tabel 4.22. Hovedmængder af materialer/ressourcer udenfor området.

Typer af ressourcer	Mængder udenfor site			
	Bygninger	Terræn	Friluftsanlæg	Total
Muld / m <sup>3</sup>		14.800		14.800
Råjord / m <sup>3</sup>		26.800		26.800
Klippe / m <sup>3</sup>		0		0
Sand / m <sup>3</sup>		2.100		2.100
Grus / m <sup>3</sup>		1.300		1.300
Asfalt / tons		100		100
Insitu beton / tons				0
Insitu armering / tons				0
Præfab beton / tons				0
Stål / tons				0
Facade / m <sup>2</sup>				0
Tag / m <sup>2</sup>				0
Afvanding – plast / tons				0
Afvanding – rustfri stål / tons				0
Afvanding – beton / tons				0
Jordnet / tons				0
Tomrør – plastrør / tons				0
Perimeterhegn / m				0
Kabelkanaler beton / tons				0

Tabel 4.23. Hovedmængder af materialer/ressourcer for hele bygge- og anlægsprojektet.

Typer af ressourcer	Total
Muld / m <sup>3</sup>	88.900
Råjord / m <sup>3</sup>	123.300
Klippe / m <sup>3</sup>	0
Sand / m <sup>3</sup>	20.800
Grus / m <sup>3</sup>	8.000
Asfalt / tons	1.300
Insitu beton / tons	70.314
Insitu armering / tons	5.203
Præfab beton / tons	7.800
Stål / tons	2.380
Facade / m <sup>2</sup>	35.880
Tag / m <sup>2</sup>	26.250
Afvanding – plast / tons	27
Afvanding – rustfri stål / tons	4
Afvanding – beton / tons	677
Jordnet / tons	25
Tomrør – plastrør / tons	23
Perimeterhegn / m	1.928
Kabelkanaler beton / tons	244

#### 4.2.18.1 Affald i anlægsfasen

Alt affald bliver sorteret med det formål at affald behandles på den mest forsvarlige måde. Det betyder at affald i videst muligt omfang forberedes med henblik på genbrug. Projektet vil generere affald af forskellig type i anlægsfasen. Det vil primært være af typen asfalt, beton, jern, aluminium, porcelæn, stål, komposit.

Affaldet vil blive bortskaffet og opbevaret efter gældende regler. Det vil blive opbevaret på en sådan måde, at det ikke kan forurene jord og grundvand, nærliggende natur, mv.

#### 4.2.18.2 Anvendelse af maskiner

Til etablering af stationsanlæggene vil der være behov for et antal anlægsmaskiner. Der er herunder angivet et skønnet omfang af antal og typer af maskiner som vil blive anvendt i anlægsperioden (Tabel 4.24).

Opgørelsen skal betragtes som overslagsmæssig med det formål at få et indtryk af størrelsesordenen af anvendelse af entreprenørmaskiner. De angivne maskiner vil ikke nødvendigvis blive anvendt kontinuert igennem anlægsarbejdet, men kun på de tidspunkter, hvor deres tilstedeværelse er påkrævet.

Tabel 4.24. Maskintyper. Antal og varighed er maksimalbetragtninger.

Maskintype	Antal	Varighed
Gravemaskine	4	24-36 mdr.
Rendegraver	4	24-36 mdr.
Traktor	4	24-36 mdr.
Lastbil/dumper	4	24-36 mdr.
Gummiged	4	24-36 mdr.
Bulldozer	3	24-36 mdr.
Byggepladskraner	1	24-36 mdr.
Grundvandspumpeanlæg	4	24-36 mdr.

#### 4.2.19 Støj i driftsfase

Den nye station ved Solhøj vil påvirke omgivelserne med støj. De vejledende grænseværdier for støj ved nærmeste nabo skal være overholdt, når anlægget er i drift. Der vil blive udarbejdet en støjredegørelse for projektet, som viser om støjpåvirkningen overskrider de vejledende grænseværdier for virksomheder i det åbne land.

Der findes ikke grænseværdier for lavfrekvent støj. Miljøstyrelsen har anbefalet grænseværdier for lavfrekvent støj (Orientering fra Miljøstyrelsen nr. 9/1997 "Lavfrekvent støj, infralyd og vibrationer i eksternt miljø"). Lavfrekvent støj er defineret som støj med frekvenser mellem 10 og 160 Hz. Lavfrekvent støj bedømmes indendørs i boliger over en 10 minutters periode.

#### 4.2.20 Emissioner

Komponenter med SF<sub>6</sub>-gas findes på mange af Energinets højspændingsstationer rundt om i landet. Gassen fungerer effektivt som isolationsmiddel i gasisolerede el-anlæg, og i afbrydere sikrer gassen, at den gnist eller lysbue der opstår, når man afbryder strømmen, også slukkes. Nedenstående viser en oversigt over SF<sub>6</sub>-gasser fra højspændingsstationen på Sjælland.

Nedenstående tabel viser en oversigt over SF6-gasser fra højspændingsstationen på Sjælland.

Tabel 4.25. SF6-gasser.

Anlæg	Sted	Rate (kg SF6/felt*/år)	Ant felter	Udledning (kg SF6/år)	Udledning (ton CO2-eq/ år)**
GIS	Sjælland	0,115	24	2,76	64,86

SF6 GWP 100-year

\*felt=tilslutningspunkt i anlægget

\*\* beregning gælder drift, uheld er ikke inkluderet

#### 4.2.21 Grundvandssænkning i driftsfasen

Der vil ikke være behov for grundvandssænkning i driftsfasen.

#### 4.2.22 Affald i driftsfasen

Affald sorteres, opbevares og bortskaffes efter gældende regler. Det betyder at affald i videst muligt omfang forberedes med henblik på genbrug.

Affaldet vil blive opbevaret på en sådan måde, at det ikke kan forurene jord og grundvand, nærliggende natur, mv. Der vil blive ansøgt om tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens § 19, hvis dette er relevant.

### 4.3 Kabelanlæg på land

Kabelanlægget på Bornholm og på Sjælland anlægges efter forskellige standardmetoder som Energinet skal følge jf. "Kabelhåndbogen". Anlægsmetoden er afhængig af, hvor kablet placeres.

I dette projekt vil kabelanlægget, så vidt det er muligt blive etableret i områder, der er udlagt til jordbrug og som dyrkes med henblik på produktion af afgrøder. Udlægning sker med almindelige entreprenørmaskiner.

Ved etablering af kabelanlæg anvendes der to generelle metoder; nedlægning i åben grav eller anvendelse af gravekasse, men der vil typisk, for begge metoder, være behov for at dele af tracéet rørlægges, under veje, åer o.l.

På strækninger hvor det ikke er hensigtsmæssigt eller muligt at kabellægge ved nedgravning, vil kablerne, blive anlagt via styrede underboringer (HDD). Greve, Ishøj og Solrød Kommune samt Bornholms Regionskommune har som følge af en teknisk forhøring af udkast til miljøkonsekvensrapport foretaget af SGAV i efteråret 2024 oplyst, at de foretrækker at krydsning af vandløb vil ske som en styret underboring.

Som det også indledningsvist er blevet nævnt, er den præcise placering af selve kablet først endeligt fastlagt, når der er meddelt VVM-tilladelse, og der er indgået individuelle aftaler med lods-ejerne indenfor projektområdet. Kablet kan således principielt placeres overalt indenfor den 150 m brede korridor.

Kabellægning på Bornholm og på Sjælland forventes udført omkring 2029.

#### 4.3.1 Teknisk beskrivelse af kabelanlægget

De rent tekniske forhold omkring selve etableringen, herunder krav til anlægsarbejde for kabelanlægget, og de dertil anvendte materialer samt tekniske specifikationer og opbygning af kabler mv., er nærmere beskrevet i dette kapitel i forhold til:

- Opbygning af højspændingskabler, lyslederkabler, muffesamlinger og linkbokse.
- Anlægsarbejde, herunder jordarbejde, muldafrømning, oplagspladser og køreveje.
- Kabeludlægning i traditionelle åbne kabelgrave.
- Kabeludlægning vha. nedgravning og ved underboring.
- Tørholdelse af kabelgrav og boregruber.
- Arbejdets varighed, materialeforbrug og forbrug af råstoffer.

Dette afsnit omfatter også en beskrivelse af de forskellige anlægstekniske muligheder og løsninger, der fra aktørens side, vil blive anvendt.

#### HVDC kabelsystemet

Kabelsystemet i dette projekt bliver et bipolært system (med en maksimal spænding på op til 525 kV), som overfører energi gennem et lukket kredsløb af to højspændingsledere (HVDC) med modsat polaritet, en metallisk retur og et fiberoptikkabel (i alt 4 kabler). Kabelsystemet vil have en diameter på ca. 30-40 cm.

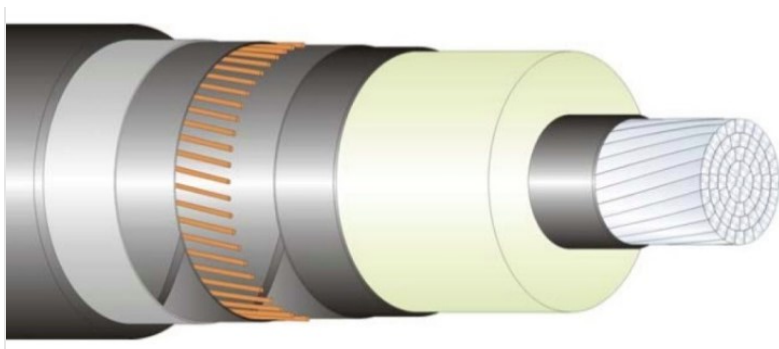
Kabelsystemet lægges i én kabelgrav som vil indeholde to 525kV kabler, et metallisk returkabel og et fiberkabel. De tre højspændingskabler vil blive lagt i flad forlægning som indikeret på Figur 4.30.

Kabelsystemet består samlet set af følgende:

- 2 individuelle 525 kV HVDC-højspændingskabler placeret i flad forlægning.
- 1 eller flere enkeltledere, som udgør den metalliske returleder (kan etableres som ét kabel eller op til 4 mindre kabler).
- Evt. jordledere (af hensyn til kabelsystemets design eller andre tekniske installationer i nærheden (behov/omfang afklares først i projekteringen)).
- 1-2 lyslederkabler i trækrør (Ø40 plastrør).
- Dækbånd i plast.
- Advarselsnet.
- Tilført sand, som sikrer de optimale termiske og mekaniske egenskaber for kabelanlægget.

Hvert kabel består af en aluminiumsleder eller alternativt kobber, omgivet af et isoleringsmateriale (typisk krydsbundet polyethylen (XLPE) eller imprægneret papir (MI)). Herefter er der lagt en skærm af kobber- eller aluminiumstråde, omgivet af et lag af kvældbånd på hver side for at begrænse vandindtrængning på langs af kablet i tilfælde af mekaniske skader, og som en sikring mod radial vandindtrængning er der lagt en aluminiumsfolie. Den yderste kappe er af polyethylen (HPDE), og fungerer som mekanisk beskyttelse og evt. som elektrisk isolation af skærmen. Kablerne vil ikke indeholde olie eller kemikalier, der kan føre til forurening af det omgivende miljø ved lækage i tilfælde af skader på kablet. Figur 4.26 viser et eksempel på opbygning af et en-ledet højspændingskabel.

Det forventes, at det bliver kabler med XLPE-isolation, der skal anvendes til projektet, men begge muligheder vil blive beskrevet i miljøkonsekvensrapporten. Kablerne til EnergiØ Bornholm projektet forventes at have vægt på omkring 20 kg/meter og med en ydre diameter på cirka 120-130 mm.



Figur 4.26. Eksempel på opbygning af et en-leder højspændingskabel. Et kabelsystem består af et trefaset AC-system af 3 kabler – et til hver fase.

Højspændingskablerne leveres fra fabrikken som enkeltledere på tromler. Hver kabeltromle indeholder én kabellængde, der forventes at blive på mellem 1.000 – 1.200 meter pr. tromle og har en samlet vægt på 25-35 tons. Ved XLPE-kabler er tale om såkaldte faste materialer, såsom plast og metaller, og det drejer sig derfor ikke om flydende materialer, som ved eksempelvis olie-isolerede kabler. Dette betyder, at der ved skrotning af XLPE isolerede kabler følges den normale procedure for sortering og granulering hos en oparbejdningsanstalt.

#### HVAC kabelsystemer

Kabelanlægget for de HVAC landkabler koncessionsvinder skal etablere fra kysten frem til projektområdet for stationen på Bornholm vil i høj grad minde om beskrivelsen af HVDC-kablerne herover. Et HVAC kabelsystem vil også bestå af 3 enkelte kabler svarende til 3 faser og et lysleder-kabel. HVAC-kablerne vil også være opbygget på samme måde beskrevet for HVDC kablerne og vil også kunne bestå af enten en aluminiumsleder eller en kobberleder. HVAC-kablerne vil være af XLPE typen.

#### 4.3.2 Lyslederkabler

Sammen med højspændingskablerne udlægges lyslederkabler, som bl.a. anvendes til kommunikation mellem stationerne, temperaturovervågning og fejlsøgning. Lyslederkabler ligger i samme kabelgrav som højspændingskablerne. Der vil være behov for at etablere en brønd til samling af lyslederkablerne – forventet for hver 5-6 km på kabelstrækningen. Fiberbrøndene bliver standard Energinet-design med en størrelse på 800 mm x 400 mm x 900 mm (L x B x H) med dæksel i terræn. Fiberbrøndene etableres fortrinsvist i forbindelse med samlinger af højspændingskablet og i nærheden af vej/skel.

#### 4.3.3 Synlige anlæg over terræn

Ved nogle eller evt. alle kabelmuffer er det nødvendigt at installere linkbokse, som indeholder udstyr til jording af kabelskærmene og evt. tilhørende overspændingsafledere. Disse linkbokse skal kunne tilgås for regelmæssige eftersyn og i forbindelse med evt. fejlsøgning på kabelanlægget.

De overjordiske brønde kan tilgås under normalt vedligehold uden opgravning, og kan ses over terræn i form af en betonbrøndring, som rækker ca. 30 cm over terræn. De underjordiske

linkbokse kan om nødvendigt kræve frilægning inden de kan tilgås. Linkboksbrønde placeres i levende hegn eller andre steder uden for landbrugsarealer af hensyn til landbrugsdriften. Hvis brøndene kan placeres i skel, vil dækslet i de fleste tilfælde blive ført over terræn, så de øverste 30 cm af brøndringen samt brønddækslet vil være synlige, se eksempel Figur 4.28.

Fiberbrønde vil være placeret i læhegn eller vejside og vil ligge i terræn med et aluminiumsdæksel som er synlige lige over terræn. Markeringspæle, som etableres for at markere ledningernes placering, vil på tæt hold være synlige i landskabet illustreret ved Figur 4.27



Figur 4.27. Nedgravet kabelanlæg markeres med orange pæl.



Figur 4.28. Eksempelfoto af linkboksbrønd i terræn.

#### 4.3.4 Magnetfelter

Alle strømførende anlæg skaber magnetfelter, når der løber strøm i dem. I anlægsfasen vil der ikke være strøm i kablerne, hvorfor der ikke vil være magnetfelter. Magnetfelter er nærmere beskrevet i afsnit 4.3.31.

#### 4.3.5 Forundersøgelser

Forundersøgelserne omfatter alle de undersøgelser, som udføres inden anlæg af den blivende tekniske installation. Forundersøgelserne kan udføres på forskellige tidspunkter i projektet. Tidspunktet og omfanget af forundersøgelserne beror på en konkret vurdering af behovet for viden i forhold til projektets design.

Som led i udarbejdelsen af denne projektbeskrivelse er der i forbindelse med projekteringen af kabelanlægget (og stationerne) udført forundersøgelser af jordbundsforhold i forbindelse med de lange styrede underboringer samt udarbejdet et omfattende feltprogram for besigtigelse og kortlægning af bilag IV arter, ynglefugle, habitatarter (bilag II), naturtyper i form af vandløb, fredskovsarealer og § 25-skov, habitatnaturtyper (bilag I), arealer omfattet af Natura 2000, beskyttede sten- og jorddiger samt levende hegn både indenfor og udenfor projektområdet. Der er ligeledes udarbejdet en arkæologisk analyse af projektområdet. Der vil også blive udført arkæologiske forundersøgelser af kabelkorridoren og stationsområderne på Bornholm og på Sjælland. Derudover er der foretaget geotekniske forundersøgelser af jordbunden, som relaterer sig til etablering af styrede underboringer af beskrevet i afsnit 4.3.14. Der er ligeledes foretaget geotekniske forundersøgelser af jordbundsforholdene på de arealer der skal benyttes til stationer. Endelig er der udarbejdet støjrapporter for anlægs- og driftsfase samt visualiseringsanalyser af de nye højspændingsanlæg på Bornholm og på Sjælland. Alle disse forundersøgelser vil indgå i miljøkonsekvensvurderingen af dette projekt samt danne grundlag for detailprojekteringen af projektet.

##### 4.3.5.1 Forberedende arbejder – fældning af træer og buske ved kabellægning i åben grav

Alle diger, levende hegn samt skovbevoksninger er som nævnt i afsnit 4.3.5 besigtiget som led i feltundersøgelser af projektområdet. Besigtigelsen er sket for at kortlægge digets/hegnets tilstand, karakteren af beplantningen, beplantningens biologiske værdi samt hvorvidt det er egnet som levested for markfirben og flagermus. I nedenstående, er det oplyst hvor der sker fældning af træer eller rydning af krat som følge af kabellægning i åben grav. Der vil i nødvendigt omfang blive ansøgt om dispensation til fældning af træer hvis disse indgår i et fredskovpligtigt areal eller hvis de på anden måde er omfattet af en beskyttelse, samt til anlægsarbejdet i områder omfattet af naturbeskyttelse. Hvis der fældes træer som følge af anlægsarbejdet og disse vurderes egnet eller potentielt egnet som leve, yngle eller fourageringstræ for flagermus, vil dette indgå i miljøkonsekvensvurderingen med henblik på at etablere erstatningslokaliteter for flagermus, fx ved veteranisering af træer i nærheden.

Miljøkonsekvensvurderingen af det konkrete projekt kan få indflydelse på omfanget af disse forberedende arbejder, og dermed kan det blive nødvendigt at ændre på anlægsmetoden, så kabellægning i åben grav, erstattes med styrede underboring.

##### *Bornholm*

Der er registreret 6 diger og ét levende hegn i projektområdet. Alle diger og levende hegn er ældre end ti år.



Ved kabellægning i traceet fra Sose Strand frem til stationsområdet ved anlæg i åben grav, vil der skulle fældes træer på matr. Nr. 48f, 47a, Aaker.

Ved kabellægning i traceet fra K1 Boderne Vest vil der skulle ske fældning af enkelte træer på matr. Nr. 44a, Aaker.

#### *Sjælland*

Der er registreret 3 diger og 5 levende hegn i projektområdet. Alle diger og hegn er ældre end ti år. Ved kabellægning i åben grav, i tracéet fra Karlstrup Strand frem til stationsområdet ved Solhøj vil der ske:

- Fældning af træer ved kabellægning på matr. Nr. 38kg og 38fs, Karlstrup By, Karlstrup.
- Rydning af krat på matr. Nr. 16b og 13i, Karlstrup By, Karlstrup (Karlstrup Mose).
- Fældning af en række træer i en plantage på matr. Nr. 15f, Karlstrup By, Karlstrup.
- Gennembrud af levende hegn på matr. Nr. 7kd, Karlslunde By, Karlslunde.
- Gennembrud af levende hegn på matr. Nr. 18v, Karlslunde By, Karlslunde.
- Rydning af enkelte buske i Karlstrup Mose, matr. Nr. 4o Karlstrup By, m.fl.

Derudover vil der være behov for at fælde enkelte træer langs stien i Trylleskoven, for at gøre plads til kørsel med maskiner på matr. Nr. 38c, Karlstrup By, Karlstrup.



*Figur 4.29. Ryddet stendige med enkelte unge træer og buske. Diget er besigtiget som led i det forberedende arbejde til dette projekt.*

#### **4.3.5.2 Forundersøgelser af jordbundsforhold**

Ved underboringer på land og særligt ved underboring af natur-, vådområder og større vandløb kan det være nødvendigt at udføre geotekniske forundersøgelser af jordbunden i det område, som skal underbores. De geotekniske forhold har betydning for projekteringen af underboringen. Resultatet af forundersøgelsen kan betyde, at underboringen skal flyttes i forhold til

den oprindeligt planlagte placering, eller at underboringen skal bores dybere. Formålet med forundersøgelser er at have det bedst mulige grundlag at kunne detailprojektere underboringen ud fra, således underboringen kan gennemføres sikrest muligt, og med minimum risiko for utilsigtet lækage af boremudder. Der foretages altid geotekniske undersøgelser af geologien hvis der skal udføres lange underboringer samt kystunderboringer.

Det kan også være nødvendigt at udføre prøvegravninger for at afklare en eventuel tilstedeværelse af ledninger eller for at lokalisere dybden af kendte ledninger. Prøvegravninger udføres efter at have fået tilladelse fra lodsejer og/eller efter at have indhentet gravetilladelse fra vejmyndigheden.

#### 4.3.6 Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg i åben grav

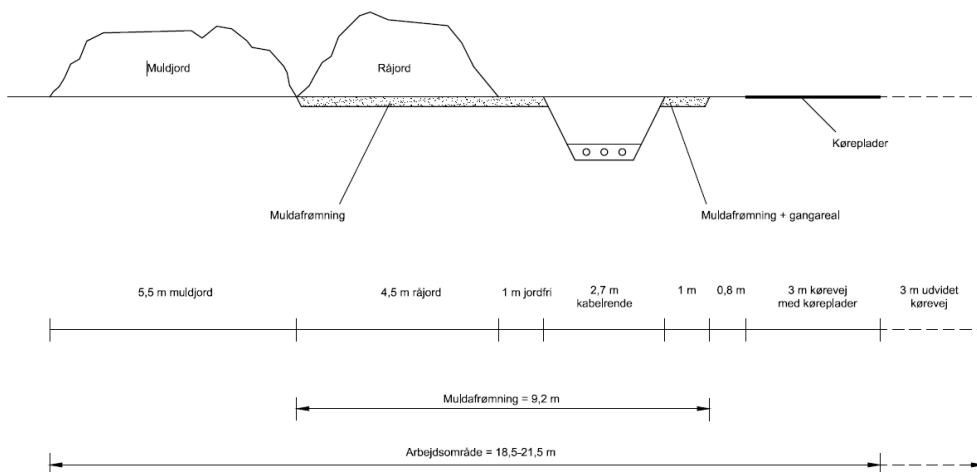
Beskrivelsen af anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg herunder gælder både anlæg af HVDC kabelsystem som anlæg af HVAC kabelsystemer.

Til etablering af kabelanlægget vil der være behov for et antal anlægsmaskiner, herunder en gravemaskine til udgravning af kabelgrav, et spil til udtrækning af kablerne, en vogn med sand og en rendegraver til tildækning af kablerne og lukning af kabelgraven. Hertil kommer et antal traktorer, lastbiler og rendegravere til alle de logistiske opgaver. De vil ikke være permanent på pladsen, men kun på de tidspunkter, hvor deres tilstedeværelse er påkrævet. Herudover vil der til strækningen være behov for opstilling af 1-2 mandskabsvogne. I stor udstrækning anvendes køreplader i forbindelse med kabellægning af alle kabelanlæg over 100 kV. Anlægsarbejdet opdeles i etaper, der svarer til én kabellængde. Først udlægges jernkøreplader, og herefter afrømmes muldjorden over kabeltracéet samt det areal, hvorpå råjorden efterfølgende vil blive opbevaret.

Muldjorden lægges i en bunke for sig langs arbejdsbæltet og danner grænse for arbejdsarealet. Herefter graves råjorden op, så kabelgraven får den ønskede profil. Råjorden lægges på samme side af kabelgraven som muldjorden, men således at muldjord og råjord ikke kan blandes sammen (se Figur 4.30).

Anlægsarbejdet kan udføres på forskellige måder. I anlægsfasen kan der vise sig behov for at tilpasse anlægsmetoden hvis manglende plads, hensyn til borgernes private adgangsforhold, trafikforhold begrunder det, eller for at forebygge konflikt med arealbindinger eller andre regulerede forhold. I dette projekt er den primære anlægsmetode til etablering af kabelanlæg nedgravning. Dette valg er foretaget ud fra hensynet til naturforhold, teknisk gennemførlighed, tidsforbrug og økonomi. Kablerne vil blive placeret i én kabelgrav. I anlægsfasen vil der være behov for et arbejdsområde omkring kabelgraven på omkring 21 meter. Figur 4.30 viser et snit af et kabelanlæg anlagt i åben grav og eksempel på arbejdsområde under etablering af landkablet.

Kabelgraven kan etableres enten ved almindelig åben grav med anlæg på kabelgravens sider eller ved anvendelse af gravekasse, som stiver siderne i kabelgraven af. Herved kan der arbejdes uden anlæg på kabelgravens sider. Gravekasser anvendes helt undtagelsesvist og kun på steder med begrænset plads eller hvor jordbundsforholdene ikke er tilstrækkeligt stabile til at grave med anlæg. Anvendelse af kabelgravekasse er nærmere beskrevet i afsnit 4.3.11.



Figur 4.30. Snit af kabelanlæg anlagt i åben grav (et kabelsystem). Eksempel på arbejdsareal under etablering af kabel. Kabelsystemet lægges i én kabelgrav som vil indeholde to 525kV kabler, et metallisk returkabel og et fiberkabel.

På enkelte kortere strækninger, hvor der er særlige udfordringer i forhold til terræn, beskyttet natur og lign., kan arbejdsarealet reduceres ved at flytte jorden væk fra området langs ruten. På længere stræk kan arbejdsarealet reduceres, f.eks. ved at råjord placeres op ad muldjord. På steder hvor terrænet skræner meget, vil den opgravede jord blive kørt væk og lagt i depot indtil det lægges tilbage igen. Kabelgraven må forventes at stå åben i maksimalt en arbejdsuge. Typisk vil renden graves den første dag, kablerne trækkes den anden dag og reetablering sker på tredjedagen. Afhængigt af den aktuelle kabellængde, kan der udføres 1-2 af disse etaper om ugen. Fordelene ved denne metode er, at der i forbindelse med opgravningen kan indsættes det nødvendige mandskab, så der kan arbejdes flere steder på kabellægningen samtidigt. Kabellægning kan tidsmæssigt nedsættes til et minimum. Det er ligeledes nemt at få reetableret dræn og andre ledninger i den åbne kabelgrav. Hvis der graves i et område med høj vandstand, så skal der indsættes pumper i hele dette afsnit for at kunne holde den åbne kabelgrav tør i den periode, hvor der skal lægges sand i bunden af kabelgraven, og mens der trækkes kabler og dækkes med yderligere sand omkring kablerne (se beskrivelse af dette i afsnit 4.3.13). Der kan også anvendes gravekasse (se beskrivelse i afsnit 4.3.11).

Ved etablering af de op til 9 HVAC kabelsystemer til koncessionsvinders kabelforbindelse mellem havvindmølleparken og projektområdet for stationen på Bornholm vil hvert kabelsystem blive anlagt som beskrevet herover. Der vil være op til 10 meter imellem hvert kabelsystem for at sikre en forsvarlig adgang til reparation eller service uden at være for tæt på et nabo-kabelsystem i drift. De op til 9 kabelsystemer fra havvindmølleparken til projektområdet for stationen på Bornholm kan rummes indenfor projektområdet for landkabler enten i en af de mulige projektområder eller fordelt i begge projektområder for koncessionsvinders landkabler (Boderne Øst og Boderne Vest/ K1 og K2).

#### 4.3.7 Midlertidige arbejdsarealer

I dette projekt vil der være brug for midlertidige arbejdsarealer til oplag af opgravet jord langs kabeltraceet, depoter og oplag, kørevej og boregruber. Dette beskrives i de følgende afsnit 4.3.7.1 og 4.3.8

#### 4.3.7.1 Oplagspladser og kabeltrækpladser - depot til sand, kabeltromler, m.m.

Der er behov for at etablere et antal midlertidige oplagspladser i nærområdet ved kabelkorridoren. Der er tale om depotpladser og tromledepoter. Størrelsen på depotpladser er ca. 250-2.500 m<sup>2</sup> og anvendes hovedsageligt til oplagring af jord/sand og andre materialer og udstyr. Depotpladserne kan også bruges til midlertidig parkering af entreprenørmaskiner, som anvendes til arbejdet langs kabelstrækningen. Det forventes, at der vil blive behov for én oplagsplads for hver ca. 2,5 -5 km på kabelstrækningen. Oplagspladser etableres indenfor det 150 meter brede projektområde, hvor alle natur- og miljøforhold er kortlagt. Da projektområdet for kabeltraceet er 150 meter bredt, vil det overalt være muligt at holde en afstand på mindst 30 meter til beskyttet natur. Entreprenøren vil inden oplagspladserne placeres og etableres sørge for, at dette ikke sker på steder hvor der er beskyttet natur. Det vil desuden fremgå af udbudsmaterialet at oplagspladser ikke må anlægges i beskyttet natur. Ligeledes vil der ikke ske kørsel eller oplag, som vil kunne påvirke § 3-beskyttede områder. Oplagspladserne udlægges i samarbejde med entreprenøren og vil om muligt blive placeret i tilknytning til tromledepoterne, som beskrives i det følgende. Oplagspladser placeres på landbrugsarealer eller p-pladser, og etableres ved at udlægge køreplader. Der sker ikke muldafrømning. Oplagspladserne placeres på flade arealer og udformes således, at der ikke kan ske afstrømning eller sedimenttransport (fx i tilknytning til voldsomme regnhændelser) som kan medføre tilstandsændringer af nedstrøms beliggende §3 områder eller levesteder for bilag IV-arter. Afstrømning kan hindres ved at placere en mindre jordvold omkring oplagspladsen eller opsætte halmballer. Begge disse tiltag er velafprøvede og effektive til at standse og opfange en mulig sedimenttransport, såfremt denne måtte opstå som følge af en voldsom regnhændelse.

Tromledepoter anvendes til opmagasinering af kabeltromler med højspændingskabler og evt. andet kabeltilbehør. I dette projekt anlægges der ét tromledepot for hver 2,5 km strækning. Da kabeltromler er meget tunge, foregår transporten på blokvognskøretøjer, som ikke er terrængående og desuden har stor venderadius. Derfor stilles der øgede krav til underlag og adgangsforhold, hvor tromlepladserne indrettes. Figur 4.31 viser kabeltromler på oplagsplads.



Figur 4.31. Kabeltromler på oplagsplads.

Tromledepoter vil også blive etableret inden for det 150 meter brede projektområde hvor alle natur- og miljøforhold er kortlagt. Medmindre de udpegede pladser allerede er befæstede vil pladserne blive etableret ved midlertidig at udlægge køreplader uden muldafrømning for at sikre færdslen og minimere strukturskader. Tromledepoter vil ikke blive udlagt i områder hvor der er beskyttet natur.

I dette projekt vil der ikke på forhånd blive udpeget, hvor de enkelte oplagspladser og tromledepoter kan placeres. Det vil først ske, når der er valgt entreprenør til at udføre arbejdet. Der skal gennemføres lodsejerforhandlinger i forhold til placering af de midlertidige oplagspladser og depoter, der i udgangspunktet forventes at være i brug mindre end 6 uger. Skal enkelte pladser bruges længere end 6 uger vil der blive søgt om landzonetilladelse hertil hos den respektive kommunale myndighed.

Kabeltrækpladserne udlægges langs kabelgraven for hver anden samling (muffe) på kabelanlægget (2-3 km). Der kan således trækkes i to retninger fra sammen plads og vice versa ruller kabler ud i to retninger fra samme plads. Pladserne kræver et areal på 45x45 meter, hvor maskinerne kan holde under trækning af kablet. Kabeltrækpladserne ligger med en afstand svarende til 2 gange længden af et kabel på en tromle (svarende til for hver 2-3 km). Kabeltrækpladser udlægges ligeledes indenfor det 150 meter brede kabeltracé hvilket først vil ske, når der er valgt entreprenør til at udføre arbejdet.

#### 4.3.7.2 Midlertidige køreveje

Der etableres en midlertidig adgangs/arbejdsvej langs hele linjeføringen og indenfor det undersøgte projektområde. Der udlægges køreplader langs hele linjeføringen. Køreplader transporteres på og udlægges fra lastbil.

Alle midlertidige adgangsveje vil som udgangspunkt blive udført som en 4 meter bred kørepladevej. Ud over det arbejdsspor, der bliver etableret langs kabelgraven, vil der være behov for at benytte et antal midlertidige køreveje for at få adgang til kabeltracéet fra eksisterende veje. Disse kørespor anvendes til transport af kabeltromler, sandfyld, materiel mv. reetableres efterfølgende.

Hvis det bliver nødvendigt at etablere køreveje i naturområder, etableres disse med køreplader for at minimere strukturskader og for at skåne vegetationen. Der vil forud herfor blive søgt om dispensation i forhold til naturbeskyttelsesloven hos de respektive kommuner, hvis kommunen forlanger det.

#### 4.3.8 Jordarbejde i forbindelse med åben kabelgrav

Hvor kabelforbindelsen etableres ved nedgravning (åben grav), vil der for at undgå strukturskader og ændringer i jordlagenes lagdeling, ske en separering af muldjord og råjord efter princippet: Muldjord på muldjord og råjord på råjord, jf. principtegning i Figur 4.30. Først rømmes muldjorden af ved brug af gravemaskine, der hvor kabelrenden skal graves. Muldjorden lægges i depot langs arbejdsbæltet og danner grænse for arbejdsbæltet. Der udlægges derefter et kørespor med køreplader, uden muldafrømning, hvor det findes nødvendigt.

Jordoplæg placeres så det sikres, at opgravet materiale ikke kan tilføres nærliggende beskyttede områder i forbindelse med regnskyl. Såfremt jordoplæg placeres i nærhed til beskyttede naturarealer og ligger højere i terræn end det tilstødende naturareal, vil der opsættes barrierer, der

kan holde materialet tilbage (eksempelvis en plastmembran støttet af halmballer). Ligeledes vil der ikke ske anlægsaktiviteter som kørsel, dræning, oplag eller lignende i eller i tilknytning til beskyttede naturområder indenfor en afstand på 30 meter.

Indenfor arbejdsbæltet graves der en kabelrende, som bliver ca. 1,5 meter dyb og ca. 2,7 meter bred øverst, og ca. 1,2 meter bred i bunden. Den opgravede råjord placeres mod og langs med muldjordsdepotet således, at det sikres, at råjord og muldjord ikke blandes sammen. I Figur 4.33 ses et tværsnit af en kabelrende.

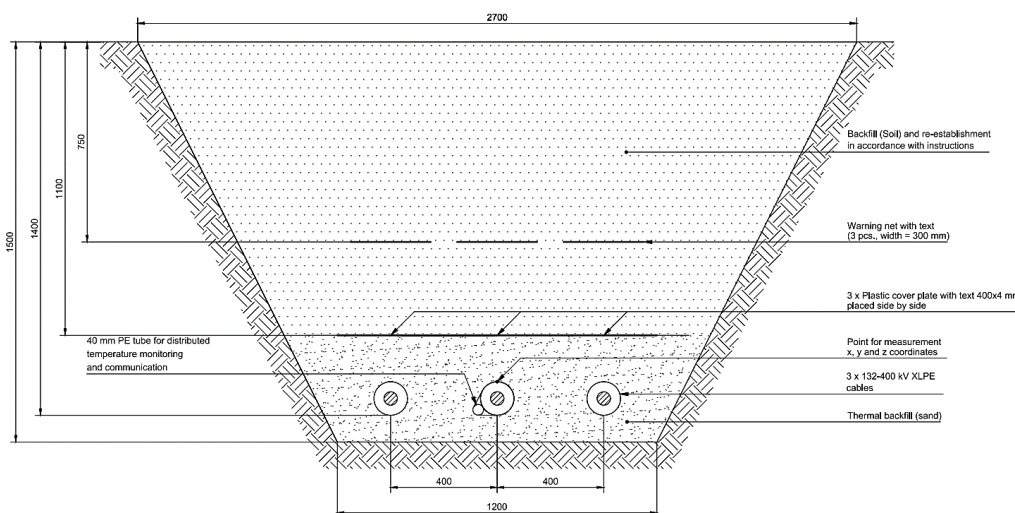
I bunden af kabelrenden lægges et ca. 10 cm komprimeret sandlag, hvorpå kablet udtrækkes og udlægges. Efter at kabler og lyslederrør er placeret i kabelrenden, dækkes disse med 20 cm komprimeret sand. Sandet forventes at kunne leveres fra lokale grusgrave, og det placeres i sanddepoter langs tracéet, hvorfra det hentes løbende. Sandet transporteres og udlægges med særlige sandudlægningsvogne.

Sandet over og under kablerne skal være af en særlig sammensætning af forskellige kornstørrelser for at give en god komprimering og veldefineret varmeafledning fra kablerne. Det er bl.a. evnen til at slippe af med varmen til omgivelserne, der bestemmer kabelforbindelsens evne til at overføre strøm. Der anvendes ca. 500-600 m<sup>3</sup> sand pr. ca. 1.000 meter kabelrende.

Over det ca. 20 cm tykke sandlag lægges der et kraftigt rødt dækbånd i plast til mekanisk beskyttelse af kablet, og omkring 75 cm under det færdige terræn lægges der et advarselsnet, begge med tekst, som angiver ejerskab af kabler, kontaktoplysninger mv.



Figur 4.32. Eksempel på arbejdsbælte med afgrømet rå- og muldjord samt køreplader. Bemærk, at dette er et anlæg med et kabelsystem.



Figur 4.33. tværsnit af standard kabelrende ved flad forlægning.

Kabelgraven har en bundbredde på 1,2 meter og fyldes med 30 cm komprimeret sand, omkring de kabler der lægges i bunden af kabelgraven. Ved anlæg i åben kabelgrav ligger kabelgravens bund 1,5 meter under terræn på hele strækningen. Det betyder, at kabelgravens bund og dermed sandlaget omkring kablerne følger overfladeterrænet (og derfor bugter det sig op og ned på samme måde som overfladen).

Når kabelgraven kommer til en lokalitet, der skal underbores (f.eks. et vandløb, en vej eller en jernbane, se arbejdsbeskrivelsen for styret underboring i 4.3.14), foretages underboringen, og der trækkes et føringsrør gennem underboringen. Kablerne trækkes under forhindringen gennem føringsrør, der fyldes med bentonit og forsegles. Det betyder, at der her er en diskontinuitet af sandlaget, idet føringsrørene er i direkte kontakt med den omgivende jord, og at det vand der eventuelt befinder sig i sandlaget, ikke kan komme forbi underboringen.

Kabelgraven er således et diskontinueret, aflangt, lukket "minimagasin", der bugter sig op og ned i landskabet. Magasinet har et volumen på 0,4 m<sup>3</sup> pr. løbende meter eller omkring 400 m<sup>3</sup> pr. km – det er altså meget lille. I områder og/eller perioder med højtstående grundvand vil sandlaget i bunden af kabelgraven være vandmættet, mens det i områder med dybere liggende grundvand vil være tørt. Der vil ikke være mulighed for vandbevægelse i kabelgravens sandlag, da det hverken har en ensartet gradient eller et udledningspunkt, der kan give anledning til langsgående vandbevægelse.

I områder, hvor et vandløb gennemgraves, etableres der lerbarrierer på tværs af sandlaget i kabelgraven for at sikre, at der ikke sker utilsigtet vandbevægelser mellem vandløbet og kabelgraven. I dette projekt er det p.t. kun aktuelt ved Baldersbækken på Sjælland, idet øvrige vandløb antages at blive underboret.

Det er i øvrigt en anbefaling i projektet, at alle dræn der krydses i forbindelse med kabelarbejdet, bliver retableret med toplidsede dræn, som sørger for vandtransport væk fra kabelgraven.

Råjorden fyldes tilbage og komprimeres for at undgå luftlommer omkring kablet, og til sidst lukkes kabelgraven med muldjord. Der er meget lidt overskudsjord i forbindelse med anlægsarbejdet, og det vil efterfølgende blive fordelt ud over tracéet.

Fra anlægsarbejdet på den enkelte matrikel/delstrækning startes op, til den er endeligt reetableret, går der mellem 2-6 uger afhængig af, om der er underboringer eller muffesamlinger på matriklen/delstrækningen. Reetablering af arbejdsarealer med mange markdræn kan også forlænge anlægsperioden.

Efter anlægget er færdigt, vil det være omfattet af et 7 meter bredt servitutbelagt bælte, der skal tinglyses på de berørte ejendomme. I det servitutbelagte bælte må der ikke opføres byggebyggeri, eller etableres beplantning med dybdegående rødder. Ordinær landbrugsmæssig dyrkningsaktivitet kan udføres, dog må jorden ikke bearbejdes dybere end 60 cm. Andre påtænkte aktiviteter, herunder grubning, må kun iværksættes efter aftale med kabelejereren.

Anlægget ligger i hele driftsperioden i jorden uden egentligt behov for driftsmæssig indgriben. Energinet tinglyser en ret til at føre tilsyn med anlægget samt at vedligeholde det i nødvendigt omfang. Det kan være ved uheld, f.eks. ved at kablet beskadiges af dybtgående jordarbejder.

På strækninger med underboring vil kablet i driftsfasen ligge med større indbyrdes afstand end på strækninger anlagt i åben grav. Det betyder, at servitútbæltet kan udvides med op til flere meter, hvor der udføres underboringer. Arealet der tinglyses, omfatter det bælte, hvori kablet ligger, samt 3,5 meter på hver side af de yderste kablet.

#### 4.3.9 Muldafrømning i forbindelse med arkæologiske forundersøgelser

Inden anlægsarbejdet for kabeltracéet igangsættes, udfører Bornholms Museum og Kroppe-dals Museum arkæologiske forundersøgelser.

Det ansvarlige museum udpeger områder uden arkæologiske interesser, hvor anlægsarbejdet kan foretages uden yderlig forundersøgelse. Ved udpegede områder med ringe eller ukendt arkæologisk aktivitet, vil det ansvarlige museum foretage forundersøgelserne ved at lade anlægsarbejdets muldafrømning foregå 6-8 uger før anlægning af kablet. Derudover vil der være områder med særlig arkæologisk interesse, hvor det ansvarlige museum vil foretage forundersøgelser ved gravning af søgegrøfter inden anlægsarbejdet påbegyndes. Søgegrøfterne udføres i god tid inden anlægsarbejdet, og tildækkes typisk inden muldafrømning ved anlægsarbejdet.

#### 4.3.10 Arbejdsgang og kabeludlægning

Arbejdsgangen er den, at muldlaget først afrømmes i den ønskede arbejdsbredde ugen inden kabeltrækket skal foregå. På dag ét-to i den efterfølgende uge udgraves selve kabelgraven og muffehullerne med profilskovl, der løbende placerer råjorden langs muldjorden for at sikre, at råjord og muldjord ikke sammenblandes. I umiddelbar forlængelse heraf udtrækkes kablet på dag 3, hvorefter dræn reetableres og kabelgraven tildækkes med sand, så alle kablet er dækket og dræn er reetableret senest på dag 5. Ved komplicerede forløb kan denne proces variere.

Det tilstræbes, at kabelrenden kun står åben i én uge. Muffegrave vil være åbne i længere tid, forventeligt op til 3-5 uger efter kabeltræk. Figur 4.34 viser eksempel på en kabelrende efter udtrækning af kablet.



Kabeludlægning foregår ved, at kabeltromlerne transporteres i en specialfremstillet kabelvogn, der kører tromlen ud til kabelgraven. Det spil, som skal trække kablerne ud, placeres i den modsatte ende af kabelgraven, og spilwiren trækkes hen til den første kabeltromle, derefter trækkes kablerne ud enkeltvist. Kablet trækkes ud i kabelgraven på kabelruller, så kabelkappen ikke bliver beskadiget. Udtrækning omkring sving udføres ved hjælp af specielle hjørneruller for at kablets mindste tilladelige bøjningsradius overholdes, og for at sikre kablet mod beskadigelse på skarpe genstande og kanter. Efter kabeludtrækningen placeres kablet i renden.

Udtrækning af én kabellængde varer ca. 3-4 timer. Sammen med kablerne trækkes der ét eller to tomrør ( $d = 40 \text{ mm}$ ). Senere kan der blæses lyslederkabler ind i disse rør. Lyslederinstallationerne følger kabeltracéet.



Figur 4.34. Eksempel på en kabelrende lige efter udtrækning af kabler. Oplagsplads ses til venstre i billedet.

Anlægsarbejdet vil foregå som en rullende proces med de forskellige aktiviteter, der skal udføres; Udlægning af køreplader, afrømning af muld, opgravning af kabelgrav, nedlægning af kabelføringsrør, tildækning og opfyldning af kabelgrav, retablering af afrømt areal og fjernelse af køreplader. Anlægsarbejdet udføres mest optimalt ved at udføre arbejdet som en kontinuerlig proces. Hvis særlige forhold gør sig gældende, er det i planlægningen af arbejdet muligt at tilrettelægge det således, at enkelte områder kan friholdes for anlægsarbejder i kortere perioder.

#### 4.3.11 Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg ved kabelgravekasse

Der er udviklet en alternativ metode til nedlægning af kabler med gravekasse, som evt. kan blive aktuel i dette projekt. Begge anlægsmetoder (almindelig nedgravning eller udlægning med gravekasse) skal være en mulighed, da det afhænger af hvilke præferencer og udstyr den vindende entreprenør har til rådighed. Princippet i kabelnedlægningen er stort set det samme

som ved beskrivelsen af anlægsaktiviteterne, der er beskrevet i ovenstående afsnit. Den væsentligste forskel er, at kablerne først udlægges, hvorefter de nedgraves løbende gennem en specialudviklet gravekasse, se Figur 4.35.

Ved anvendelse af gravekassen, udgraves og tildækkes kabelrenden løbende i modsætning til den åbentstående rende. En væsentlig forskel er også, at kablerne udlægges ovenpå jorden for derefter at blive ført ned i kabelrenden. Gravekassen er således ikke så påvirkelig over for områder med høj grundvandsstand, som metoden med åbentstående rende er, fordi kabelrenden kun er åben over en kort afstand i kort tid. I langt de fleste tilfælde ses der ingen behov for tørholdelse af kabelrenden ved anvendelse af gravekasse. Grundvandssænkning kan evt. etableres ved muffegrave, hvor grundvandet står højt. Gravekassen består af to dele. I den forreste del føres højspændingskabler og tomrør ned i kabelrenden og styres på plads, så højspændingskabler og tomrør placeres med den ønskede indbyrdes afstand. Den bagerste del består af en sandkasse, der sikrer, at der opnås den krævede sandopfyldning omkring højspændingskabler og tomrør.



Figur 4.35. Kabellægning med specialfremstillet gravekasse.

Arbejdsgangen ved anvendelse af gravekassen er den, at muldlaget først afrømmes i den ønskede arbejdsbredde. Herefter udtrækkes kablerne mellem kørevejen og det afrømmede muldlag. Selve kabelrenden udgraves herefter i 4-5 meters stræk med profilskovl, der løbende placerer råjorden langs muldjorden for at sikre, at råjord og muldjord ikke sammenblandes. Herefter trækkes gravekassen igennem den 4-5 meter opgravede kabelrende, hvorved højspændingskabler og tomrør placeres og tildækkes med sand og plastdækplader i én og samme arbejdsgang. Umiddelbart efter gravekassen føres råjorden løbende tilbage i kabelrenden, og der udlægges et tyndt advarselsnet samtidigt med, at kabelrenden komprimeres ved tryk fra gravemaskinens bæltter. Afslutningsvist udlægges den afrømmede muldjord, og hele arbejdsarealet retableres.

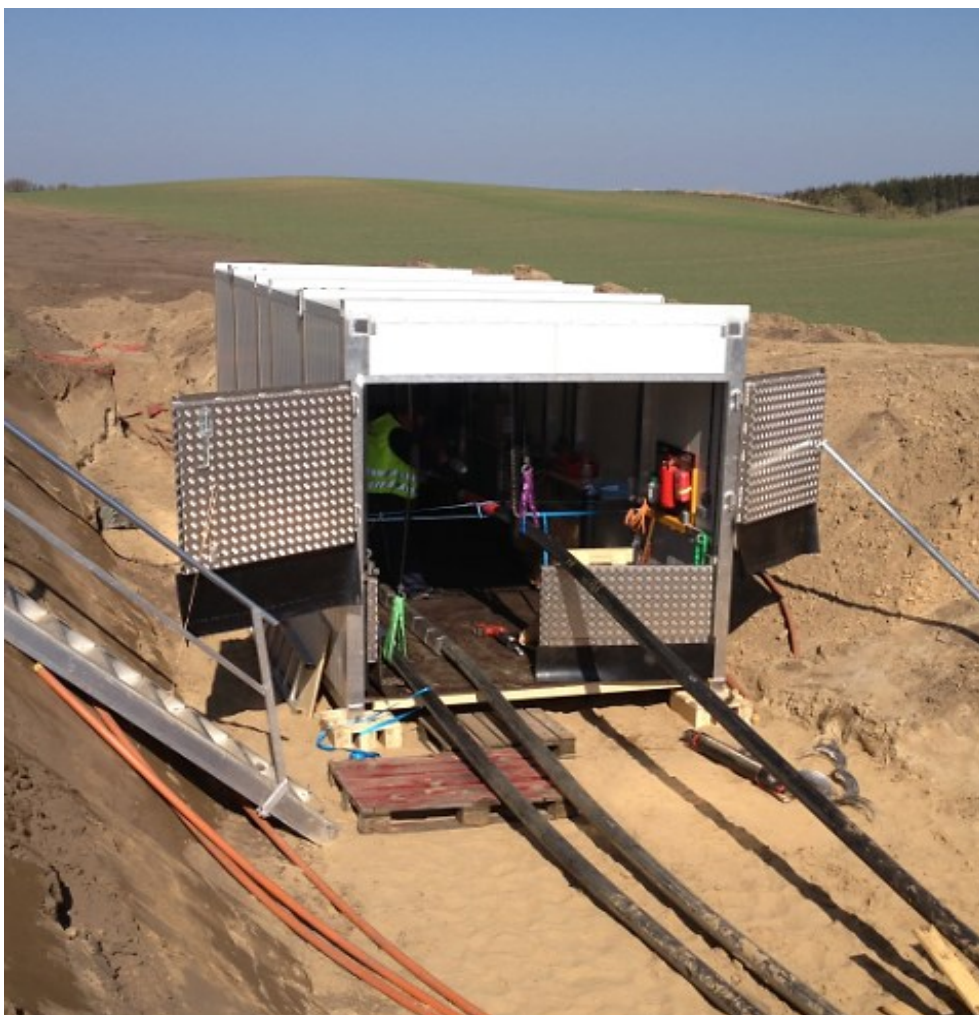
Fordelen ved anvendelse af kabelgravekasse er, at der kan etableres kabelanlæg i områder med høj vandstand, uden at det vil få nogen indflydelse på arbejdets udførelse og uden, at der er behov for tørholdelse af udgravningen under anlægsarbejdet. Derudover er det en stor fordel, at den gravede rende hurtigt retableres, idet der retableres samtidig med kabellægningen.

I forbindelse med fremdriften af kabelgravekassen, er det som for den åbne grav fortsat muligt at retablere dræn- og andre ledninger, før kabelgraven retableres med råjord og efterfølgende muldjord.

#### 4.3.12 Muffearbejde

For hver kabellængde (1.000-1.200 meter) skal kablerne muffes sammen. Dette arbejde kræver kontrollerede omgivelser og udføres i et montagehus. Arbejdsperioden for muffearbejdet til en muffegruppe, dvs. samling af to polkabler og et antal metallisk retur kabler er ca. en til touger.

Muffearbejdet opstartes om muligt umiddelbart efter, at kablerne på begge sider af muffegraven er udlagt. Selve samlingen af kablerne med muffe giver ikke anledning til installationer over terræn, da installationerne vil være nedgravet i samme dybde som kablerne på resten af tracéet. Omkring muffegruppen vil der være et forøget arbejdsareal for at gøre plads til muffehuse, materiale- og værktøjscontainere, velfærdsfaciliteter samt parkering. Arbejdsarealet til muffearbejdet ligger indenfor projektområdet. Muffearbejdet skal foregå under tørre og rene forhold og derfor opsættes en container til at udføre arbejdet i, se eksempel på en montagecontainer i Figur 4.36.



Figur 4.36. Montagecontainer til muffesamling.

#### 4.3.13 Tørholdelse af kabelgrav

I områder, hvor projektområdet ligger i områder med særlige drikkevandsinteresser, kan der være skærpede krav til afværgeforanstaltninger i forbindelse med kabellægning og særligt i forhold til grundvandssænkning. Eventuelle skærpede krav fastlægges af miljømyndigheden i forbindelse med ansøgning om tilladelse efter miljøbeskyttelsesloven og vandløbsloven.

På strækninger med højt grundvandsspejl bortlæses grundvandet midlertidigt f.eks. ved en forudgående nedpløjning af et plastdræn under kabelrenden (ca. 2 meter under terræn). Plastdrænet tilsluttes en række pumper placeret langs kabelrenden med passende afstand. Når kablerne er lagt, lukkes plastdrænet, så det ikke længere virker.

Hvis der er tale om en mere lokal forekomst af områder, hvor grundvandet står højt, foretages oppumpningen evt. via et sugespidsanlæg direkte i kabelrenden. For begge metoder gælder, at det oppumpede vand ikke vil blive ledt direkte til søer eller vandløb, da der kan ske sedimentspredning, som kan være skadeligt for vandmiljøet.

Det oppumpede vand håndteres efter de lokale myndigheders anvisning. Den foretrukne metode vil være at lede vandet ud over det åbne terræn, til passiv nedsivning efter aftale med ejeren og den ansvarlige miljømyndighed. Langs kabeltracéet er der tale om helt lokale grundvandssænkninger af meget begrænset varighed (op til en uge). Ved muffesamlinger på kablerne kan der være tale om grundvandssænkninger på op til 10 dages varighed.

Det er på nuværende tidspunkt ikke muligt at redegøre nærmere for eventuelle vandmængder eller for de præcise udledningspunkter i terrænet. Vandmængder vil afhænge af den aktuelle grundvandsstand (vådt år/tørt år og årstid for anlægsarbejdet) og af de konkrete nedbørsforhold på anlægstidspunktet, samt eventuelt af drændybden på den pågældende matrikel. Tilsvarende kan det præcise udledningspunkt ikke afgøres før den enkelte lodsejer har været kontaktet, og de nødvendige aftaler er indgået. Der skal søges om tilladelse til udledning/nedsivning af vand i henhold til miljøbeskyttelsesloven.

Der kan indenfor projektområdet på Bornholm være okkerpotentielle områder, og grundvandssænkning indenfor disse arealer kan medføre udvaskning af okker til nærliggende vandområder. Der bliver udtaget jordbundsprøver i okkerpotentielle områder inden igangsættelse af anlægsarbejderne for bl.a. at afdække okkerkoncentrationen i området. Den videre håndtering aftales i samarbejde med Bornholms Regionskommune.

På Sjælland er der generelt ikke stor risiko for okkerudfældning, og ved udledning på terræn undgås evt. risiko for okkerudfældning i vandløb.

#### 4.3.14 Anlægsarbejdet ved etablering af kabelanlæg ved styret underboring

En styret underboring kan anvendes til fremføring af kabelanlæg, hvor anlæg i åben grav ikke er muligt eller ikke er fordelagtig i forhold til miljøpåvirkning eller økonomi.

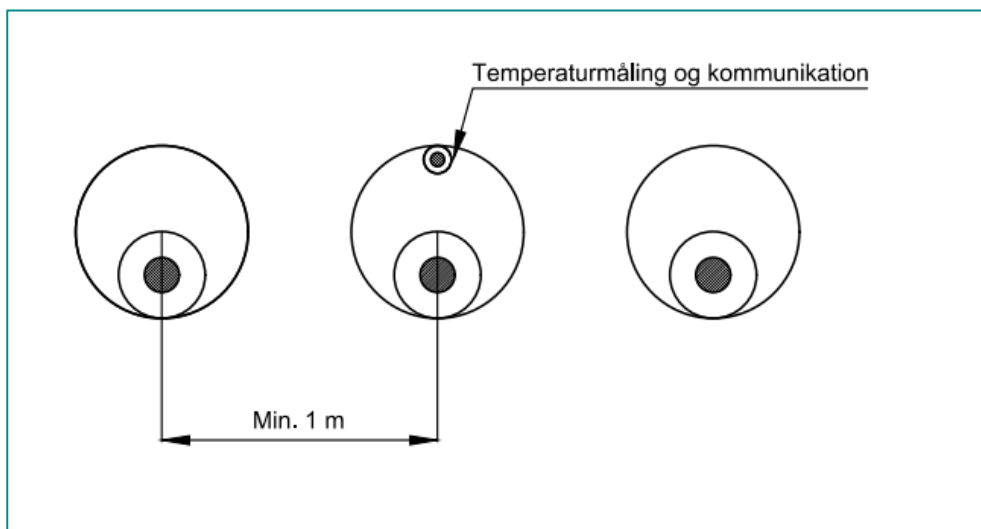
Styrede underboringer udføres med specielle borerigge. Størrelsen på disse afhænger af længden og diameteren på underboringen. Ved den ene ende af underboringen etableres en arbejdsplads til boreriggen. Størrelsen af arbejdspladsen afhænger af boreriggens dimensioner, samt en plads til samling af rør i den anden ende af underboringen, som afhænger af boringens længde.

Styrede underboringer foretages ved at bore fra den ene side af det område, der skal underbores til den anden side, og derefter trække et føringsrør gennem boringen for senere at kunne etablere kabelanlæg på strækningen mellem de to boregruber gennem føringsrøret. Efter udførelse af underboring og retablering af arbejdsområderne vil der ikke være synlige tegn på terrænoverfladen bortset fra eventuelle markeringspæle, som angiver, at der ligger højspændingskabelanlæg i jorden.

Etablering af kabelanlæg via styret underboring kan ske på to måder:

- Et borehul, hvor alle fasekabler etableres i samme borehul (trekantforlægning).
- Tre borehuller, hvor der etableres et fasekabel i hvert af borehullerne (flad forlægning).

I sidstnævnte tilfælde vil faserne blive etableret med større afstand mellem faserne end ved flad forlægning i åben grav og med minimum 1 meters afstand – se principskitse for flad forlægning ved styret underboring i Figur 4.37.



Figur 4.37. Kabelanlæg i flad forlægning anlagt ved styret underboring, et fasekabel i hvert føringsrør. Der etableres i det midterste føringsrør et fiberkabel, der anvendes til temperaturmåling og kommunikation sammen med fasekablet.

Jo dybere og/eller længere der underbores, jo større afstand skal der være mellem fasekablerne, og dermed boringerne ved etablering i flad forlægning.

Afstanden mellem underboringerne afhænger dels af jordens beskaffenhed i forhold til at lede varme væk fra fasekablerne, og dels af den praktiske udførelse under etableringen af underboringerne, hvor alle underboringere skal kunne drejes udenom større sten uden at ramme eller risikere udsivning af boremudder til nabounderboringen.

Afstande mellem underboringerne på 5-10 meter kan forekomme ved længere, dybere og teknisk komplicerede underboringer.

Jordbundsforholdene er afgørende for, om underboringer kan udføres.

Som nævnt i indledningen til dette kapitel, er der fastlagt strækninger hvor kabellægning vil foregå ved styret underboring. Disse strækninger er udvalgt på baggrund af en konkret anlægsteknisk vurdering af anlægsmetoden. Kabellægning ved styret underboring vil i dette projekt blive anvendt ved passage af visse:

- Beskyttede naturområder.
- Fredsskovområder.
- Kystområder.
- Fredninger.
- Udpegede kulturarvsområder.
- Beskyttede diger.
- Levende hegn der rummer beplantninger der potentielt kan være egnede for flagermus.
- Veje og jernbaner.
- Byområder og bygninger.

Ved krydsning af vandløb foretages en konkret vurdering af det enkelte vandløb, så kablet kan etableres ved anvendelse af den teknisk set mest optimale løsning. Krydsning af vandløb sker enten ved gennemgravning eller ved underboring.

Princippet for gennemgravning og styret underboring af vandløb er beskrevet i 4.3.14.1 og 4.3.14.1.

Figurer over placeringen af styrede underboringer fremgår af Figur 4.38 og Figur 4.39 med tilhørende opstilling i tabeller. Danske vandløb kan efter deres typologi inddeles i størrelser, små (RW1), mellemstore (RW2) og store (RW3), jf. MiljøGIS for offentliggørelse af vandområdeplaner 2021-2027<sup>10</sup>. Idet Baldersbækken er et spildevandsteknisk anlæg kan det af hensyn til den praktiske tilrettelæggelse af anlægsarbejdet ske gennemgravning af anlægget når kabler skal føres ind til højspændingsanlægget ved Solhøj. Det er ikke muligt på forhånd at vide varigheden af den enkelte underboring, da det tilsvarende afhænger af de konkrete topografiske forhold på stedet, trykforhold og jordens beskaffenhed. Som tommelfingerregel for forholdet mellem længde, dybde og varighed kan oversigten i Tabel 4.26 herunder anvendes.

Ved etablering af kabelanlæg med styret underboring vil anlægget typisk ligge ca. 3-5 meter under terræn. Det kan ved passage af både under- og overjordiske anlæg, ledninger eller beskyttet natur være nødvendigt at bore dybere for at sikre den nødvendige sikkerhedsafstand. De lokale jordbundsforhold, underboringsens længde og bratte terrænforskelle kan ligeledes medføre større dybde af underboringen.

Styrede underboringer kan længdemæssigt udføres op til ca. 200 meter som standard anlægsarbejde. Ved længder herover begynder såvel kompleksiteten af underboringen som størrelsen af boreudstyret at stige væsentligt.

Længden af de enkelte underboringer vil afhænge af de lokale muligheder for placering af boregruber og arbejdsarealer. Boringer på op til 200 meter tager ca. 2-4 uger at udføre inklusive forberedelse og reetablering.

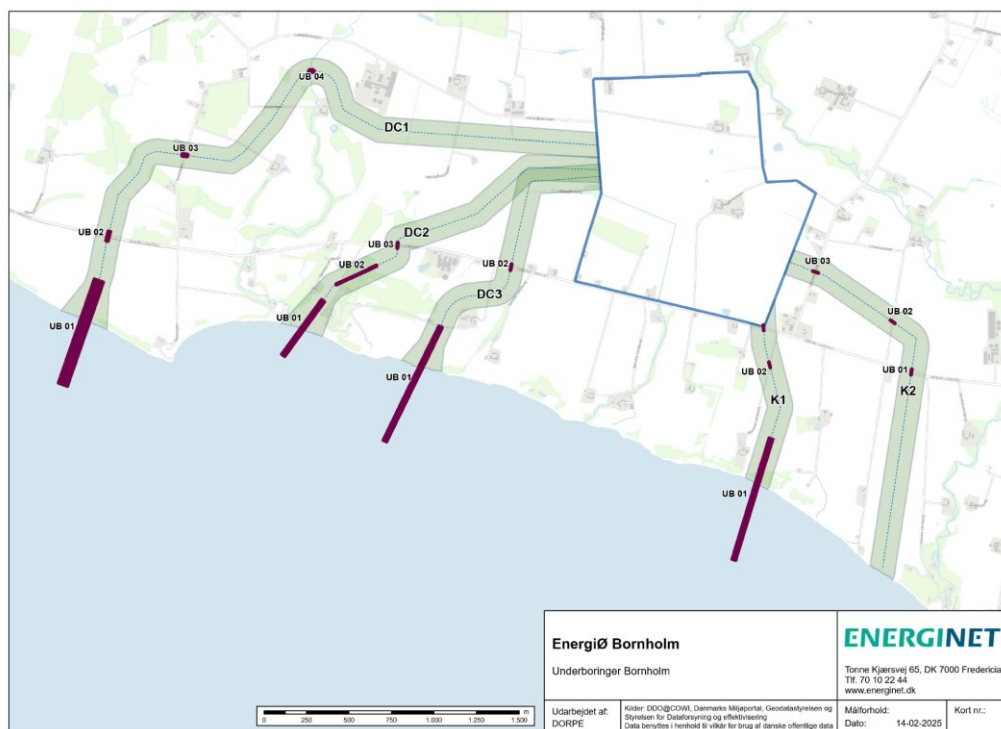
En underboring udføres som standard med et føringsrør til hvert fasekabel, det vil sige i alt tre underboringer og tre føringsrør for et kabelanlæg.

<sup>10</sup> NB.: Inkl. igangværende høring til "Genbesøg af vandområdeplanerne 2021 – 2027 (VP3) som er i høring frem til juni 2025.

Tabel 4.26. Oversigt over forhold mellem længde, dybde og varighed af underboringer. Oplysningerne gælder for en underboring. Dvs. ved 3 rør er det x 3, mht. varighed.

Længde	Dybde	Varighed
0-20 meter	1-5 meter	1 dag
20-50	1-10 meter	1-2 dage
50-100	1-15 meter	2-3 dage
100-200	1-20 meter	2-4 dage
300+	1- 30 meter	4-10 dage

På Bornholm er de styrede underboringer placeret som vist på Figur 4.38 og som oplyst i Tabel 4.27. Linjeføringen for kabelanlægget for den koncessionsejede del af projektet er ikke fastlagt, da koncessionsejer ikke kendes, men der tages udgangspunkt i, at den placeres i midten af kabelkorridoren på samme måde som de tre vestlige korridorer. Placeringen af underboringer er ligeledes foretaget. Det vil være muligt at etablere kabelanlægget ved det østligste af Boderne (K2) ved nedgravning.



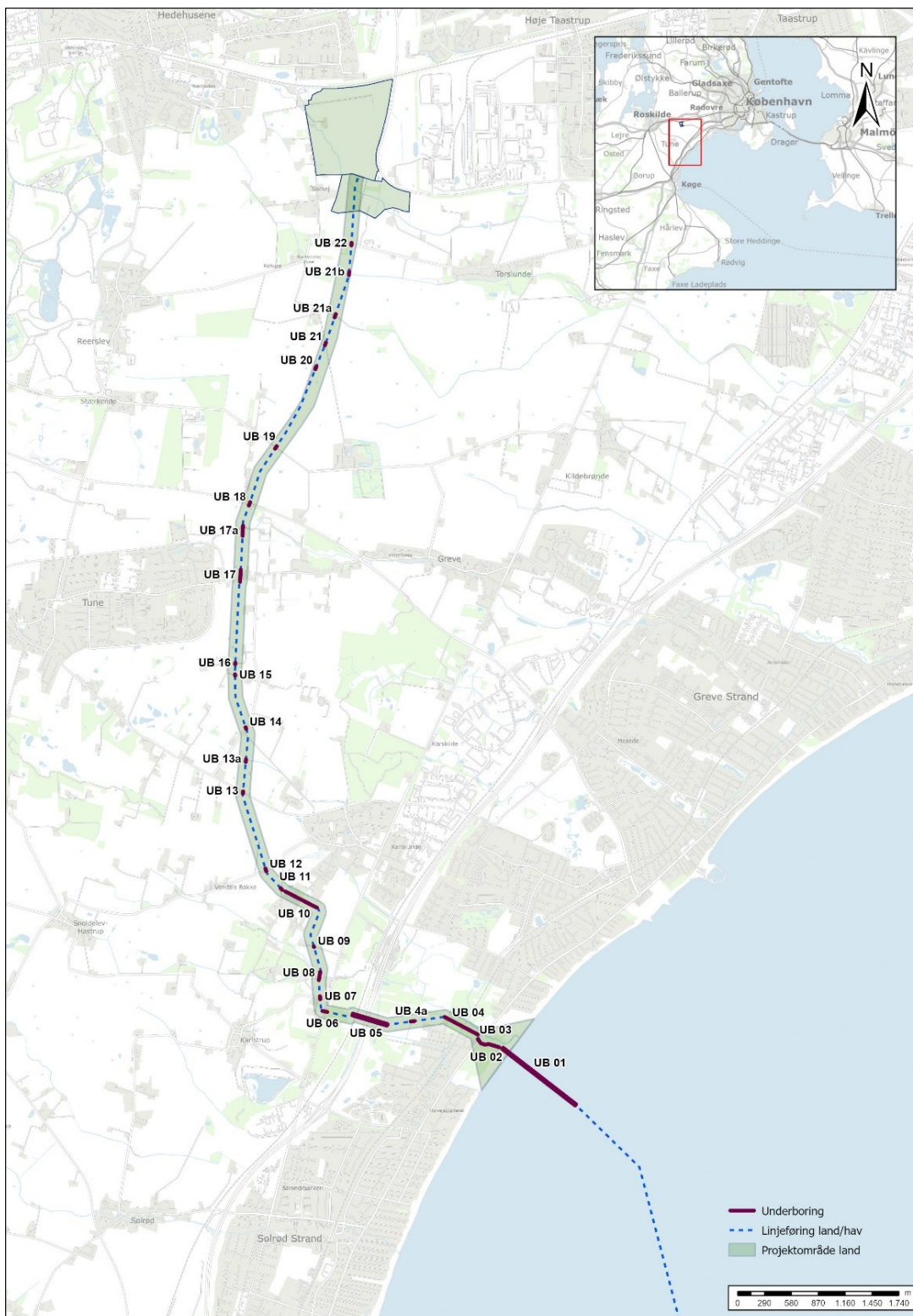
Figur 4.38. Kabelruten (2x75 meter i bredde) fra ilandføringspunktet til stationsområdet ved Sose Odde (DC1, DC2 og DC3) og Boderne (K1 og K2) inklusive markering af strækninger, der skal underbores (lilla farve).

Tabel 4.27. Oversigt over styrede underboringer på Bornholm.

Lokalitet	Beskrivelse	Længde (m)	Arbejdsareal (m)
DC1 Sose Strand Vest	UB 01 ilandføring	650	50x50
DC1 Sose Strand Vest	UB 02 Vejkrydsning	60	20x20
DC1 Sose Strand Vest	UB 03 Vejkrydsning	34	20x20
DC1 Sose Strand Vest	UB 04 Lilleåen	24	20x20
DC2 Sose Strand	UB 01 ilandføring	400	50x50
DC2 Sose Strand	UB 02 Vejkrydsning	264	20x20
DC2 Sose Strand	UB 03 Vejkrydsning	34	20x20
DC3 Sose Strand Øst	UB 01 ilandføring	750	50x50
DC3 Sose Strand Øst	UB 02 Vejkrydsning	34	20x20
K1 Boderne Vest	UB 01 ilandføring	750	50x50
K1 Boderne Vest	UB 02 Vejkrydsning	36	20x20
K1 Boderne Vest	UB 03 Vejkrydsning	36	20x20
K2 Boderne Øst	UB 02 Vejkrydsning	36	20x20
K2 Boderne Øst	UB 03 Vejkrydsning	36	20x20
K2 Boderne Øst	UB 04 Vejkrydsning	36	20x20

På Sjælland er de styrede underboringer placeret som vist i på Figur 4.39 herunder og som op-listet i Tabel 4.28.





Figur 4.39. Kabelruten fra ilandføringspunktet til stationsområdet ved Solhøj inklusive markering af strækninger der skal underbores (lilla farve).

Tabel 4.28. Oversigt over styrede underboringer på Sjælland.

Lokalitet	Beskrivelse	Længde (m)	Arbejdsareal (m)
UB 01	Ilandføring*	1000	50x50
UB 02	Sti gennem skov (rørlægges)	208	0
UB 03	Karlstrup Strandvej	45	20x20
UB 04	Fredet område	410	40x40
UB 04a	Karlstrup Møllebæk	42	20x20
UB 05	Motorvej og jernbane inkl. grøft	392	40x40
UB 06	Tåstrupvej	57	20x20
UB 07	Møllesvinget	35	20x20
UB 09	Sidevej til Karlslunde Landevej	12	40x40
UB 10	Variet skovmæssig beplantning	387	20x20
UB 11	Sognevejen	31	20x20
UB 12	Hastrupvejen	35	20x20
UB 13	Karlslunde Centervej	26	20x20
UB 14	Fløjterupvej	22	20x20
UB 15	Fløjterupvej	18	20x20
UB 16	Fløjterupvej	22	30x30
UB 17	Grevevej	135	20x20
UB 17a	Hederenden	114	20x20
UB 18	Tune Landevej	42	20x20
UB 19	Gjeddesdalsvej	35	20x20
UB 20	Dige	53	20x20
UB 21	Thorsbrovej	68	30x30
UB 21a	Thorsbrovej åløb	42	20x20
UB 21b	Lille Vejleå	41	20x20
UB 22	Torslundvej	158	20x20

\*Foretrukket løsning er åben kabelgrav ved ilandføringen. En underboring af kysten på 1.000 meters længde er alternativ løsning.

#### 4.3.14.1 Krydsning af vandløb ved gennemgravning

Gennemgravning indbefatter simple anlægsmetoder, som betyder, at selve vandløbskrydsningen kan udføres over ganske kort tid. Forud for gennemførelse af krydsningsmetoden, udføres i videst mulig omfang forberedende arbejder, inden indgriben i selve vandløbet, således at perioden, hvor vandløbet er direkte påvirket af anlægsarbejdet, minimeres mest muligt. Ofte vil selve vandløbskrydsningen kunne udføres i løbet af få dage eller timer, hvor vandløbet opstemmes.

Alt efter vandløbets tilstand og størrelse på anlægstidspunktet vil gennemgravning af vandløb være baseret på følgende, velkendte principper:

- Midlertidigt blokering af vandløb (afspærring uden overpumpning).
- Opretholdelse af vandføring i uændret forløb ved overpumpning (afspærring med overpumpning).
- Midlertidig omlægning af vandløb (rørlagt).

Ved en lille vandføring kan vandløbet opstemmes og vandet kan pumpes forbi arbejdsstedet. Er dette ikke tilfældet, kan vandgennemstrømningen opretholdes ved midlertidigt at omlægge vandløbet til et rørlagt omløb. Rørlægningen tilpasses den aktuelle vandføring, og skal sikre opretholdelse af vandløbets vandføring under anlægsarbejdet. Dimensioneringen af røret

besluttet umiddelbart før omlægningen. Brinker retableres med oprindeligt vegetationslag og vandløbsbunden retableres til oprindelig tilstand eller forbedres med tilførsel af gydegrus. Varigheden af krydsning er få timer/max 1 dag, da vandløbene er meget små.

Efter anlæg af kablet vil vandløbet blive retableret. Ved gennemgravning vil der foretages en grundig fotodokumentation af området inden opstart af anlægsarbejdet, som danner grundlag for den senere retablering. Vandløbets forløb, brinkernes form og hældning søges genskabt efter gennemgravning.

Gennemgravning af vandløb med tilhørende midlertidig omlægning eller rørlægning kan først ske efter ansøgning hos vandløbsmyndigheden (kommunen).

#### 4.3.14.2 Krydsning af vandløb ved styret underboring

Styret underboring under vandløb er en kompleks anlægsopgave, der kræver nøje planlægning og specialiseret udstyr. Denne metode anvendes for at minimere den fysiske påvirkning af vandløbet og dets omkringliggende miljø, samtidig med at infrastrukturen opretholdes.

Forud for selve underboringen skal der foretages omfattende forberedelser på hver side af vandløbet. Dette inkluderer:

- Etablering af arbejdsgruber: Gruber til underboringen skal etableres for at skabe plads til boreudstyr og opsamling af boremudder.
- Arbejdsplads og pumpeump: Området skal indeholde en pumpeump til håndtering af boremudder samt containere til opsamling og "vaskning" af muddret.
- Kørepladeveje: For at sikre adgang til begge sider af lokaliteten, etableres kørepladeveje, som også beskytter terrænet.

Selve underboringen forventes at vare 1-2 dage og omfatter flere vigtige trin for at sikre en sikker og effektiv gennemførelse. Først installeres tungt specialudstyr og det nødvendige følgesrej, som er afgørende for borearbejdets præcision og succes. Under hele processen overvåges og logges trykket løbende for at forhindre utilsigtede hændelser, såsom risikoen for lækage af boremudder. For at minimere miljøpåvirkningen stilles der specifikke krav til entreprenøren om at anvende boremudder og additiver, der er dokumenteret uskadelige for jord, vand, natur og havmiljøet.

Der udarbejdes en detaljeret beredskabsplan, der tager højde for lokale forhold og potentielle miljømæssige risici. Dette inkluderer redegørelser for risikoen ved utilsigtet udslip af boremudder.

Energinets foretrukne anlægsmetode er nedgravning af kabler. Kommunerne har imidlertid på baggrund af en teknisk forhøring af udkast til miljøkonsekvensrapport (udført af SGAV i efteråret 2024) udtalt, at man foretrækker at kabellægning igennem vandløb skal ske ved styret underboring. På den baggrund har Energinet valgt at indarbejde styret underboring som en anlægsmetode på lige fod med anlæg i åben grav. Om kablet anlægges i åben grav eller ved styret underboring afgøres af koncessionsvinder.

#### 4.3.15 Kabellægning ved styret underboring på land

Ved underboringer på land kan det være nødvendigt at udføre geotekniske forundersøgelser af jordbunden i det område, som skal underbores. De geotekniske forhold har betydning for projekteringen af underboringen, og resultatet af forundersøgelsen kan betyde, at underboringen skal flyttes i forhold til den oprindeligt planlagte placering, eller at underboringen skal bores dybere. Formålet med forundersøgelser er at have det bedst mulige grundlag at kunne detailprojektere underboringen ud fra, så underboringen kan gennemføres sikrest muligt, og så risikoen for uheld hvor boremudder utilsigtet siver ud fra underboringen minimeres.

Det kan også være nødvendigt at udføre prøvegravninger for at afklare en eventuel tilstedeværelse af ledninger eller for at lokalisere dybden af kendte ledninger. Prøvegravninger udføres efter at have fået tilladelse fra lodsejer og/eller efter at have indhentet gravetilladelse fra vejmyndigheden.

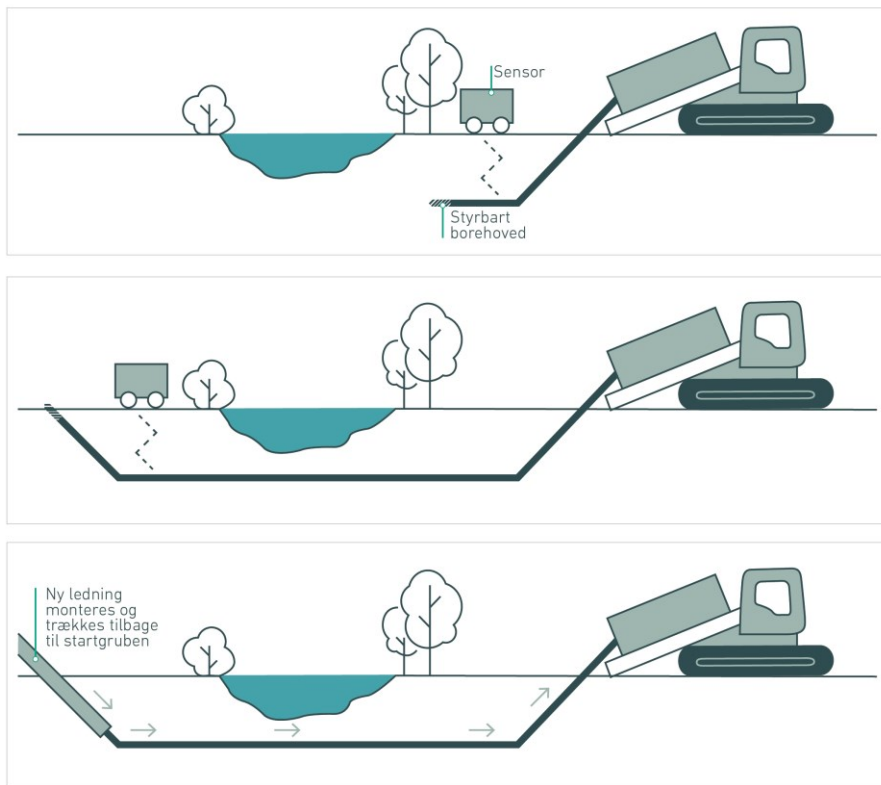
Der er i dette projekt udført en lang række dybere geotekniske boringer til kortlægning af geologien ud for Sose Odde på Bornholm. Derudover er der udført geotekniske boringer i området hvor stationen placeres. Figur 4.40 viser et foto af en geoteknisk boring på Bornholm.

På Sjælland er der tilsvarende udført geotekniske boringer til kortlægning af jordbundsforholdene ved ilandføringspunktet ved Karlstrup Strand. Derudover udføres geotekniske boringer i projektområdet hvor højspændingsstationen skal opføres.



Figur 4.40. Geoteknisk boring til kortlægning af geologien ved Bornholm forud for udførelsen af HDD.

En styret underboring udføres fra startgruben til slutgruben. Størrelserne på gruberne er typisk ca. 4 meter x 2 meter x 2 meter. Første gennem boring (pilotboring) udføres med et lille styrbart borehoved, som efter gennem boring af strækningen udskiftes med et borehoved (reamer) i en lidt større diameter i slutgruben. Reameren trækkes retur til startgruben, hvorved boringens diameter udvides (up-reaming). Om nødvendigt reames der flere gange afhængig af undergrundens beskaffenhed og kravet til boringens diameter. I Figur 4.41 ses principperne for arbejdsgangen ved styret underboring.



Figur 4.41. Princip for arbejdsgangen ved styret underboring.

Sammen med tilbagetrækningen af den reamer, der giver boringen den nødvendige diameter, trækkes føringsrøret til kablet. Inden føringsrøret kan trækkes gennem underboringen, skal røret samles i længder svarende til underboringens totale længde. Dette nødvendiggør et arbejdsareal i forlængelse af underboringen svarende til længden af underboringen. Føringsrøret svejses sammen i arbejdsarealet. Der anvendes et køretøj (traktor eller lille lastbil) med gaffelgreb og stropper til at håndtere og udlægge rørene.

Under boreprocessen anvendes borevæske. Anvendelse af borevæske er en forudsætning for at kunne udføre en styret underboring. Under borearbejdet pumpes borevæske gennem bore-røret til borehovedet, hvor det afkøler og smører borehovedet, udligner det jordtryk, som opstår i boringen, og dermed stabiliserer borehullet, og bringer opboret materiale ud af boringen til gruberne. Når borevæsken flyder tilbage til startgruben, er den blandet med opboret jord og kaldes derfor boremudder. For at reducere forbruget af borevæske kan boremudderet renses for borespåner og genbruges i underboringen. Boremudder opsamles i start- og slutgruben, der altid etableres, så der ikke kan ske overløb til vandløb og naturområder. Dette sikres ved, at der enten etableres en spuns omkring gruben eller en jordvold.

Boremudder siver ikke ud i jorden omkring boregruberne, da bentonitten vil danne en filterkage i grænsefladen mellem jord og boremudder, som hindrer udsivning af boremudder. Under dannelse af filterkagen vil der ske en mætning af jordmatricen i grænsefladen mellem jord og boremudder. Tykkelsen af den mættede jord vil afhænge af den konkrete jordsammensætning, men der er generelt tale om få centimeter. Boremudderets funktion er netop at tætte grænsefladen mellem jord og boremudder.

Når underboringen er afsluttet, tømmes boregruberne for boremudder, og gruberne fyldes op med den jord, der blev bortgravet ved opstart. Efter brug bortskaffes boremudder til godkendt jordmodtageanlæg.

Anvendelse af borevæskeprodukter vil ske på baggrund af tilladelse (Miljøbeskyttelsesloven § 19) fra den respektive kommune.

Som udgangspunkt anvendes ca. 0,5 m<sup>3</sup> borevæske pr. meter underboring. Borevæske består af vand tilsat ca. 2-3 % bentonit. Afhængigt af de lokale jordbundsforhold kan det være nødvendigt at tilsætte 0,1-1 % additiver til borevæsken for at give den egenskaber, så som øget viskositet, øget smøringsevne, øget evne til at danne en tæt film/filterkage på boringens yderside eller for at forhindre klumpning af det udborede materiale i boremudderet. I øvrigt er det muligt at udføre underboringer uden tilsætning af additiver til borevæsken. Dette forekommer ved korte underboringer og på baggrund af en konkret vurdering på det konkrete underboringsted.

Hvilke additiver der anvendes, afhænger af geologien og andre forhold på lokaliteten samt af underboringens længde, diameter og dybde. Energinet kræver:

- at de anvendte borevæskeprodukter er risikovurderet i forhold til stoffernes farlighed i jord, grundvand og overfladevand (Bilag 3: Risikovurdering af borevæskeprodukter – Udkast, oktober 2025).
- at en konkret vurdering af underboringen viser, at der ikke er en væsentlig påvirkning af jord, grundvand, overfladevand samt havet.

Forbrug af borevæske er beskrevet i 4.3.26.

#### 4.3.15.1 Lækage af boremudder

I forbindelse med udførelse af styrede underboringer kan der opstå høje tryk i boremudderet i underboringen. Det høje tryk kan forårsage, at boremudderet spredes gennem sprækker og lagdelinger i jorden og siver ud på jordoverfladen eller på bunden af vandløbet. Under lækagen siver boremudderet ganske langsomt ud på terrænoverfladen eller ud på bunden af vandløbet, da det mister det meste af trykket på vejen gennem sprækkerne i jorden.

Risikoen for udsivning afhænger blandt andet af geologien og dybden af boringen. Som udgangspunkt falder risikoen for udsivning med dybden af boringen, og den stiger med længden af underboringen. Risikoen for udsivning er som udgangspunkt størst nær start- og slutpunktet for underboringen, da man her er tættest på terrænoverfladen. En udsivning er en utilsigtet hændelse, som altid forsøges undgået. Mængden af det boremudder der kan sive ud i tilfælde af en lækage, vil afhænge af underboringens dimensioner. Underboringer af små vandløb som kendetegner dette projekt, vil i tilfælde af en lækage medføre små mængder udsivning af boremudder, da underboringerne er korte og af kort varighed. Erfaringsmæssigt vil det maximale volumen af boremudder, der kan sive ud, variere mellem få liter og op til 5 m<sup>3</sup>. Baseret på tidligere tilfælde af lækage af boremudder er udstrækningen af de påvirkede områder typisk fra < 1 m<sup>2</sup> og op til 25 m<sup>2</sup>.

Under projekteringen af underboringer tages der forholdsregler for at minimere risikoen for udsivning i nærheden af natur- og vådområder og vandløb, som for eksempel ved at øge afstanden til bunden af vandløb eller terrænoverflade, ved at bore i stabile jordlag (ler, sand,

grus) fremfor ustabile jordlag (våde tørveaflejringer, opsprækket kalk), ved at tilpasse sammensætningen af borevæske, ved at sænke trykket i boringen og ved at nedsætte borehastigheden.

Baseret på Energinets erfaringer kan boremudder, der siver ud på terrænoverfladen, fjernes igen.

Erfaringer viser, at det boremudder, som siver ud i RW1-vandløb med lav vandføring, kan fjernes igen. Sker der udsivning til vandløb med stor vandføring, vil boremuddet blive opblandet og fortyndet i vandsøjlen. Erfaringer har vist, at ved en udsivning i et vandløb med stor vandføring, vil boremuddet i løbet af kort tid (1-2 timer) transporteres med strømmen, til det sedimenterer og integreres i bundsubstratet på steder, hvor strømhastigheden tillader sedimentation.

#### 4.3.16 Beredskabsplan

Entreprenøren vil inden igangsættelse af underboring udarbejde en beredskabsplan, som specificerer, hvordan man forholder sig ved en eventuel udsivning af boremudder fra både boregruber og underboring og samtidig sikre, at der ikke sker afløb af boremudder fra arbejdsarealerne til omkringliggende arealer. Af beredskabsplanen fremgår også, hvordan entreprenøren planlægger hurtigst muligt at kunne fjerne en eventuel udsivning til grøften eller jordoverfladen. Hurtig reaktion imødekommes blandt andet ved, at der altid står et beredskab klar, som straks kan gå i aktion og stoppe, inddæmme og fjerne et eventuelt udslip.

Under hele borearbejdet overvåges underboringen nøje. Det indbefatter visuel overvågning af terrænoverfladen og grøft på borestrækningen, overvågning af trykniveauet for boremudder i underboringen og mængden af returflow. Så snart der observeres tegn på udsivning, trykfald i boringen, eller hvis returflowet falder markant, stoppes borearbejdet. Hermed stoppes en udsivning straks, fordi overtrykket i boremuddet reduceres. Herefter træder beredskabet straks til for at fjerne boremudder fra jordoverfladen eller vandløb. Straks at uheldet er stoppet, og oprydning er igangsat, kontakter beredskabet miljøvagten i kommunen.

Beredskabsplanen sendes til kommunen forud for igangsætning af borearbejdet, så de har mulighed for at kommentere på planen og valg af beredskabsforanstaltninger.

Detaljeringsgraden i beredskabsplanerne inklusive procedurer for tiltag, der skal iværksættes for at stoppe og begrænse udsivning af boremudder, afhænger af naturtypen, som underbores. Detaljeringsgraden vil være skærpet for beskyttede naturområder og grøft.

Som en del af beredskabsplanen ved udsivning beskrives specifikke metoder til fjernelse af boremudder, der måtte være kommet ud på terrænoverfladen. Disse metoder afhænger af de fysiske forhold på borestrækningen og naturtypen, men typisk suges boremuddet op i en tank, eller det skræbes væk.

Ved kystunderboringer og anlægsarbejder kystnært, hvor der måtte være risiko for oversvømmelse af arbejdsarealer som konsekvens af f.eks. særlige vejrforhold eller højvande, vil dette være varslet i så god tid, at der kan træffes foranstaltninger der kan hindre, at der sker oversvømmelse. Oversvømmelse kan sikres ved at der bygges et midlertidigt dige omkring pladsen. Diget beklædes med en tæt membran for at forhindre bølgeerosion.

I Tabel 4.29 ses eksempler på overordnet indhold i en beredskabsplan.

Tabel 4.29. Eksempler på indhold i en beredskabsplan vedr. underboringer.

Elementer i beredskabsplan	Kommentar
Planen skal indeholde navne på koordinerende ansvarlige personer, der kan igangsætte akutte tiltag og træffe beslutninger med meget kort varsel efter aftale med kommunen.	Navne hos både entreprenør, eventuelle underentreprenører, Energinet og relevante myndigheder angives.
Inden boringen påbegyndes, angives de adgangsveje, der skal anvendes i forhold til lækage, således at naturområder og vandløb lider mindst mulig overlast.  Der sikres adgang til de underborede arealer og vandløb eventuelt ved udlægning af køreplader, hvor forholdene og årstiden kræver dette.	Det skal være muligt at rykke hurtigt ud langs hele underboringen, så nødvendige tiltag kan iværksættes uden ophold.
Akut bemanning på slamsugere. 2-3 sæt med fører, der kan rykke ud ved alarm fra boreholdets observatører.	Antal slamsugere tilpasses lokaliteten.
Gravemaskine, der kan nedsætte vandspærrende plader eller big bags i selve vandløbet med meget kort varsel (½-1 time).	Udstyr tilpasses lokaliteten.
Overvågning.	Overvågning af hele den underborede strækning er helt central. Målet er at opdage en lækage, når det sker, så boringen kan stoppes og afhjælpning påbegyndes. Observatører er i kontakt med boreoperatøren, så boring kan stoppes med det samme. Overvågningen udføres af flere personer og afhænger af områdets og boringens kompleksitet. Erfaringer fra tidligere boringer i samme område indgår selvfølgelig i planlægning af overvågningen. Ved underboring af et vandløb intensiveres overvågningen med observatører på begge sider af de bredere vandløb.
Boringen stoppes ved lækage.	Konstateres der en lækage, stoppes boringen ved kontakt til operatøren, hvorved trykket på boremudderet falder og lækagen stopper.
Kontakt til kommune eller miljøvagt ved lækage.	Myndighederne kontaktes om hændelsen som aftalt i forbindelse med udarbejdelse af beredskabsplanen.
På landjord:  Planlagt inddæmnings- og opsamlingsmetode iværksættes. Hvis boringen fortsætter, vil fjernelse af boremudder fortsætte, så længe det siver ud	Beredskabsplanen vil indeholde en beskrivelse af opsamlingsmetode. Hvis området, hvor lækagen er sket, ikke afpropper sig selv, fortsætter man med at opsuge boremudder, så det ikke spreder sig.  Kommunens instrukser følges.
I små vandløb og grøfter:  I grøfter (< 2m bredde, svarende til RW1) med lav vandføring (< 10 L/s) kan vandgennemstrømningen kortvarigt og akut afspærreres indenfor få timer med big-bags, jernplader eller andre forhindringer, så snart udslippet observeres. Boremudderet fjernes straks ved hjælp af pumper eller ved gravning.	Beredskabsplanen vil indeholde en beskrivelse af opsamlingsmetode ved lav vandstand og ved høj vandstand.  Kommunens instrukser følges.
Plan for bortfragtning af det oprensede materiale fra lækage og oplysninger om efterfølgende oplagring eller bortskaffelse.	Det aftales med kommunen, hvordan overskydende boremudder skal håndteres.



#### 4.3.17 Tørholdelse af boregruber i tilknytning til styret underboring

Der vil for alle underboringer kunne forekomme behov for at bortlede regnvand, der samler sig i boregruberne inden udførelse af underboringen. Derudover kan der være behov for at bortlede højtstående grundvand ved enten lænsning fra pumpe-sumpe eller ved hjælp af sugespids-anlæg.

Bortledning af vand fra boregruber sker ved nedsivning til samme grundvandsforekomst og efter aftale med lodsejer. Det sikres, at vandet ikke løber på jordoverfladen til nærliggende recipient.

#### 4.3.18 Arbejdsarealer til styrede underboringer

De mest simple og forholdsvist ukomplicerede styrede underboringer udføres med boreudstyr, som kræver en arbejdsplads på ca. 300-400 m<sup>2</sup> i begge ender af det område, der skal underbores. Selve bore- og modtagergruben vil være ca. 8 m<sup>3</sup>, mens resten anvendes til arbejdsareal og oplagsplads. I modtagegruben er der udover plads til at opbevaring af bore-mudder, brug for en arbejdsplads med en udgravning på ca. 4 x 2 x 2 meter dels til at trække føringsrør tilbage gennem underboringen og dels til at samle føringsrør med de tilstødende føringsrør.

For længere og mere komplicerede boringer kræves at arbejdsareal på 2.500 m<sup>2</sup> til 4.500 m<sup>2</sup>, idet afstanden imellem føringsrørene øges med dybden/længden. Der skal være mindst 10 meters arbejdsareal på udvendige side af yderste føringsrør, og afstanden imellem lederne kan være 5-15 meter. I direkte forlængelse af retningen på underboringen skal der være plads til at føringsrørene inden de trækkes kan svejses sammen og lægges ud svarende til hele underborings længde. Arbejdsarealer er midlertidige og er i anvendelse så længe som anlægsarbejdet begrunder det. De midlertidige arbejdsarealer for underboringer ved landfall er vist på shape-filerne, som er medsendt miljøkonsekvensvurderingen.

#### 4.3.19 Midlertidige adgangsveje

Der vil efter behov blive etableret midlertidige adgangsveje fra offentlig vej til de midlertidige arbejdsarealer til brug for transport af materialer og maskiner. Alle midlertidige adgangsveje vil som udgangspunkt blive udført som en 4 meter bred kørepladevej. Køreplader transporteres på og udlægges fra lastbil.

#### 4.3.20 Skurvogne

Ved længerevarende underboringer, opstilles der skurvogne på arbejdsarealerne ved enten start- eller slutgruben, der indeholder velfærdsfaciliteter til mandskab.

#### 4.3.21 Maskiner

Til arbejdet med underboring vil der blive anvendt en række maskiner, såsom:

- Borerig med tre stk. 20 fods container til styring og diesel generator.
- Mixe-anlæg til borevæskeprodukter.
- 2 højtrykspumper.
- Trækspil.
- Recirkuleringsanlæg inkl. Pumper til bore-mudder.
- Hydraulisk kran.
- 3 gravemaskiner og en rendegraver.

- Traktor med slamsuger.
- Lastbiler til at transportere føringsrør og boremudder frem til gruberne.

#### 4.3.22 Varighed

Anlægsarbejderne vil som udgangspunkt blive udført indenfor normal arbejdstid, som på hverdage er kl. 07-18 og lørdage kl. 07-14. Dog kan kommunernes forskrifter for støj angive et andet og mere begrænset tidsrum og andre støjkrav. I forbindelse med planlægning af anlægsarbejdet er Energinet i dialog med kommunerne og følger eventuelle støjforskrifter og indhenter dispensationer hos kommunerne hvis påkrævet.

Ved anlæg af et kabelsystem medgår der fra anlægsperioden starter med etablering af adgangsvveje til kabelgraven er reableret ca. 4 dage pr løbende kilometer kabelanlæg, herunder udlægning af køreplader.

Arbejdet kan tilrettelægges så køreplader udlægges på en længere strækning på en gang hvorved den periode hvor anlægsarbejdet foregår bliver fordelt og varer længere end 4 dage, men den reelle arbejdstid vil dog fortsat være 4 dage/km.

#### 4.3.23 Transporter

Transporterne omfatter tilkørsel af maskiner og materialer for arbejdets udførelse, idet transport af mandskab skønnes uden mærkbar betydning i områder med selv lav trafikbelastning.

For de korte underboringer under fx markveje, hegn eller diger, er alt udstyr etableret i en lastbil eller på en stor trailer. Der vil således kun være en transport til og fra hver af disse lokaliteter.

For længere underboringer fylder udstyret mere, og der anvendes lastbiler og blokvogne til at transportere udstyret. Længden og dybden af underboringerne afgør, hvor stor en 'udstyrs-pakke' der skal anvendes.

I Tabel 4.30 fremgår en oversigt over, hvor mange transporter der cirka er brug for ved levering og afhentning af udstyr og materialer ved forskellige underboringer. Transport af personale er ikke medtaget. Tabellen er opstillet ud fra erfaringstal og opdelt i tre kategorier/længdeintervaller.

*Tabel 4.30. Oversigt over estimeret antal transporter ved forskellige underboringer.*

Type underboring	Antal transporter
Korte 0-20 m	1 lastbil eller 1 varevogn med trailer
Mellem lange 20-200 m	Ca. 2-25 lastbiler 0-5 blokvogne
Lange >200 m	Ca. 25-50 lastbiler 1-5 blokvogne

#### 4.3.24 Håndtering af jord og boremudder

Der udarbejdes en jordhåndteringsplan i samarbejde med kommunerne, som redegør for jordbalancerne og håndtering af eventuel forurennet jord.

Opboret materiale (jord og boremudder) fra underboringerne er overskudsmateriale, som bortskaffes efter kommunens anvisning. Boremudder vil blive bortskaffet til godkendt modtageanlæg.

Opgravet jord fra gruberne genindbygges om muligt på opgravningsstedet. Såfremt den opgravede jord ikke er genindbygningseget, vil den blive bortskaffet efter gældende lov.

#### 4.3.25 Materialer til underboringer

Ved en underboring, skal der ikke lægges sand omkring kablet. Ved underboring etableres føringsrør i underboring og fyldes efter kabeltrækning med bentonit eller vand, bl.a. af hensyn til de termiske forhold omkring kablet. Herudover anvendes borevæske i forbindelse med gennemførsel af underboringen for at stabilisere borehullet. Forbrug af borevæske afhænger af jordbundsforhold og metodevalg. I tidligere projekter har forbruget været 3-4 gange borehullets volumen ved korte underboringer (hhv. ca. 0,2 og 0,9 m<sup>3</sup> pr. løbende meter ved Ø280 og Ø580 mm underboring) og 7-9 gange borehullets volumen ved lange underboringer (hhv. ca. 0,5 og 2,1 m<sup>3</sup> pr. løbende meter ved Ø280 og Ø580 mm underboring). Der tilsættes ca. 20 kg bentonit pr. m<sup>3</sup> borevæske. Mængden af additiv der tilsættes, varierer efter forholdene, men er i størrelsesordenen 0-1 %.

#### 4.3.26 Borevæske

Borevæske består helt overvejende af vand (ca. 97 %) og bentonit (ca. 3 %). Bentonit er naturligt forekommende ler. I forbindelse med den konkrete underboring kan borevæske blive tilsat forskellige additiver, som blandet andet afhænger af de jordlag, der skal bores igennem. Additiverne indvirker blandt andet på borevæskens viskositet, og dermed dets egenskaber for "smøring" af underboringen. Disse additiver er f.eks. Hydropack, Tunnel-Gel Plus, Pac-L og Soda Ash. Soda Ash justerer pH og anvendes kun i svær lerjord, Pac-L anvendes typisk i sandet jord og isolerer mod grundvand, Tunnel Gel Plus nedsætter friktion, og Hydro Pack anvendes ved boring i saltvandspåvirkede aflejringer. Den enkelte boreentreprenør har erfaring med de forskellige additiver afhængigt af de forhold, der mødes på underboringslokaliteten. I forbindelse med anvendelse af borevæske vurderer kommunen altid, om der er behov for en godkendelse efter Miljøbeskyttelseslovens § 19.

Projektets entreprenør kan anvende de oplistede godkendte produkter jf. DHI-rapporten fra 2025 (Bilag 3: Risikovurdering af borevæskeprodukter – Udkast, oktober 2025). Det er entreprenøren der vælger hvilke produkter der anvendes. Opgaven med udførelsen af styrede underboringer til dette projekt er endnu ikke tildelt en entreprenør, og derfor er typen af de anvendte produkter endnu ikke kendt.

Energinet har fået DHI til at udarbejde en risikovurdering af 40 forskellige borevæskeprodukter, der benyttes i forskellige projekter. DHI har både foretaget vurderinger af bentonitprodukter, af forskellige borevæskeadditiver og af betonprodukter. DHI har vurderet, om anvendelse af et givent produkt kan medføre påvirkning af overfladevand, grundvand og jord (Bilag 3: Risikovurdering af borevæskeprodukter – Udkast, oktober 2025).

Energinet stiller som krav, at der kun anvendes borevæskeprodukter, som er omfattet og vurderet i DHI-rapporten (Bilag 3: Risikovurdering af borevæskeprodukter – Udkast, oktober 2025) og som er dokumenteret uskadelige for jord, grundvand og havmiljø.

DHI har kontaktet de enkelte leverandører af borevæskeprodukterne med henblik på at få så detaljerede sammensætningsoplysninger som muligt for de enkelte produkter. For de produkter, som indeholder organiske stoffer, er leverandørerne specifikt blevet anmodet om at bekræfte/afkræfte, om der er konserveringsmidler i produkterne. Derudover er leverandørerne af de uorganiske produkter blevet anmodet om at fremsende analyser (især for tungmetaller) af deres produkter samt analyser fra udvaskningstest. Leverandørernes produktoplysninger er fortrolige, og DHI må derfor kun videregive fortrolige oplysninger til myndighederne. DHI har underskrevet en fortrolighedsklausul, og derfor har Energinet ikke kendskab til indholdsstofferne i produkterne.

DHI's risikovurderinger er foretaget efter generelle principper, så de kan anvendes for alle Energinets projekter. Der er foretaget vurderinger i forhold til mulig kontakt med overfladevand, jord og grundvand samt udført risikovurdering (kritiske fortyndingsafstande) for kystunderboringer. DHI har foretaget en risikovurdering af samtlige stoffer i produkterne i overensstemmelse med den metode, som blev anvendt i Hjorth et al. (Hjorth, 2016). Her bliver stofferne inddelt i følgende grupper:

- Prioriterede stoffer I.
- Prioriterede mobile stoffer Ia (undergruppe til ovenstående gruppe).
- Gruppe II ikke prioriterede stoffer.
- Uorganiske stoffer.

I forbindelse med underboringerne i dette projekt vil der kun blive anvendt borevæskeprodukter, som i DHI-rapporten (Bilag 3: Risikovurdering af borevæskeprodukter – Udkast, oktober 2025) er vurderet til ikke at udgøre en risiko for biota, overfladevand, jord og grundvand samt for kystvande.

#### 4.3.27 Foringsrør

Foringsrørene består af PE (polyethylen). For underboringer under 300 meter anvendes 355 mm rør, og for underboringer over 300 meter anvendes 450 mm rør.

I nedenstående Tabel 4.31 er angivet de samlede estimerede mængder af styrede underboringer i projektet.

Tabel 4.31. Mængdeopgørelse for materialer anvendt ved anlægsarbejdet til underboringer.

Projekt-/anlægsdel	Fraktionstype	Vægt pr. meter (kg)	Vægt total (ton)
Føringsrør	Plast (PE), Ø355	27	160
	Plast (PE), Ø450	23	
Underboringer, borevæske	Vand (ved Ø355)	2.000	4.500
	Vand (ved Ø450)	3.000	
	Bentonit (ved Ø355)	45	85
	Bentonit (ved Ø450)	55	

Der skal evt. bruges en mindre mængde sand/grus til retablering af boregruber, såfremt det opgravede materiale ikke kan genindbygges. Da mængden vil være begrænset, er den ikke medtaget i materialeopførelsen.

#### 4.3.28 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner til kabellægning

Til etablering af kabelanlægget vil der være behov for et antal entreprenørmaskiner. Der er i Tabel 4.33 angivet et skønnet omfang af antal samt typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden. Der er tale om en simpel opgørelse af omfanget af transportarbejde opdelt i hovedaktiviteter og enhedsmængder baseret på Energinets erfaringer fra tilsvarende opgaver.

Transporterne omfatter tilkørsel af maskiner og materialer for arbejdets udførelse, idet transport af mandskab skønnes uden mærkbar betydning i områder med selv lav trafikbelastning.

- Tilkørsel af sand ca. 100 lastbiler pr. løbende kilometer kabelanlæg.
- Tilkørsel og flytning af maskiner 10 blokvojnstransporter (afhængig af de lokale forhold).
- Tilkørsel af kabler 6 blokvojnstransporter pr. kilometer kabelanlæg.

Tilkørslen sker ikke til det samme sted/punkt hver gang, men rykker sig løbende med at kabelanlægget bliver lagt. Der vil til hele kabelanlægget blive behov for transport med sand, men tilkørt fordelt på de oplagspladser, der udlægges langs linjen.

Tabel 4.32. Anslået anvendelse af maskiner og anlægsarbejders varighed ved kabellægning.

Tracé	Skønnet antal og type maskiner	Forventet varighed af anlægsarbejder
Landkabler	5 gravemaskiner, 7 til 32 tons. 4 rendegravere. 4 traktorer. 4 pladsbiler. 1 lastbil. 1 gummiged. 2 underboringsmaskiner. 3-4 sandvogne. 1 blokvojn. 1 slamsuger. 3-5 lastbiler for udlægning af køreplader. 1 trækspil. 3 blokvogne til levering af kabeltromler på depoter langs tracéet. 2-3 lastbiler til levering af sand på depoter langs tracéet.	6-24 mdr.

#### 4.3.29 Driftsfase

Når kablet er tilsluttet, vil der være et mindre antal miljø- og arealmæssige forhold, som knytter sig til anlægget.

Der vil blive pålagt en servitut omkring kabelanlægget. Servitutten skal beskytte anlægget og sikre Energinets adgang til at vedligeholde anlægget.

På strækninger med underboring vil kablerne i driftsfasen ligge med større indbyrdes afstand end på strækninger anlagt i åben grav. Det betyder, at servitútbæltet kan udvides med op til

flere meter, hvor der udføres underboringer. Arealet, der tinglyses, omfatter det bælte, hvori kablerne ligger, samt 3,5 meter på hver side af de yderste kabler.

I servitubæltet må der ikke etableres bebyggelse af hensyn til kabelanlæggets driftssikkerhed. Bestemmelser jf. servitutten vil blive iagttaget i forbindelse med almindeligt tilsyn og vedligehold af kabelanlægget. På offentlige vejmatriler og på banearealer vil kabelanlægget være placeret efter gæsteprincippet.

Der tinglyses ingen indskrænkninger i rådigheden af arealerne over underboringerne. Da kablet ligger i føringsrør, vil der ikke blive tinglyst vilkår om, at beplantning over kabelanlægget ikke er tilladt. Det betyder, at eventuel skov kan blive stående. Der vil således ikke være behov for pleje af servitubæltet.

#### 4.3.30 Anlægsarbejdernes varighed og anvendelse af maskiner til kabellægning

Til etablering af kabelanlægget vil der være behov for et antal entreprenørmaskiner. Der er i Tabel 4.33 angivet et skønnet omfang af antal samt typer af maskiner, som vil blive anvendt i anlægsperioden. Der er tale om en simpel opgørelse af omfanget af transportarbejde opdelt i hovedaktiviteter og enhedsmængder baseret på Energinets erfaringer fra tilsvarende opgaver.

Transporterne omfatter tilkørsel af maskiner og materialer for arbejdets udførelse, idet transport af mandskab skønnes uden mærkbar betydning i områder med selv lav trafikbelastning.

- Tilkørsel af sand ca. 100 lastbiler pr. løbende kilometer kabelanlæg
- Tilkørsel og flytning af maskiner 10 blokvognstransporter (afhængig af de lokale forhold)
- Tilkørsel af kabler 6 blokvognstransporter pr. kilometer kabelanlæg

Tilkørslen sker ikke til det samme sted/punkt hver gang, men rykker sig løbende med at kabelanlægget bliver lagt. Der vil til hele kabelanlægget blive behov for transport med sand, men tilkørt fordelt på de oplagspladser, der udlægges langs linjen.

Tabel 4.33. *Anslået anvendelse af maskiner og anlægsarbejders varighed ved kabellægning.*

Tracé	Skønnet antal og type maskiner	Forventet varighed af anlægsarbejder
Landkabler	5 gravemaskiner, 7 til 32 tons 4 rendegravere 4 traktorer 4 pladsbiler 1 lastbil 1 gummiged 2 underboringsmaskiner 3-4 stk. sandvogne 1 blokvogn 1 slamsuger 3-5 lastbiler for udlægning af køreplader 1 trækspil 3 blokvogne til levering af kabeltromler på depoter langs tracéet 2-3 lastbiler til levering af sand på depoter langs tracéet	6-24 mdr.

#### 4.3.31 Magnetfelter

Magnetfeltets specifikke størrelse og udbredelse afhænger af den strøm der løber i kablerne og afstanden mellem polkablerne og nedgravningsdybden, som begge kan variere. Derfor beregner Energinet altid magnetfeltet for det aktuelle anlæg i det konkrete projekt.

Af hensyn til den videnskabelige usikkerhed om en mulig sundhedsrisiko for børn, behandler Energinet normalt – for højspændingsanlæg med vekselstrøm – emnet magnetfelter og nærhed til boliger.

Alle kabler i dette projekt er imidlertid jævnstrømskabler, undtagen koncessionshavers kabler der er AC-kabler (vekselstrøm). Magnetfelterne fra et jævnstrømsanlæg karakteriseres som et statisk felt, hvilket betyder, at de ikke skifter retning hele tiden (pulserer) ligesom magnetfelter fra vekselstrømsanlæg gør. De statiske magnetfelter svarer til jordens magnetfelt og er i nogenlunde samme størrelsesorden.

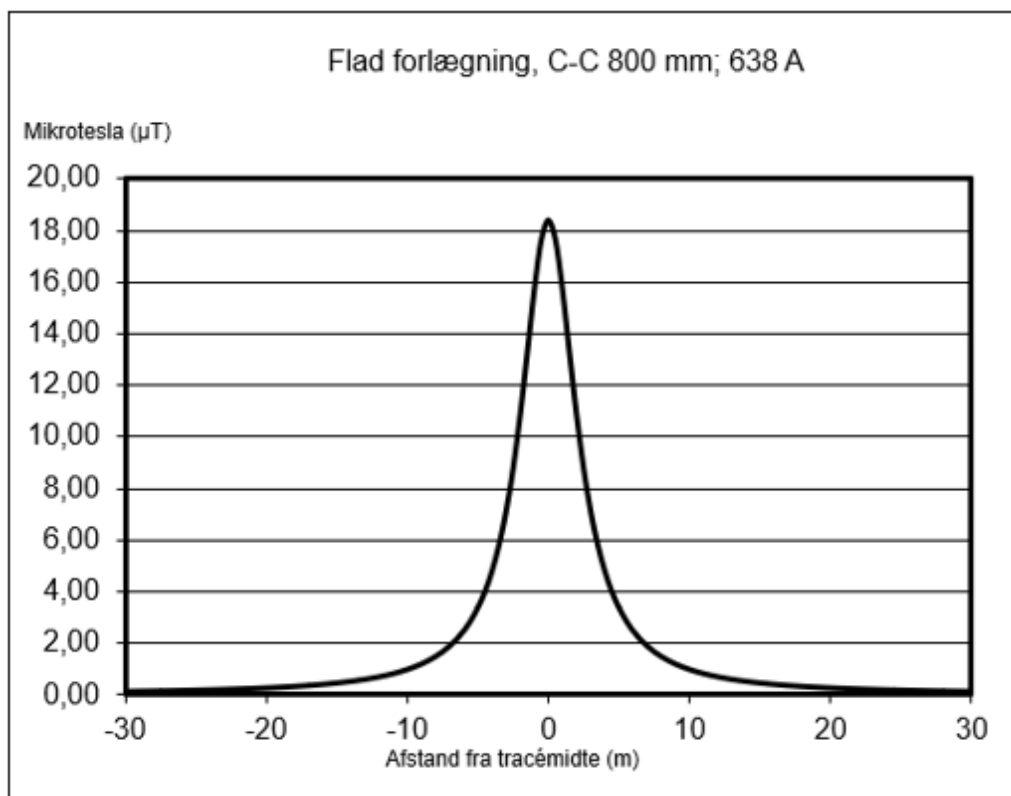
Styrken af jordens magnetfelt varierer geografisk (30-70  $\mu\text{T}$ ) og er højest nær polerne. I Danmark er jordens magnetfelt på ca. 50  $\mu\text{T}$ .

Der er ingen mistanke om, at statiske felter i denne størrelsesorden kan have helbredseffekter på mennesker, da vi altid har levet med statiske magnetfelter svarende til jordens magnetfelt.

I driftsfasen etablerer der sig et magnetfelt omkring kabelanlægget. Magnetfeltet er størst lige over kabelanlægget og falder hurtigt indenfor kort afstand af anlægget.

For dette kabelprojekt er der lavet en beregning af magnetfeltet omkring 525 kV kabelanlægget. Vurderingen er baseret på forventet årsmiddelstrøm på 51 % af fuld last på 1.250 ampere, flad forlægning med 40 cm faselederafstand, og en nedgravningsdybde på ca. 130 cm. Magnetfeltet ved 1 meter over terræn er angivet på Figur 4.42. Lige over kablet, hvor magnetfeltet er størst, er magnetfeltet på ca. 18  $\mu\text{T}$ . Det er altså lavere end styrken af jordens eget magnetfelt.

Da der ikke er mistanke om sammenhæng mellem statiske magnetfelter (i størrelser svarende til jordens magnetfelt) og helbredseffekter, beregnes der ikke en minimumafstand mellem kabel og bolig.



Figur 4.42. Magnetfelt for forventet middelstrøm (51 % af maks. (1.250 ampere)).

Da spændingsniveauet eller overføringsevnen for koncessionshavers kabler endnu ikke kendes, er der ikke udført magnetfeltsberegninger for disse kabler. Koncessionshavers kabler vil være underlagt Sundhedsstyrelsens forsigtighedsprincip.

#### 4.3.32 Støj i driftsfase

Kabelanlægget støjer ikke i drift.

#### 4.3.33 Tørholdelse af kabelanlægget

Når kablerne er lagt i jorden, vil der ikke være behov for tørholdelse af kabelanlægget.

#### 4.3.34 Synlige anlæg over terræn

Der vil være linkboksbrønde og markeringer af kablets placering over terræn.

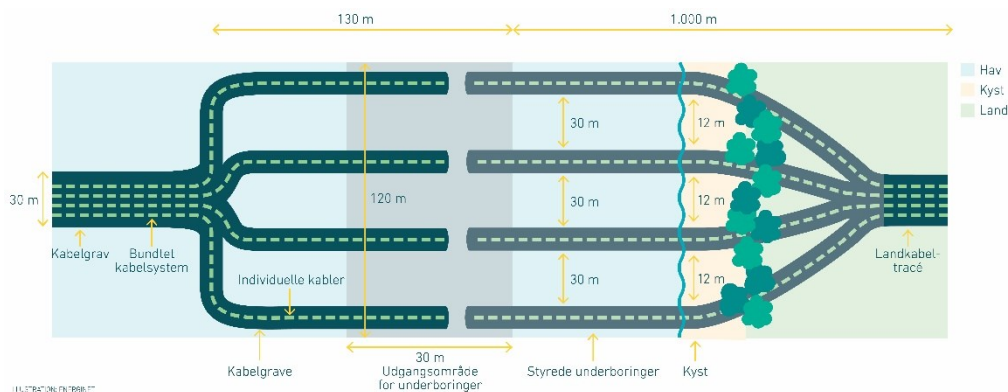
#### 4.3.35 Affald

Affaldet fra anlægsarbejderne vil primært udgøres af de tromler som kabler, ledere og jordtråde leveres på samt emballage fra armaturdele, overskydende jord og almindeligt byggeaffald (træpaller mv.) samt dagrenovation.

Affaldet vil blive bortskaffet og opbevaret efter gældende regler. Det vil blive opbevaret på en sådan måde, at det ikke kan forurene jord og grundvand, nærliggende natur, mv. Der vil blive ansøgt om tilladelse efter Miljøbeskyttelseslovens § 19, hvis dette vil være nødvendigt.







Figur 5.2. Forgravede åbne render og styrede underboringer (HDD). Skitsering af, hvordan kabelsystemet også kan føres i land. Denne kombinerede løsning er den eneste mulige løsning ved de fleste af ilandføringspunkterne på Bornholm. Denne løsning er desuden også den alternative løsning ved ilandføringspunktet på Sjælland.

Anlægsarbejderne kan inddeles overordnet som skitseret herefter:

#### Kystnært anlægsarbejde på havet:

- Etablering af kabelsystem i kabelgrave frem til boregruber.
- Tildækning af kabelgrave (evt. tilføres også granitskærver).
- Etablering af boregruber ved underboringernes udgangspunkt på havbunden.
- Indtrækning af rørledninger/føringsrør i underboringer.
- Assistance ved boregrube ved indtrækning af kabler i underboringer.
- Tildækning af boregruber (evt. tilføres også granitskærver).

#### Kystnært anlægsarbejde på land:

- Etablering af arbejdsareal til styret underboring og muffegrav.
- Anlæg af styrede underboringer fra land til boregruber på havet.
- Indtrækning af rørledninger (fra havet til land) i styrede underboringer.
- Indtrækning af søkabler (fra havet til land) i føringsrør.
- Sammenkobling af land- og søkabler i muffegrav.
- Tildækning af muffegrav og retablering af arbejdsarealet.

I det efterfølgende præsenteres først ilandføringspunkterne på den Bornholmske sydvestvendte kyst og herefter ilandføringspunktet i Køge Bugt efterfulgt af en nærmere beskrivelse af de anlægsmetoder, der skal anvendes til at udføre det kystnære anlægsarbejde de respektive steder.

### 5.1 Ilandføringsområde for søkabler ved Bornholm

Ilandføringen skal sammenkoble landkablerne og dermed transformerstationen på Bornholm med søkablet til Sjælland.

På Sydvestkysten af Bornholm er der identificeret tre potentielle ilandføringspunkter til søkablet til Sjælland; (Figur 5.3). Kun én af lokaliteterne skal anvendes:

1. DC1 Sose strand Vest.
2. DC2 Sose Strand.
3. DC3 Sose Strand Øst.

For koncessionshavers ilandføring af søkablet til havvindmølleparken er der identificeret to potentielle ilandføringspunkter, K1 Boderne Vest og K2 Boderne Øst. Kun én af lokaliteterne forventes anvendt. Af disse to ilandføringspunkter vil der kun være behov for styrede underboringer af kystområdet, hvis det vestlige af de to ilandføringspunkter K1 Boderne Vest vælges. Begge ilandføringslokaliteter vil indgå i miljøkonsekvensrapporten. For det østlige ilandføringspunkt ved Boderne Øst (K2) til koncessionshaver gælder, at dette punkt kun inkluderer aktiviteterne på land. Anlægsaktiviteten vil derfor her kun omhandle åbne gravede render på land. De tre mulige lokaliteter for ilandføring af søkablet mellem Bornholm og Sjælland er hhv. DC1 Sose strand Vest, DC2 Sose Strand og DC3 Sose Strand Øst. Derudover opereres med koncessionshavers mulige ilandføring ved K1 Boderne Vest, hvilket giver i alt fire potentielle ilandføringspunkter med behov for at udføre styrede underboring i overgangen fra hav til land (se Figur 5.3).

Det er gældende for alle fire potentielle ilandføringspunkter, hvor styrede underboringer indgår, at den valgte ilandføring udføres som en kombination af forgravede åbne render og styrede underboringer (Figur 5.2). De styrede underboringer etableres fra ca. 200 meter fra kystlinjen, oppe på land, til ca. 10 meters dybdekurven på havet (maksimalt ca. 750 meter fra kysten), hvor underboringer ender i en gravet udgangsgrube i havbunden.

For at kunne ilandføre det bundtede søkabelsystem skal dette splittes op i de fire individuelle søkabler med hver sin kabelgrav på havbunden ca. 130 meter før udgangsgruberne for de enkelte underboringer. Det betyder altså, at der fra opsplittingspunktet skal etableres forgravede åbne kabelgrave ind til hver af de fire underboringers udgangsgruber. Hver af de fire kabelgrave vil have en påvirkningsbredde (som er lig med arbejdsbæltet) på ca. 30 meter, inkl. areal til midlertidigt oplæg af opgravet havbundsmateriale. Udgangsgruben på havbunden, for hver af de fire styrede underboringer, vil have et aftryk på havbunden på maksimalt 30x30 meter, og vil blive gravet ud ned til en dybde på maksimalt 2,7 meter under oprindeligt havbunds niveau. Arealet vil indeholde udgravning og opgravet havbundsmateriale og udstrømningen af boremudder fra underbøringsarbejdet. Udstrømningen af boremudder fra underboringen vil blive tilbageholdt af denne udgravning, hvilket begrænser spredningen af boremudder betydeligt.



Figur 5.3. De fire ilandføringspunkter på Bornholms sydvestkyst, som ilandføres ved styrede underboringer af kysten: DC1 Sose strand Vest, DC2 Sose Strand og DC3 Sose Strand Øst og K1 Boderne Vest.

### 5.1.1 Forgravning af rende kystnært (Pre Trenching, PT), Bornholm

Søkablet vil, hvor muligt, blive nedgravet i havbunden. Enkelte steder, for eksempel kystnært ved Bornholm, vil dette ikke være muligt, og alternative metoder til nedgravning vil blive benyttet. På grund af det hårde havbundssubstrat, som eksisterer ved Bornholm, kan det også være behov for at bruge grubber til at lave en rende i f.eks. sandstensaflejringer, for at opnå den nødvendige nedgravningsdybde så søkablet er tilstrækkeligt beskyttet. En grubber ligner en krog/tand, og er oftest monteret på en gravemaskine og anvendes til at bryde hård havbund op i mindre stykker, som derefter kan graves væk ved brug af en gravemaskine.

#### 5.1.1.1 Nedgravning med mekaniske skæremetoder

I områder, hvor havbunden er for hård til at udføre nedspuling og/eller pløjning, kan der være behov for at anvende mekaniske skæremetoder, såsom den mekaniske kædegraver, hjulgraver, kædeskærer eller hjulskærer, se Figur 5.4 og Figur 5.5.

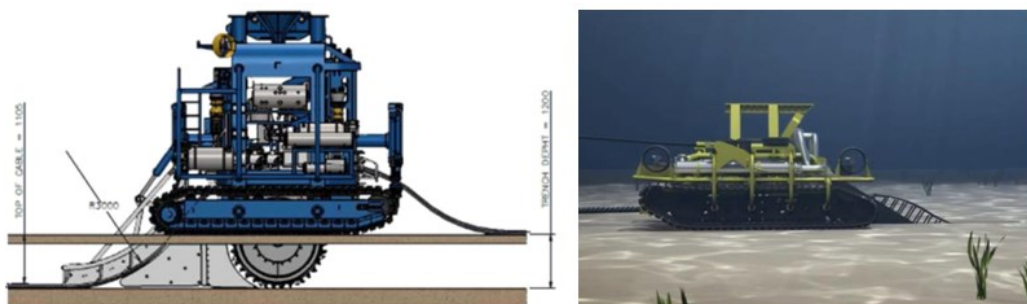
Disse skæremetoder bruges til mekanisk at udskære en rende i særligt hårde havbundstyper som f.eks. grundfjeld eller større stensætninger. Denne type anlægsarbejde kan ligge i god tid forud for kabelinstallationen, da denne metode typisk vil blive brugt i et hårdt substrat, hvor graven ikke vil falde sammen. Et mindre antal hundrede meter mellem KP 0 til KP 20, hvor særlige klippefremspring kan udgøre en udfordring, er det forventet at denne anlægstype kan blive anvendt som primær anlægsmetode.

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 som søkablet 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 (undervandsrobot) eller en slæde, som kører eller trækkes over havbunden. Renden udfyldes typisk ved enten naturlig opfyldning eller ved efterfølgende stendumping i og omkring renden.

De fleste mekaniske skærere kan opnå nedgravningsdybder på 2 meter. Bredden (den skårede rendes bredde) af havbunden, der påvirkes af selve skæreoperationen, vil være ca. 0,5 meter. Ved et worst-case scenario på 1,5 meters nedgravningsdybde, vil den midlertidige forstyrrelsesbredde være ca. 14 meter. Hvis denne metode bruges til hård havbund, forventes der en installationsdybde på 0,5 – 1 meter, og det estimerede sedimentspild er ca. 4 %. Se nærmere om sedimentspild i afsnit 6.3.2.



Figur 5.4. TV: Eksempel på mekanisk kædegraver. TH: Eksempel på mekanisk hjulgraver.



Figur 5.5. TV: Eksempel på mekanisk kædeskærer. TH: Eksempel på mekanisk hjulskærer.

### 5.1.2 Styret underboring (Horizontal Directional Drilling, HDD)

Det er ikke muligt på forhånd at identificere varigheden af den enkelte underboring, da dette afhænger af de konkrete topografiske forhold på stedet, trykforhold og jordens beskaffenhed. Som tommelfingerregel for forholdet mellem længde, dybde og varighed, kan oversigten i tabellen herunder Tabel 5.1 anvendes.

Tabel 5.1. Oversigt over forhold mellem længde, dybde og varighed af underboringer.

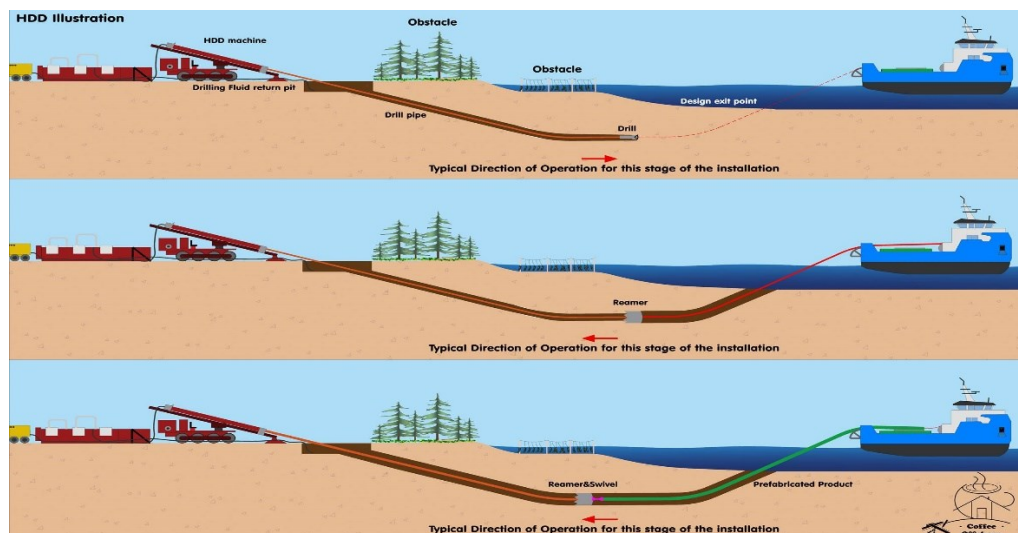
Længde (m)	Dybde (m)	Varighed
0-20	1-5	2-3 dage
20-50	1-10	5-7 dage
50-100	1-15	7-10 dage
100-300	1-20	14-28 dage
>300	1- 30	> 4 uger

#### 5.1.2.1 Boringer under kystområder

Der sker et grundigt planlægningsarbejde inden en underboring udføres. Som led i planlægningen er der foretaget ekstensive geotekniske undersøgelser i området, som kan fastslå områdets geologi. Undersøgelserne benyttes blandt andet til at fastlægge underboringens dybde og længde samt placeringen af boringens start- og slutpunkt.

Jordbundsforholdene på land og havbundsforholdene kan være afgørende for, hvordan underboringen kan udføres. For at fastlægge en boreprofil kan der udtages enkelte prøver af jord- og havbunden, hvilket sker inden anlægsarbejdet påbegyndes.

Forundersøgelserne skal medvirke til en sikker gennemførelse af underboringen og mindske risikoen for lækage af boremudder, dvs., at bentonit finder vej til overfladen som underboringen udføres under. I Figur 5.6 ses principperne for arbejdsgangen ved en styret underboring fra land til hav.



Figur 5.6. Princippet bag en styret underboring fra land til hav. Øverst: udførelse af styret underboring fra land til hav. Midt: Indtrækning af foringsrør fra hav til land. Bund: Indtrækning af søkabel fra hav til land.

En boring under et kystområde adskiller sig fra andre underboringer ved, at exit-punktet befinder sig under havoverfladen, og underboringen afsluttes dermed ved at borehovedet gennembryder havbunden. Ved exit-punktet på havbunden, vil der ske en udledning af boremudder til det lokale havbundsområde.

Underboringsudstyret og boremaskinen vil være placeret på borepladsen og den tilhørende boregrube på land. Det er ligeledes her selve borevæsken opbevares, blandes og indføres i underboringen til smøring af borehovedet. Selve foringsrørene føres ind ude fra havet og trækkes til området som slæb til fartøjer, da foringsrørene flyder på havoverfladen.

Først bores et pilotrør igennem strækningen fra startgrube til udgangspunkt i havbunden. Pilotrøret roterer og er udrustet med et styrbart borehoved. Borehovedet er forbundet med en sensor, så placeringen af borehovedet til enhver tid kan følges og korrigeres. Dimensionen af borehullet øges ved at bore hullet op med en såkaldt reamer, som udvider borehullet.

Udvidelsen af borehullet kan ske ad flere omgange med stigende dimensioner for borehovedet. Når den ønskede diameter af borehullet er opnået, trækkes foringsrør gennem borehullet. Foringsrørene sikrer bl.a., at borehullet ikke kolliderer, og muliggør gennemtrækning af søkabler. Når alle søkabler er trukket igennem foringsrørene, fyldes disse med bentonit af hensyn til varmeafledning fra søkablerne. Et typisk foringsrør har en ydre diameter på 350 – 450 mm.

Længden af de enkelte underboringer vil afhænge af de lokale muligheder for placering af boregruber og arbejdsarealer, samt forhold som havdybde og udbredelse af potentiel sårbar natur i området omkring gennemboringen af havbunden. Det forventes, at søkablerne samles med landkabler via op mod 800 – 1.000 meter lange underboringer, hvor søkablerne trækkes igennem de enkelte foringsrør, og herved passerer under ilandføringspunktet, uden at dette påvirkes.

Ved etablering af kabelanlæg med styret underboring af kysten på Bornholm vil anlægget ligge 30 meter under terræn. Det kan ved passage af beskyttet natur, eksisterende anlæg såsom

andre installationer i havbunden eller havbundens geologiske sammensætning vise sig nødvendigt at bore så dybt, for at sikre den nødvendige sikkerhedsafstand og minimere risikoen for en lækage af boremudder. Ved underboringer øges installationsdybden af søkablerne og dermed også den termiske isolation, og i sidste ende reduceres søkablernes mulighed for at afgive varme. Derfor øges afstanden mellem de enkelte søkabler afhængigt af dybden i underboringen.

Efter gennemførelse og retablering, vil det eneste synlige anlæg ved kysten på land være eventuelle markeringspæle og eventuel brøndring ved muffesamlingen, som angiver, at der ligger højspændingskabelanlæg i jorden. Der vil ikke være nogen visuel afmærkning på havet.

#### 5.1.2.2 Beredskab og beredskabsplaner

For dette konkrete projekt er det gældende, at alle styrede underboringer vil foregå fra landsiden og ud i havet for herefter at gennembryde havbunden. Da boreudstyret, startgrube, oplagsplads mv. derfor vil være placeret på land gælder de samme forholdsregler og rammer for beredskabsplanerne i forhold til utilsigtede hændelser i form af en lækage af boremudder, som for en gængs styret underboring med start- og slutgrube på land. Den eneste forskel vil være knyttet til det faktum, at hvis der sker en lækage af boremudder på søterritoriet på større vanddybder end maksimalt et par meter, så vil en mekaniske fjernelse af boremudderet fra en lækage (hvis det når havbundsoverfladen) i praksis være anlægsteknisk umulig.

Med dette forbehold in mente, henvises derfor i øvrigt til beskrivelsen af beredskabsplaner i forbindelse styrede underboringer for projektets landdel, som kan læses i afsnit 4.3.16.

#### 5.1.2.3 Borevæske og boremudder

Se beskrivelsen i afsnit 4.3.25 og 4.3.26.

### 5.1.3 Styrede underboringer

På sydvestkysten af Bornholm er der identificeret tre potentielle ilandføringspunkter til søkablet til Sjælland, som tidligere beskrevet. Det forventes, at uanset hvilken af ilandføringspunkterne der vælges, så vil anlægsmetoden til ilandføring af søkablet være en kombination af en styret underboring og åbne, gravede render, som beskrives i afsnit 5.2.

For koncessionshavers ilandføring af søkablerne til havvindmølleparken er der identificeret to potentielle ilandføringspunkter, hvoraf der kun vil være behov for underboringer af kysten for ilandføringspunktet K1 Boderne Vest, idet ilandføringen ved K2 Boderne Øst vil ske ved gennemgravning af kysten.

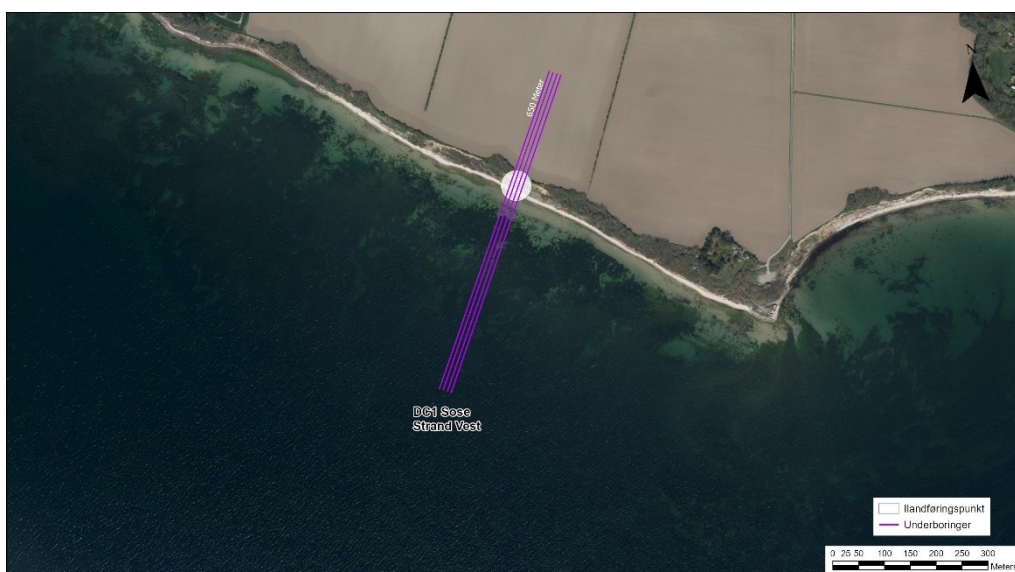
Underboringerne vil have forskellige forventede længder, afhængig af hvornår 10 meters dybdekurven på søterritoriet rammes. Fælles for alle fire ilandføringspunkter er, at de første ca. 200 meter af underboringerne vil foregå på land. Figur 5.7 viser de fire mulige ilandføringspunkter og længde af de styrede underboringer. De samlede underboringslængder for de fire ilandføringspunkter er:

1. DC1 Sose strand Vest, 650 meter (Figur 5.8).
2. DC2 Sose Strand ,400 meter (Figur 5.9).
3. DC3 Sose Strand Øst, 750 meter (Figur 5.10).

4. K1 Boderne Vest, 750 meter (Figur 5.11.)



Figur 5.7. De fire ilandføringspunkter på Bornholms sydvestkyst. DC1 Sose strand Vest, DC2 Sose Strand og DC3 Sose Strand Øst og K1 Boderne Vest. De lilla streger markerer placering og længde af de styrede underboringer.

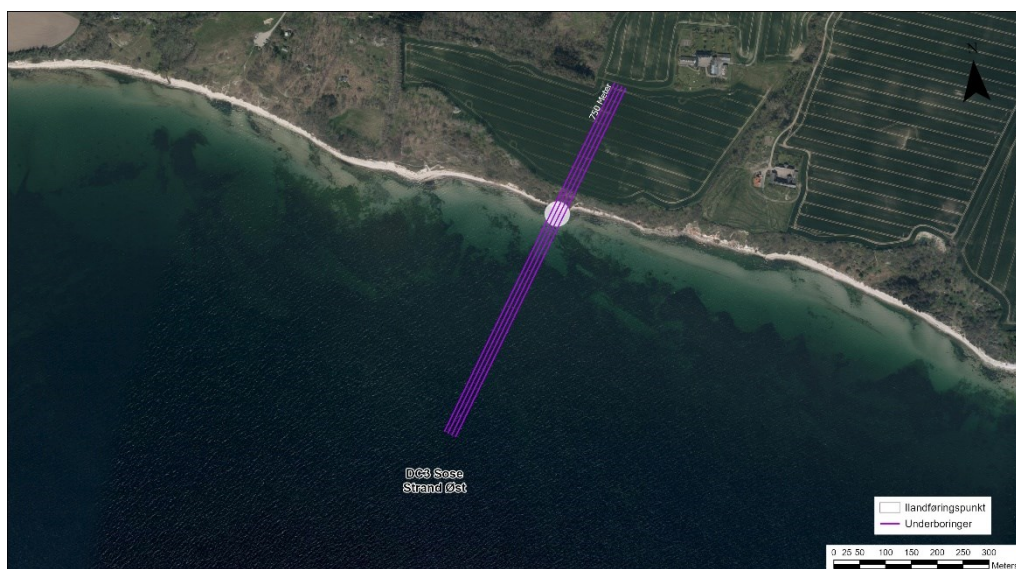


Figur 5.8. Ilandføringspunkt DC1 Sose strand Vest. De lilla streger markerer placering og længde af de styrede underboringer.





Figur 5.9. Ilandføringspunkt, DC2 Sose Strand. De lilla streger markerer placering og længde af de styrede underboringer.



Figur 5.10. Ilandføringspunkt og DC3 Sose Strand Øst. De lilla streger markerer placering og længde af de styrede underboringer.



Figur 5.11. Koncessionsvindens ilandføringspunkt K1 Boderne Vest. De lilla streger markerer placering og længde af de styrede underboringer.

#### 5.1.4 Forbrug af borevæske

Forbruget af borevæske afhænger af underboringsens diameter og længde, og den forventede mængde borevæske der skal bruges, fremgår af Tabel 5.2. Borevæsken består hovedsageligt af vand og bentonit, men kan i særlige tilfælde indeholde additiver som blandt andet virker som smøremidler for borehovedet. For nærmere beskrivelse af borevæske, se afsnit 4.3.26. Boremudder er en betegnelse for borevæsken med opslæmmed jordmaterie fra underboringsarbejdet. Mængden af boremudder som vil blive frigivet til udgangsgrubens omkringliggende havbunden, er afhængig af de gravitationskræfter som påvirker underboringerne (niveauforskellen mellem startgrube og udgangsgrube). Dette er særligt udpræget for underboringerne på Bornholm, da disse startes i kote ca. 30 meter (startgrube) og afsluttes i kote ca. minus 10 meter (udgangsgrube i havbunden) svarende til ca. 40 meters højdeforskel.

Tabel 5.2. Oversigt over forbrug af borevæske og mængder af boremudder ved ilandføringspunkterne på Bornholm.

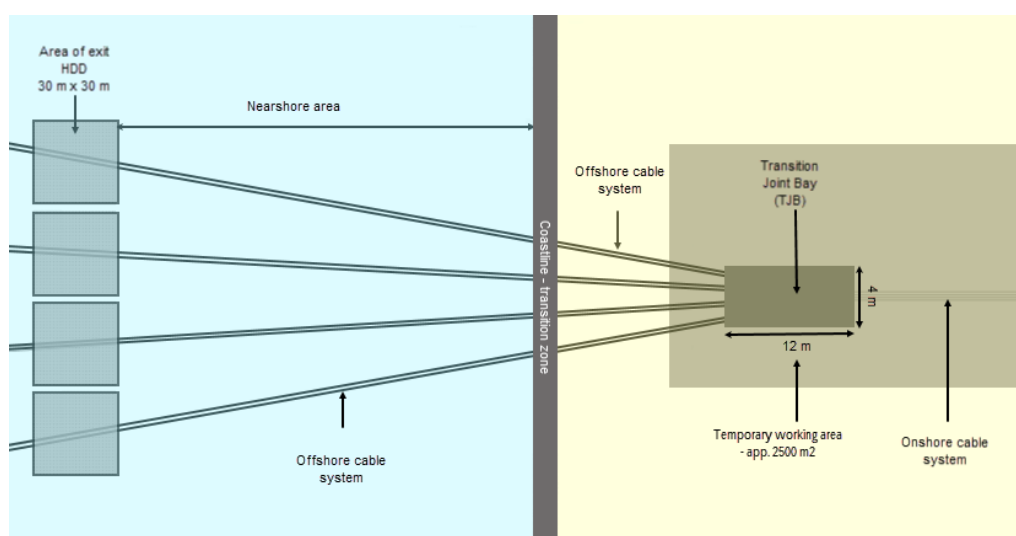
Lokalitet	Underboringsens længde (m)	Højdeforskel (m)	Forbrug af borevæske (m <sup>3</sup> )	Udslip af boremudder (m <sup>3</sup> )
DC1 Sose strand Vest	650	35-40	130	100
DC2 Sose Strand	400	35-40	80	80
DC3 Sose Strand Øst	750	35-40	150	120
K1Boderne Vest	750	35-40	150	120

Der kan blive behov for etablering af op til 2 ilandføringer med anvendelse af styrede underboringer. Det maksimale forbrug af boremudder vil være ved ilandføring DC3 Sose Strand Vest og for koncessionsvindens søkabler ved K1 Boderne Vest. Derfor vil det maksimale udslip af boremudder til udgangsgruber i havbunden for en lokalitet være på ca. 120 m<sup>3</sup> ved hver ilandføring, hvilket samlet set betyder at det maksimale udslip af boremudder til udgangsgruber i havbunden fra ilandføringerne af søkabler ved Bornholms Sydvestkyst vil være på ca. 240 m<sup>3</sup>.

### 5.1.1 Sammenkobling – styret underboring af kyst

Søkabellsystemet og landkabellsystemet sammenkobles i overgangsmuffer placeret kystnært på land. I overgangsmuffen sammenkobles de to kabellsystemers kabellender.

Ved ilandføringspunkterne på Bornholm, og som alternativ anlægsmetode ved ilandføringspunktet på Karlstrup Strand, vil overgangsmuffen, og dermed sammenkoblingen af de to kabellsystemer, foregå på landsiden i umiddelbar forlængelse af startgruberne for de styrede underboringer, hvor kabellenderne samles i en samlet muffegrav. Sammenkoblingen af de to kabellsystemer og muffen omkring etableres nede i nedgravningsniveauet for den gravede rende for landkablet i en såkaldt Transition Joint Bay (TJB). Når splejsningen af de to kabellsystemer og muffemonteringen er afsluttet, dækkes TJB til og området reetableres til oprindelig stand. Der kræves én TJB per kabellsystem. Proceduren er illustreret i Figur 5.12. Underboringen er forsejlet og etableret i eksisterende jordbund og det er derfor ikke muligt, at der sker grundvandsgennemstrømning fra kabelgraven til boregruben og videre ud til havet.



Figur 5.12. Illustration af sammenkoblingen af land- og havkabler i en Transition Joint Bay (TJB).

Udgravningen til installation af en TJB kræver i udgangspunktet en ca. 2 meter dyb, 12 meter lang og ca. 4 meter bred grav (Figur 5.12), og der vil derfor være behov for bortgravning af ca. 100 m<sup>3</sup> meter jord, fordelt på tørv-, muldjord og råjord. Der kan være behov for at etablere en betonbundplade, som anvendes til at forankre kablerne og den armering, som søkablerne indeholder.

Når kabelinstallationsskibet er ankommet og korrekt positioneret, så vil søkablet blive trukket i land fra skibet og op til den allerede etableret TJB. Dette tager typisk ca. 1-3 dage. Herefter vil kabelinstallationsskibet påbegynde kabellægningen videre ud til havs.

Arbejdsarealerne i ilandføringsområderne skal indeholde arealer til selve arbejdspladsen, boregruber til styrede underboringer og TJB, oplagsarealer til de opgravede jordfraktioner, oplagsarealer til udstyr og maskiner, opbevaring af brændstoffer og smøremidler, mindre mandskabsfaciliteter med sanitetsfunktioner, parkering, trækspil og ankerpunkt. På de dele af det samlede arbejdsareal, som ikke indeholder gravearbejde, vil der blive udlagt køreplader, for at undgå traktose og sikre et sikkert arbejdsmiljø. Det forventes, at det samlede arbejdsareal vil have et arealmæssigt aftryk på maksimalt ca. 2.500 m<sup>2</sup>.

Arbejdspladsen ligger ca. 90 meter fra vandkanten. I tilfælde af, at der måtte blive storm fra øst, højvande eller opstå andre situationer hvor der måtte kunne ske oversvømmelse af arbejdspladsen på stranden, vil dette være varslet i så god tid, at der kan træffes foranstaltninger der kan hindre, at der sker oversvømmelse. Oversvømmelse kan sikres ved at der bygges et midlertidigt dige omkring pladsen. Diget beklædes med en tæt membran om nødvendigt.

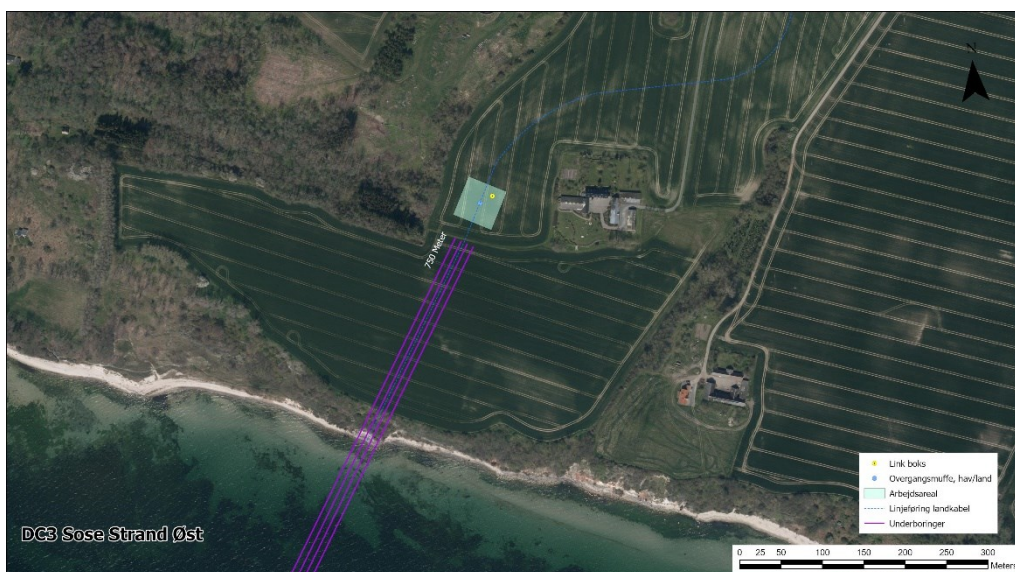
Placeringen af arbejdspladsarealer, hvor der bl.a. etableres TJB og underboringsgruber er vist for Bornholm i Figur 5.13 til Figur 5.16 og for Karlstrup Strand i Køge Bugt i Figur 5.17.



Figur 5.13. Illustration af placeringen af arbejdsarealerne inklusive udgravningsområde til TJB og styrede underboringer for ilandføringspunktet DC2 Sose Strand på Bornholm.



Figur 5.14. Illustration af placeringen af arbejdsarealerne inklusive udgravningsområde til TJB og styrede underboringer for ilandføringspunktet DC1 Sose Strand Vest, på Bornholm.



Figur 5.15. Illustration af placeringen af arbejdsarealerne inklusive udgravningsområde til TJB og styrede underboringer for ilandføringspunktet DC3 Sose Strand Øst.



Figur 5.16. Illustration af placeringen af arbejdsarealerne inklusive udgravningsområde til TJB og styrede underboringer for koncessionsvindens ilandføringspunkt K1 Boderne Vest.

### 5.1.2 Sammenkobling – åben kabelrende fra kystlinjen og videre onshore

Terrænet ved ilandføringspunktet K2 Boderne Øst er karakteriseret ved en stejl skrænt (op mod 30 meters højdeforskel) i overgangen fra kystzone til det bagvedliggende åbne land. Med en så markant højdeforskel, vil det være nødvendigt at reducere arbejdsbæltet i bredden, og der vil derfor blive behov for afgravning af jord. Den bortgravede jord vil blive separeret så der ikke sker sammenblanding af muldjord og råjord. Jorden oplagres på den bagvedliggende mark i op til maks. 5 uger. Der er tale om en mark, der dyrkes konventionelt. Der er således ingen naturbeskyttelse i området, hvor jorden oplagres. Det forventes af arbejdsbæltet indskrænkes med op til 10 meter på strækningen fra strandbredden til den bagvedliggende mark.

Søkabelsystemet og landkabelsystemet sammenkobles i en overgangsmuffe placeret kystnært på land. I overgangsmuffen sammenkobles de to kabelsystemers kabelender.

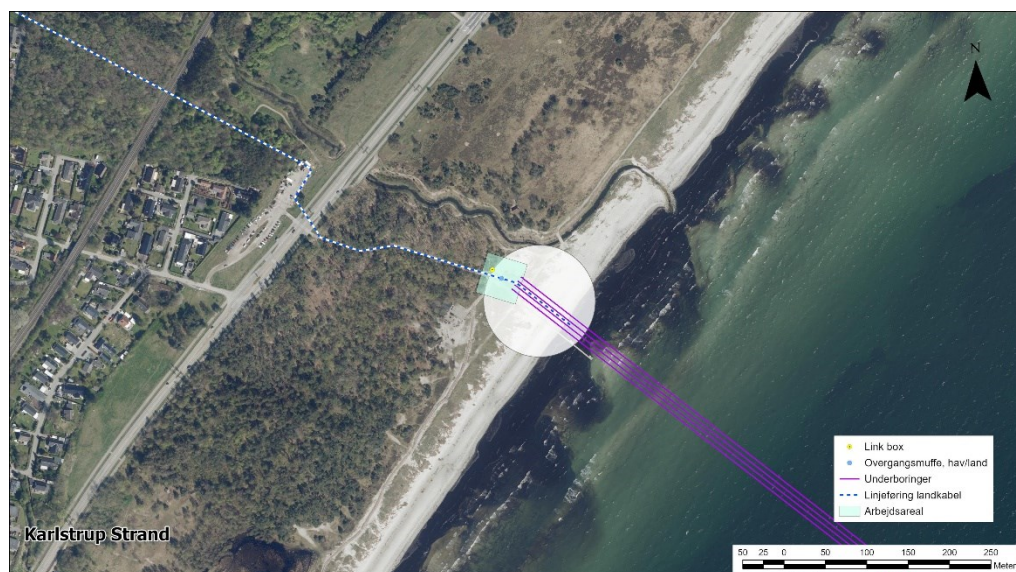
Sammenkoblingen af søkabel- og landkabelsystem vil være den samme anlægsoperation som beskrevet i 5.1.1 bortset fra, at der ikke gennemføres styrede underboringer. De omstændigheder der adskiller sig fra sammenkobling ved styret underboring, er beskrevet i afsnit 5.2.3

Efter endt etablering dækkes kablerne og mufferne med sand og opgravede jordfraktioner i korrekt rækkefølge; først råjorden, så muldjorden, og til sidst overfladetørven, således at området fremstår så tæt på dets oprindelige karakter, som muligt. Eventuelt overskydende jordfraktioner vil blive håndteret og bortskaffet efter kommunal anvisning og efter gældende jord-/af-faldsregulativer.

## 5.2 Ilandføringsområder for søkabler til Sjælland

Det kystnære arbejde i Køge Bugt, ved Sjælland, foregår fra KP 196 til KP 200 og omhandler primært ilandføring af søkablerne.

I Køge Bugt er der identificeret *et* muligt ilandføringspunkt beliggende ved Karlstrup Strand, se Figur 5.17.



Figur 5.17. Ilandføringspunkt i Køge Bugt ved Karlstrup Strand.

Ilandføringen vil foregå fra ca. 200 meter oppe på land og ud til ca. 10 meters vanddybde, ca. 3.800 meter ude i Køge Bugt målt fra midlervandstandslinjen. Den foretrukne anlægsmetode er en åben gravet kabelrende (Figur 5.1), og alternativt en kombination af åben kabelrende og styrede underboringer (Samme metode som for ilandføringen ved Bornholm) (Figur 5.2). På grund af områdets lave gennemsnitsdybde, vil der ved begge anlægsmetoder skulle etableres åbne forgravede render. Disse åbne forgravede render vil enten blive gravet fra afslutningspunktet for de styrede underboringer, og ud til den nødvendige vanddybde for adgang af kabellægningsfartøjet er opnået (ca. 10 meters vanddybde, ca. 3,8 km fra kysten), eller en åben gravet rende på hele strækningen fra kystlinje til 10 meters vanddybde.

Den primære anlægsmetode vil som nævnt være etablering af en forgravet rende hele vejen, da det er den billigste og nemmeste anlægstekniske løsning, og samtidigt forventes påvirkningsarealet herved også mindst muligt. Renden vil resultere i et midlertidig fysisk påvirket 30 meter bredt bælte. Heri er indregnet den gravede rende og det opgravede havbundsmateriale som aflægges sideforskudt af kabelrenden. Efter nedlægning af søkablet tilbagefyldes renden med det opgravede havbundsmateriale.

Den alternative anlægsmetode vil bestå af en kombination af styrede underboringer og forgravede render, se eksempel i Figur 5.2. Behovet for en kombination af disse to anlægsmetoder skyldes den valgte søkabeltype og fysiske begrænsninger i underboringerne længder, hvilket umuliggør underboringer længere end 1.000 meter. Det betyder i praksis, at der for at nå 10 meter dybdekurven vil være behov for at supplere underboringerne med gravede render med en længde på ca. 3 km.

### 5.2.1 Forgravning af rende kystnært (Pre Trenching, PT), Sjælland

De forgravede render ved Karlstrup Strand ilandføringen etableres ved hjælp af forskellige typer af gravemaskiner, og det udgravede havbundsmateriale deponeres midlertidigt på havbunden parallelt med den gravede rende i en minimumsafstand på typisk ca. 5 meter fra den nærmeste udgravningsvæg. Herefter udføres installationen af søkablerne i de forgravede åbne render, hvorefter anlægsarbejdet afsluttes med en rendefyldning med de udgravede materialer eller med konstrueret opfyldningsmateriale. I det efterfølgende er der nærmere redegjort for rendegravning med hhv. gravemaskine og fjernstyret undervandsgravemaskine, som er de graveoperationer, der kan komme i spil.

#### 5.2.1.1 Rendegravning med gravemaskine

Rendegravning med gravemaskine foregår inden søkablet udlægges. Denne metode bruges typisk på lavt vand (mindre end 10 meters dybde), hvor de store anlægsfartøjer ikke kan komme ind, og vil typisk ikke blive brugt i meget løse sedimenttyper såsom fint sand og gytje. Den mekaniske rendegraver vil typisk være installeret på en pram, f.eks. med mulighed for jack-up (Figur 5.18).



Figur 5.18. Eksempel på en gravemaskine monteret på en jack-up pram, hvor støtteben kan sænkes til havbunden så prammen er stående på havbunden.

Rendegraveren vil grave sediment op fra havbunden og lave en kabelgrav, hvori søkablet kan nedlægges. Sedimentet der opgraves, vil blive lagt på havbunden ved siden af kabelrenden. Efter søkablerne er lagt ud, vil renden blive fyldt igen med det opgravede materiale, eventuelt med et lag sten eller grus oven på kablet, hvis kablet på visse delstrækninger viser sig udsat og derfor kræver ekstra beskyttelse.

Helt kystnært, hvor anvendelse af gravemaskiner på pramme ikke er en mulighed, kan flydende gravemaskiner, eller gravemaskiner med forhøjet frihøjde anvendes (Figur 5.19).



Figur 5.19. Eksempel på forhøjet gravemaskine til gravearbejde på lavt vand ([www.snijder.nl](http://www.snijder.nl)).

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve rendegraveren (den gravede rende), vil være på ca. 1 – 2 meter afhængig af rendegraverens størrelse, den nødvendige nedgravningsdybde og sedimenttype. Bredden af det samlede aftryk på havbunden beregnes til at være op til ca. 30 meter inklusive sediment som flyttes med gravemaskinen.

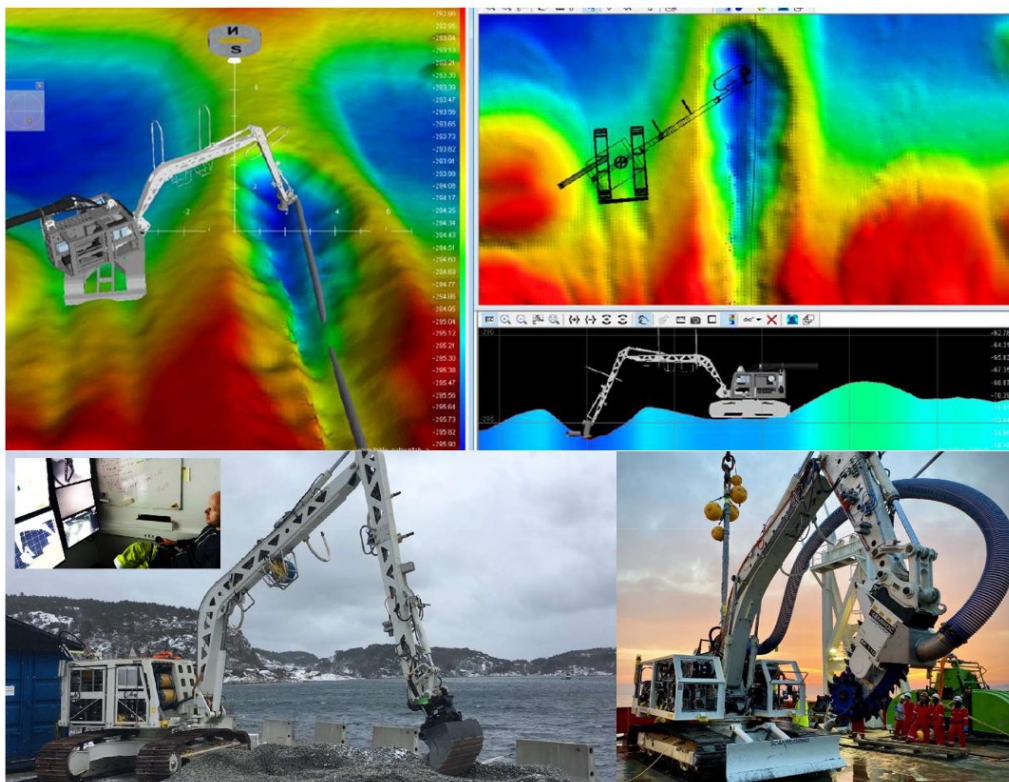
Bunden af renden vil have en bredde på ca. 1 – 2 meter, og den gennemsnitlige nedgravningsdybde antages at være ca. 1,35 meter. Hældningen af siderne af renden vil variere med materialetypen (1:1 i højstyrke ler og op til 1:6 (absolut worst-case) i bløde materialer). Den samlede bredde af forlægningsgraven forventes at være mellem 4 meter og 18 meter, afhængig af sedimenttypen, og det maksimale fodaftryk fra anlægsarbejde vil ikke overskrive arbejdsbæltets gennemsnitlige bredde på 30 meter. Det forventede sedimentspild ved anvendelse af denne metode er ca. 4 %.

#### 5.2.1.2 Fjernstyret undervandsgravemaskine

En fjernstyret undervandsgravemaskine er et ubemandet værktøj, som betjenes af en besætning ombord på et fartøj. Undervandsgravemaskinen er forbundet med et skib for at sikre kommunikation samt forsyning af elektrisk effekt, hydraulisk tryk, m.fl. Fjernstyret undervandsgravemaskine kan benyttes som alternativ til gravemaskine på jack-up pram.

De fleste fjernstyrede undervandsgravemaskiner er som minimum udstyret med et videokamera og lys, men oftest også med ekkolod, magnetometer, sonar eller skæreværktøj. Nogle kan manøvrere i vandsøjlen, mens andre kan køre på havbunden med larvefodder (Figur 5.20).





Figur 5.20. Billeder øverst: Skærbilleder fra operativsystemet under operationer. Billeder nederst: Fjernbetjent gravemaskine designet til undersøiske og tidevandsarbejder udstyret med skovl (venstre) og med kædeskærer (højre).

### 5.2.2 Styrede underboringer, Karlstrup Strand

I Køge Bugt er der, som nævnt i afsnit 5.2, identificeret en alternativ anlægsmetode bestående af en kombination af forgravede åbne render og styrede underboringer.

Hvis denne alternative anlægsmetode vælges, vil den forventede maksimale længde af de styrede underboringer for ilandføringspunktet i Køge Bugt være op til 1.000 meter, og det estimerede forbrug af borevæske samt udslip af boremudder, som knytter sig til disse underboringer, fremgår af Tabel 5.3 (Se også afsnit 4.3.26 for nærmere beskrivelse af borevæske mv)).

På grund af den ringe højdeforskel imellem niveauet for boregruben på land og udgangsgruben i havbunden, vurderes spild af boremudder højst at udgøre halvdelen af den anvendte mængde boremudder.

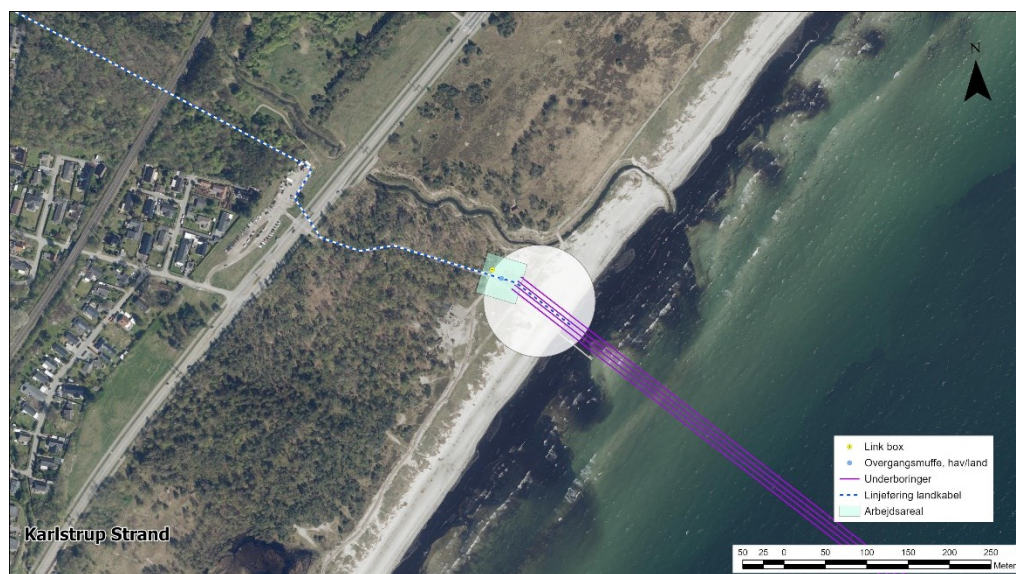
Tabel 5.3. Tabellen viser længder, forbrug af borevæske og udslip af boremudder for ilandføringspunktet i Køge Bugt.

Lokalitet	Underboringens længde (meter)	Højdeforskel (meter)	Forbrug af borevæske (m <sup>3</sup> )	Udslip af boremudder (m <sup>3</sup> )
Karlstrup Strand	op til 1.000	10	200	100

### 5.2.3 Sammenkobling – åben kabelrende ved kystlinjen

Søkabelsystemet og landkabelsystemet sammenkobles i overgangsmuffer placeret kystnært på land. I overgangsmuffen sammenkobles de to kabelsystemers kabelender.

Den foretrukne ilandføring ved Karlstrup Strand er ved etablering af kablet i en åben grav. Ilandføringspunktet kan ses på Figur 5.21. Sammenkoblingen af søkabel- og landkabelsystemet vil være den samme anlægsoperation som beskrevet i 5.1.1 bortset fra, at der ikke gennemføres styrede underboringer. De omstændigheder der adskiller sig fra sammenkobling ved styret underboring, er beskrevet herunder.



Figur 5.21. Illustration af placeringen af arbejdsarealerne inklusive udgravningsområde til TJB og styret underboring for ilandføringspunktet Karlstrup Strand i Køge Bugt.

Der placeres et antal kabelruller på arbejdsarealet før kabelinstallationsskibets ankomst til ilandføringspunktet. Kabelrullerne anvendes til at trække søkablet i land og sikrer samtidigt, at der ikke sker skader på søkablet under indtrækningsmanøvren.

Herefter vil gravemaskiner på stranden udgrave kabelrenden op til TJB'en, ved siden af det allerede udlagte kabelsystem. Når dette gravearbejde er færdigafsluttet, vil søkablet blive sænket ned i renden og sammenkoblingen mellem land- og søkabelsystemerne vil blive udført i TJB'en, hvor overgangsmuffen vil være placeret. Når sammenkoblingen er udført, vil kabelrenden blive tildækket og området derefter blive reetableret, efterfulgt af fjernelse af byggepladsen på stranden.

Efter endt etablering dækkes kablerne og mufferne med sand og opgravede jordfraktioner tilbagelægges i korrekt rækkefølge; Først råjorden, så muldjorden og sidst overfladetørven således at området fremstår så tæt på dets oprindelige karakter, som muligt. Eventuelt overskydende jordfraktioner vil blive håndteret og bortskaffet efter kommunal anvisning og efter gældende jord-/affaldsregulativer.

### 5.3 Nedlægning af søkabler i kystnær havbund (Bornholm og Karlstrup Strand)

Søkablerne ved ilandføringen på vanddybder under 10 meter vil blive lagt i havbunden ved hjælp af en kabellægningspram (shallow draft Cable Laying Barge, CLB) med lav dybdegang (se

Figur 5.22). Denne metode vil blive anvendt til nedlægning af søkablerne både ved Bornholm og Karlstrup Strand.

Kabellægningsprammen (CLB) anvendes på lavere vanddybder end 10 meter, og her positioneres prammen vha. ankre. Positionering under lægning er typisk på 4-7 ankre (placeret op til 1 km fra prammen) og kablet med et konstant spændingsarrangement. Under indtrækningen med et spil, installeret på land, bruges et femte anker (til at modvirke trækraften) placeret f.eks. 1 – 1,5 km fra prammen og på linje med trækretning. En sådan pram har typisk én karrusel og søkablerne installeres én efter én, men i samme rende frem til overgangen til underboring af ilandføring.



Figur 5.22. Kabellægningspram med ankerpositionering.

Når søkablet forlader CLB transporteres det ind over den forgravede rende ved hjælp af søkabelflydere, som holder kablet flydende i vandoverfladen. Herefter positioneres søkablet over renden ved hjælp af en række mindre motorbåde. Når søkabelflyderne fjernes, synker søkablet ned i renden (se Figur 5.23).



Figur 5.23. Søkablet flyder fra kabelskibet ind i en allerede forberedt rende vha. søkabelflydere.

#### 5.4 Tidsplan for sammenkoblingsarbejdet

Under anlægsarbejdernes udførelse vil der være behov for at afspærre området for civil færdsel, og det forventes at området omkring arbejdsarealerne, og dermed adgangen til denne del af stranden, skal være afspærret, og adgangen betydeligt reduceret i ca. 3-6 måneder. I

forbindelse hermed, vil der blive opsat skiltning med anvisning af adgang til andet tilsvarende og tilstødende område til samme rekreative anvendelse. Begrænsningerne for områdets rekreative anvendelse samt henvisning til andre tilsvarende arealer til rekreative anvendelse vil desuden blive adviseret i relevante lokale medier.

Arbejdsarealerne på land vil blive etableret ca. to til fire uger før installationen af underboringerne (hovedsageligt relevant for Bornholm ilandføringen).

Det forberedende arbejde såsom etablering af underboringerne og klargøring af ilandføringsområdet, forventes foretaget i god tid inden indtrækning af søkabelsystemet igangsættes. Dette gøres for at imødekomme evt. udfordringer med udførelsen, vejrinduer og evt. andre krav fra myndighederne. I den mellemliggende periode inden indtrækning af søkablet vil området være fuldt reetableret, og forventeligt året inden indtrækning af søkablet, vil der være adgang for lodsejer til at bruge arealerne.

Indtrækning af søkablet fra søterritoriet til land (relevant for både ilandføringen i Karlstrup Strand og på Bornholm) vil ske efter tæt planlægning med leverandøren og vil være meget vejrafhængig, da det kræver fordelagtige vind- og vejrforhold for arbejdet på søterritoriet.

Inden indtrækning af kabelenderne vil der ske opgravning af underboringsrør og etablering af TJB, hvorefter søkablet trækkes i land. Indtrækning af søkablet vil udføres så hurtigt som muligt og forventes at kunne blive udført på 1-3 dage. Såfremt kabelanlægget på land er gennemført, vil etablering af overgangsmuffen gennemføres. Når dette er udført, vil kabelrenden blive tildækket og området derefter blive reetableret.

## 6. Anlæg i havet

Projektets anlægsarbejder på havet kan inddeles i følgende faser:

- Forberedende arbejder (afsnit 6.1).
- Anlægsarbejde til havs (afsnit 6.2):
  - Nedgravningsdybder.
  - Installationsarbejde.
  - Anlægsmetoder til havs.
- Opfyldning og reetablering:
  - Tilbagefyldning.
  - Spild af sediment.

Projektets kompleksitet og den meget store variation i havbundsforholdene langs kabelkorridoren resulterer i, at projektet har behov for at kunne anvende en række alternative anlægsmetoder for en given søkabelstrækning.

### 6.1 Forberedende arbejder

Inden påbegyndelse af kabellægnings- og nedgravningsaktiviteter skal kabelkorridoren undersøges med henblik på at fastlægge en optimal linjeføring. Selvom der optimeres på valg af søkabelrute, kan det ikke undgås, at søkabelruten på visse strækninger skal ryddes for sten, objekter og genstande (affald) m.v. for at eliminere risici for skader på søkablet og nedgravningsværktøjerne under installationen. Afhængigt af lokation og metodologi, vil der typisk blive udført en kombination af korridorrydningsmetoder med anvendelse af forskellige værktøjer. Disse operationer betegnes samlet som forberedende arbejder, da de går forud for det egentligt anlægsarbejde med nedlægning af selve søkablet.

Nedenfor er de forskellige metoder beskrevet i nærmere detaljer, men det skal generelt bemærkes, at der er tale om et bredt spekter af metoder og udstyr. Dette skyldes, at havbundens sammensætning i projektets kabelkorridor er kompleks og indeholder en lang række havbundstyper, og dermed udfordringer for installationsarbejderne. Eftersom det er de samme forberedende arbejder, der foregår både kystnært som såvel længere ude til havs, vil følgende beskrivelser af arbejder være dækkende for begge faser.

#### 6.1.1 Krydsning af eksisterende infrastruktur

Før den fysiske klargøring af havbunden finder sted, vil kabelkorridoren blive undersøgt for eksisterende installationer i eller på havbunden, og som konsekvens af disse undersøgelser vil potentielle konflikter med anden infrastruktur blive identificeret. Lokaliseres eksisterende installationer i havbunden indenfor den forventede linjeføring for søkablet, vil der blive indledt en dialog med installationernes respektive ejere, med henblik på at opnå en krydsningsaftale.

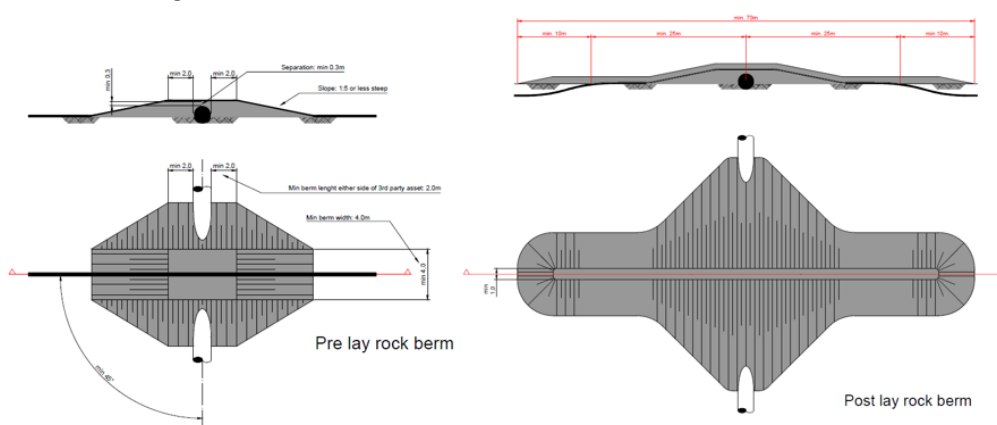
Krydsningsaftaler vil blive indgået med ejerne af eksisterende søkabler og rørledninger, der skal krydses under anlæg, hvis ejerne kan lokaliseres. Jf. Tabel 6.1 er der 11 kabler, hvor ejeren ikke er kendt, hvorved der ikke kan indgås krydsningsaftaler. Aftalen vil omfatte en juridisk ramme og definere krydsningen med hensyn til den præcise placering, krydsningsdesignet, konstruktionsmetoden og herunder de nødvendige undersøgelser samt den garanterede minimumsafstand til aktivitet under konstruktionen. Hver ejer af en installation som skal krydses, kan have

deres eget sæt krav og præferencer for krydsningsdesign og konstruktion. For søkablet mellem Bornholm og Sjælland skal der laves 15 krydsninger, se Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Oversigt over kabelkrydsninger.

Kabelnavn	Placering (KP)	Ejer	Status	Type
DK-PL 1	3,051	Ukendt	Ukendt	Telekommunikation
The Digital Highway	22,416	Global Connect	Planlagt	Telekommunikation
Unknown_03	25,953	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Falster-Rønne	29,23	Ukendt	Ukendt	Telekommunikation
C-Lion1	34,895	Cinia Group Oy	I drift	Telekommunikation
Unknown_04	38,049	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Unknown_05	38,465	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Malmö-Stralsund 1930	131,282	Telia	Ukendt	Telekommunikation
Unknown_08	151,416	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Rødvig-Rønne	152,659	TDC	I drift	Telekommunikation
Unknown_09	156,357	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Unknown_10	164,815	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Unknown_11	165,156	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Unknown_12	172,726	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Unknown_13	174,912	Ukendt	Ukendt	Ukendt

Normalt etableres en kabelkrydsning ad to omgange. Indledningsvist etableres et separationslag i form af f.eks. betonmadrasser eller granitskærver med henblik på at sikre en minimumsafstand mellem søkablet og det krydsende søkabelsystem. Formålet med dette er at sikre, at de to søkabelsystemer aldrig kommer i direkte kontakt med hinanden, og dermed ikke kan forårsage skader. Nedenfor vises et eksempel for en kabelkrydsning (Figur 6.1). Installationen af separationslaget foregår forud for udlæg af søkablet. Efter udlæg af søkablet vil et beskyttelse-lag i form af sten blive lagt ovenpå den eksisterende installation. Resultatet kan være en krydsningskonstruktion med et forventet fodaftryk på ca. 100 meter x 30 til 50 meter. Krydsning af ikke-nedgravede rørledninger vil have et større fodaftryk end krydsning af søkabler, som ofte er nedgravet.



Figur 6.1. Eksempel på et grundlæggende krydsningsdesign. Figuren til venstre viser udlæg af separationsmateriale og herefter det krydsende søkabel. Figuren til højre viser et efterfølgende udlagte beskyttelsesmateriale.

Højden af krydsningskonstruktionen vil afhænge af den faktiske nedgravningsdybde af det krydsede aktiv. Ved krydsning af eksisterende søkabler vurderes en adskillelse på ca. 1 meter typisk at være tilstrækkelig, og hvis det krydsede aktivt, er begravet dybere end 1 meter, er det ikke altid nødvendigt at etablere et separationslag før udlægning, og søkablet vil i stedet blive lagt direkte på havbunden.

Ved krydsning af søkabler, som ikke længere er i drift, udføres der ikke krydsninger. I stedet klippes de gamle søkabler og fjernes fra kabelruten og bortskaffes efterfølgende efter gældende affaldsregulativer. I udgangspunktet vil eksisterende søkabler af oliefladkabeltypen, som indeholder ca. 1 liter fri og 1 liter bundet olie pr. løbende meter, ikke blive klippet, men i stedet vil der blive udført en krydsning af sådanne søkabler. Det forventes i udgangspunktet, at de søkabler, som vil skulle klippes, alle vil være gamle fiberkabler.

Skulle der mod forventning opstå behov for at klippe olieholdige søkabler, så vil dette blive gjort ved at tage kablet ombord på anlægsskibet, hvorefter kablet vil blive klippet over spildbakke. Gravitationskræfter vil resultere i at den frie olie vil søge ned i de dybest liggende dele af søkablet. Derfor vil spild af olie ved klipning af søkabler være minimal og blive opsamlet i spildbakke og opbevaret i lukkede beholdere indtil bortskaffelse efter gældende affaldsregulativer og kommunal anvisning kan finde sted. Når søkablet er blevet klippet, afproppes enderne og forsegles dermed hermetisk inden de lægges tilbage på havbunden.

Ved krydsning af rørledninger afhænger beskyttelsens type og omfang af, hvad den konkrete rørledningsejer stiller som krav. Som minimum vil tykkelsen af separationslaget mellem en eksisterende rørledning og et krydsende søkabel være på ca. 30 cm. Beskyttelsen over søkablet vil afhænge af de fysiske forhold og andre typer af aktiviteter i området. En maksimal højde på en krydsning vurderes konservativt til maksimalt at hæve sig 3 meter over det oprindelige havbunds niveau.

Det konkrete arealmæssige fodaftryk fra krydsninger af eksisterende infrastruktur afhænger af, hvor store og hvor mange søkabler, eller rørledninger, der skal krydses. Desuden tilstræbes det, at krydsninger kan foregå vinkelret på de eksisterende installationer således at aftrykket bliver mindst muligt.

Det forventes dog, at alle de søkabler, som skal krydses i dette projekt, er nedgravede og derfor kan krydses med en minimal påvirkning og et minimalt fodaftryk.

### 6.1.2 Nærhedsaftaler (proximityaftaler)

Når nye søkabler kommer tæt på eller løber parallelt med planlagt eller eksisterende infrastruktur, men ikke skal krydse sådanne, så vil de potentielle konsekvenser ved at infrastruktur-anlæg ligger i umiddelbar nærhed af hinanden skulle vurderes, eftersom vedligeholdelses-, reparations- og nedlukningsaktiviteter potentielt kan have en påvirkning på de nærtliggende andre aktørers infrastrukturanlæg.

En sådan vurdering udføres typisk i forbindelse med, at infrastrukturejerne indgår en nærhedsaftale, og vurderingen ligger typisk til grund for de vilkår en nærhedsaftale kan indgås under. For dette projekt er der helt konkret behov for at indgå en sådan aftale med ejerne af Baltic

Pipe rørledningen (Gas Transmission System Operator GAZ-SYSTEM S.A) som dette søkabel vil blive etableret tæt op ad, langs en betydelig del af søkablets linjeføring.

En sådan nærhedsaftale er pt. under udarbejdelse. Aftalens nærmere detaljer kan der for nuværende ikke redegøres nærmere for, men det er dog allerede afklaret, at aftalen vil forholde sig til planlagte og mulige aktiviteter fra begge parter, som kan påvirke den anden (f.eks. ankring eller nedgravning). Det er almindeligt, at sådanne aftaler berammer at planlagte og mulige vedligehold eller reparationsaktiviteter ikke må have driftsmæssige og økonomiske konsekvenser for den anden part.

### 6.1.3 Surveyarbejder

Der vil blive udført forskellige surveys umiddelbart før, under og efter installationen af søkablet. Disse surveys har alle til formål at sikre at søkablet bliver installeret i henhold til de nødvendige tekniske specifikationer og sikkerhedsvurderinger.

Højest sandsynligt, vil der blive lavet et pre-lay survey forud for installationen, et post-lay burial survey efter installationen og nogle mindre surveys undervejs.

Disse surveys kan blandt andet omfatte undersøgelser med Multibeam Ekkolod (frekvensbånd 200 – 400 kHz), Side Scan Sonar (frekvensbånd 200 – 900 kHz), Sub Bottom Profiler/Imager (frekvensbånd 5 – 34 kHz) og magnetometer mv. (passivt, udsender ikke signaler). Til dette arbejde vil der også blive anvendt USBL (Ultra Short Baseline) til at georeferere positionerne for undersøgelsesudstyret. Det vil blive stillet som et krav til den valgte entreprenør at USBL'en skal anvende frekvensbånd på mellem 5 – 34 kHz.

Undersøgelserne inden installation af søkablet har særligt sigte på at kortlægge og undgå krydsning af UXO (Unexploded Ordnance) og beskrives nærmere i afsnit 6.1.4.

Desuden gennemføres der inden installationen af søkablet, og i samarbejde med Slots- og Kulturstyrelsen, detaljerede undersøgelser af mulige marinarkæologiske objekter og tilpasninger af linjeføring af søkabel eller anden afværgeforanstaltning, der sikrer beskyttelse af mulige marinarkæologiske fund. Undersøgelserne baseres på de detaljerede geofysiske opmålinger (magnetometer, side-scan sonar og multibeam) forud for anlægsarbejdet. Mulige supplerende undersøgelser for endelig fastlæggelse og beskyttelse af marinarkæologiske objekter sker i samarbejde med Slots- og Kulturstyrelsen.

### 6.1.4 UXO-identifikation og fastlæggelse af linjeføring for søkabel

I forbindelse med anlægsarbejdet skal der forud for installation af søkablet i havbunden gennemføres et UXO-survey i samarbejde med Søværnskommandoen. Søværnskommandoen, har ansvaret for en eventuel håndtering af identificeret UXO (BEK nr. 1229 af 03/10/2023). Alle-rede i forbindelse med de geofysiske forundersøgelser og anvendelsen af disse, har Energinet planlagt en kabelkorridor med mindst mulig risiko for at støde på UXO i anlægsfasen. Ved fastlæggelse af kabelkorridoren og den endelige linjeføring for søkablet, arbejder Energinet i alle projekter efter industripraksis, hvilket betyder at Energinet følger princippet om ALARP (As Low As Reasonably Practicable).

ALARP er en betegnelse, der dækker over, at en bygherre har gjort alt, hvad der praktisk og rimeligt kan lade sig gøre, for at minimere risikoen for at støde på kritiske hændelser under



anlægsarbejdet, herunder påtræfning af UXO. Principperne bag det at opnå ALARP, udarbejdes af højt specialiserede konsulentbureauer, som arbejder internationalt med netop denne problemstilling. Og særligt vedrørende UXO indgår Søværnskommandoen også som ansvarlig myndighed.

Som en del af de allerede gennemførte geofysiske forundersøgelser og baseret på eksisterende viden foreligger der allerede på nuværende tidspunkt et UXO risikostudie (ORDTEK & Energinet (2024)). UXO-risikostudiet danner grundlag for planlægningen af UXO-survey, der koordineres med Søværnskommandoen og gennemføres i samarbejde med Søværnskommandoen i anlægsfasen.

Det UXO-survey, der i samarbejde med Søværnskommandoen gennemføres inden selve installationen af kabelsystemet anvender gradiometer og sidescan sonar mv.

Identifikationen af mulige UXO sker i en iterativ proces, hvor objekter på havbunden (anomalier) vurderes nærmere ved en sortering i forskellige typer af objekter, baseret på mere detaljerede analyser af surveydata suppleret med detaljerede surveys i forbindelse med anlægsarbejdet. Linjeføringen for søkablet tilpasses om muligt, ved micro-rerouting, for at undgå potentielle UXO. Den endelige identifikation og håndtering af UXO er Søværnets ansvar jf. Lov om sikkerhed til søs, Forsvarsloven og Beredskabsloven mv. (se Del 2, afsnit 4.4.12 til 4.4.14). Hvis Søværnet identificerer konkrete UXO, resulterer dette i "Confirmed UXO-targets". Alle "Confirmed UXO-targets" fjernes af Søværnet, da de udgør en sikkerhedsrisiko.

UXO-survey planlægges i alle områder, hvor risikostudiet har vurderet, at der ikke kan opnås ALARP. Den grundige kortlægning af potentielle UXO i den planlagte kabelkorridor for søkablet tilrettes sådan, at undersøgelsesområdet kan udvides med henblik på justering af linjeføringen for søkablet, hvis der identificeres potentielle UXO. Herudover planlægges ruten også i tæt samarbejde med den kommende kabelinstallationsleverandør, med henblik på at kunne justere søkablets linjeføring udenom potentielle UXO. Det er afgørende for anlægsarbejdet, at der kan fastlægges en linjeføring, der ikke kommer indenfor en risikoafstand til kortlagte potentielle UXO (ALARP).

Hvis Søværnet i forbindelse med et UXO-survey identificerer anomalier, der med meget stor sandsynlighed er en UXO, vil Søværnet jf. overtage ansvaret for at disse potentielle UXO bliver nærmere undersøgt, f.eks. ved hjælp af visuel inspektion med enten en fjernbetjent undervandsrobot (ROV) eller dykkere fra Søværnets Dykkertjeneste (SDT). Søværnets undersøgelser vil endeligt fastslå om der er tale om en UXO (Confirmed target). Energinet og Energinets survey-operatør har jf. § 20 til Beredskabsloven pligt til at bistå Søværnets Dykkertjeneste i nødvendigt omfang under disse operationer.

Confirmed targets, er Søværnets ansvar, da sådanne potentielt kan udgøre en risiko for sejlads-sikkerheden og almenvellets generelle sikkerhed. Baseret på typen af UXO vurderer Søværnskommandoen, om UXO skal fjernes på stedet eller håndteres på anden vis, f.eks. bortslæbes eller bringes til land.

Det er endnu ikke endeligt afklaret, hvornår UXO-undersøgelserne i anlægsprojektet vil foregå. Men det er almindelig anlægsteknisk praksis, at undersøgelserne udføres i god tid inden anlægsarbejderne går i gang – typisk minimum 1 til 2 år før anlægsstart. Ved at foretage UXO-undersøgelserne i god tid, elimineres risiko for fund af UXO under installationen af søkablet næsten fuldstændigt. Skulle dette allivel ske at en UXO påtræffes under nedgravningen af

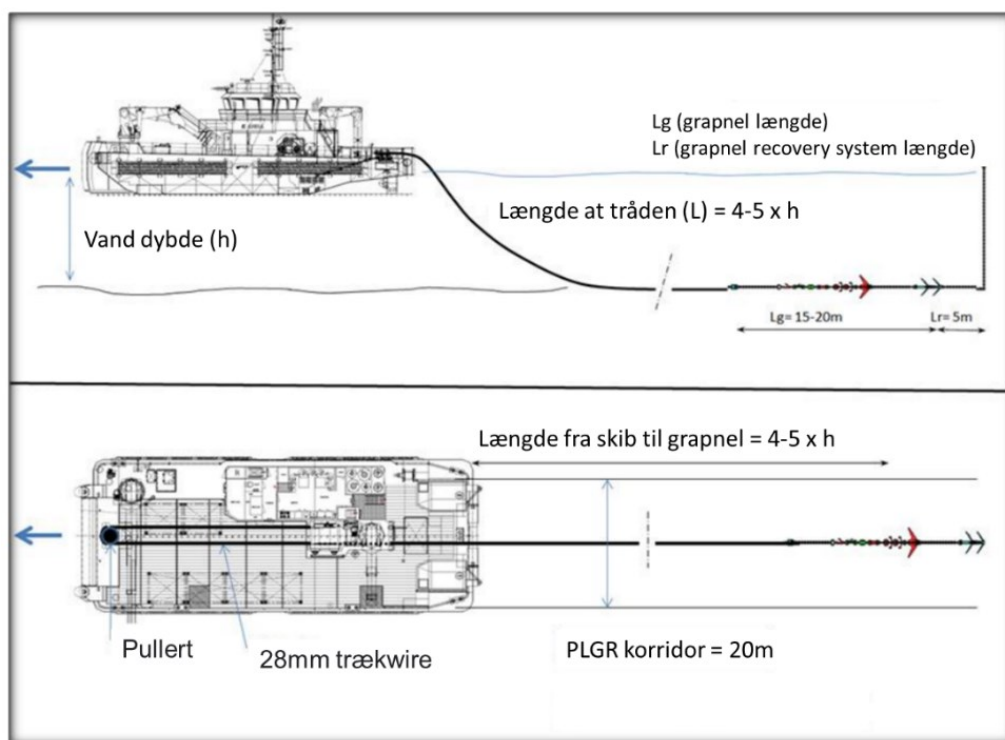
søkablet, standses anlægsarbejdet øjeblikkeligt og Søværnskommandoen tilkaldes og overtager herefter ansvaret for håndtering af UXO.

### 6.1.5 Pre-Lay Grapnel Run (PLGR)

Kabelkorridoren for søkablet går igennem et område med megen offshore-aktivitet, og der er derfor en risiko for at støde ind i forhindringer såsom ståltøve, ankre, fiskegrej og andet menneskeskabt affald, som er blevet efterladt på havbunden. Herudover er kabelkorridoren for søkablet meget heterogent med store områder med hård havbund og forventeligt større sten. Begge dele kan besværlig- eller umuliggøre installationen af søkablet, og der vil derfor blive gennemført en ruterydning umiddelbart før selve installationen påbegyndes med henblik på at rydde ruten for forhindringer.

Til dette anvendes en metode som kaldes Pre-Lay Grapnel Run (PLGR) og her fjernes affald såsom wire, reb, fiskenet og gamle søkabler, der er ude af drift, fra havbunden.

PLGR udføres ved at trække et specialdesignet krogværktøj (se Figur 6.2 og Figur 6.3) efter et fartøj langs en afgrænset del af kabelkorridoren. Helt basalt set skræbes korridoren fri for objekter, som kunne udfordre en senere kabelinstallation. Dette er en yderst effektiv og velafprøvet metode til at fjerne enhver risiko for sammenfiltring med søkabler og installationsværktøjer under det senere installationsarbejde.



Figur 6.2. Et eksempel på en Pre-Lay Grapnel Run (PLGR). Figuren viser længdemål af de forskellige relevante komponenter.



Figur 6.3. Billede af hvordan en PLGR-krog kan se ud.

Krogen der anvendes til at udføre et PLGR har en nedtrængningsdybde på mindst 0,5 meter i havbunden (afhængig af havbundsforhold), med en gennemsnitlig forstyrrelsesbredde mellem 1,5 - 2 meter pr løbende meter søkabel.

Denne metode vil typisk blive brugt i mere homogene dele af området (områder med en ensartet havbundstype), og er derfor relevant for størstedelen af kabelkorridoren, bortset fra strækninger med så hård bund, at metoden ikke er anvendelig. Dette gælder primært ved kystnært anlægsarbejde ved Bornholm. Der forventes maksimalt en ophvirvling af ca. 2 % af overfladeselementet i arbejdsbæltet fra dette værktøj.

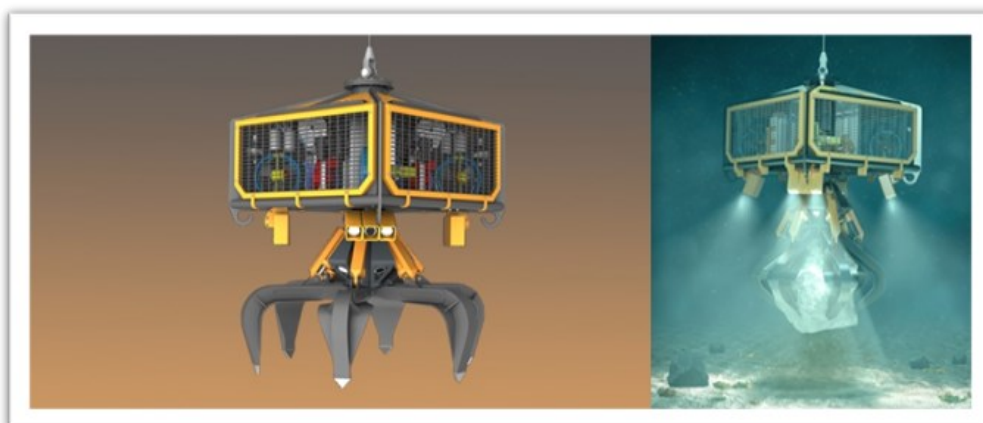
#### 6.1.6 Flytning af større sten og kampesten

Større sten og kampesten udgør en betydelig risiko for nedlægning- og nedgravningsaktiviteter. I forbindelse med projektets forundersøgelser kortlægges havbundens beskaffenhed, herunder dokumenteres forekomst og tæthed af større sten og kampesten. Områder med stor tæthed af større sten og kampesten kan tvinge søkablet til at blive lokalt omlagt for at undgå det store arbejde med at fjerne store mængder sten. Det er ikke altid muligt at omlægge en linjeføring for et søkabel, og dermed undgå områder med stor tæthed af større sten og kampesten. I sådanne tilfælde kan der blive behov for konkrete flytningsaktiviteter. Dette gøres ved hjælp af specialiseret værktøj som f.eks. en stengreb, der kan flytte stenene fri af korridoren for søkablet (Figur 6.4), eller en plov der skubber stenene ud til siderne og væk fra selve søkablets linjeføring (Figur 6.5). Disse to metoder kan bruges hver for sig eller i kombination med hinanden. Omlagte sten vil blive placeret i nærheden af søkablets linjeføring i en maksimal afstand fra linjeføringens centerlinje på ca. 30 meter. Nedenfor er de forskellige metoder til fjernelse af større sten og kampesten i korridoren for søkablet beskrevet i nærmere detaljer.

### 6.1.6.1 Fjernelse med stengreb

Et stengreb bruges typisk til at fjerne større kampesten, og er mest velegnet til flytning af meget store kampesten, da det er tidskrævende operation, som alene flytter én sten ad gangen (Figur 6.4). Metoden udføres af et støttefartøj forud for installationsarbejdet, og der er i praksis tale om et stor mekanisk stengreb, som sænkes ned over den enkelte kampesten, hvorefter kampestenen løftes ud til siden og fri af søkablets linjeføring. Det forventes at der kan flyttes op til ca. 50 sten pr. dag.

Denne metode forventes at kunne blive brugt fra KP 3 til KP 47 og fra KP 133 til KP 196.



Figur 6.4. Eksempel på et stengreb.

I områder med høj tæthed af større kampesten vil disse blive lagt i grupperinger i ca. 30 meters afstand på hver side af centerlinjen for søkablets linjeføring. Disse grupperinger af sten skal tjene som restrukturering med huledannede egenskaber med henblik på at fremme områdets biodiversitet.

Stenene vil således kun blive udlagt i områder, som naturligt har en høj tæthed af sten, og de huledannede strukturer vil derfor være en forstærkelse af de lokale områders fysiske karakterer. Der er dermed ikke tale om introduktion af strukturer i lokale økosystemer, som ikke naturligt har lignende fysiske karakterer.

### 6.1.6.2 Flytning af sten med kampestensplov

Ud over at flytte sten med stengreben enkeltvist, som beskrevet ovenfor, kan man i områder med mange mindre sten, anvende en kampestensplov (SCAR Boulder plough), som er en bugseret plov, som i praksis skubber sten og mindre kampesten ud til siderne og væk fra søkablets linjeføring (Figur 6.5) Denne metodes anvendelighed afhænger dog af fartøjets trækkræfter i forhold til størrelsen af de delvist eller helt indlejrede sten. Flytningen af kampesten udføres af et trækfartøj med høj pullert, forud for kabelinstallationsarbejdet, baseret på forudgående undersøgelse for at identificere både placering, tæthed og størrelse af kampesten.

En bugseret plov er konfigureret til kampestens frigang, og danner generelt en udvidet V-konfiguration, der spreder sig fra bagsiden af hovedchassiset. Ploven kan udover flytningen af sten også konfigureres til at udføre en konkret forgravning af søkablets linjeføring i enten en separat eller kombineret arbejdsgang.

En kampestensplov har typisk en forstyrrelsesbredde på ca. 10 meter, men for at sikre at et tilstrækkeligt stort areal er ryddet for sten, trækkes ploven typisk tre gange hen over et område, således, at den samlede maksimale forstyrrelsesbredde bliver ca. 30 meter. Ploven arbejder sig ikke ned i havbunden, men selve plovens fladetryk resulterer i en forstyrrelsesdybde på mellem 10 – 30 cm, alt afhængigt af havbundens beskaffenhed. Ploven anvendes i de lidt grovere sedimenttyper, som groft sand og grus, og da kornstørrelsens af det flyttede sediment derfor overvejende er af tungere karakter, forventes der ikke en ophvirvling af mere end maksimalt ca. 2 % af overfladesedimentet (se evt. 6.3.2) i arbejdsbæltet. Denne metode forventes at blive brugt fra KP 12 til KP 47 og fra KP 133 til KP 196.



Figur 6.5. Eksempel på en SCAR boulder plough.

### 6.1.7 Sandbølgefjernelse

Sandbølgefjernelse er en metode, der bruges til at uddybe eller udjævne havbunden, for at klargøre havbunden til den senere installation af søkablet. Der er to overordnede formål med sandbølgefjernelse:

1. At fjerne en del af det dynamiske havbundslag i tilfælde af, at den omkringliggende havbund har anden (større) vanddybde end den i kabelkorridoren pga. sandbølger. Sandbølgefjernelsen gør det derfor muligt at grave undersøiske søkabler ned i en stabil havbund og tilstrækkelig dybde og dermed undgå eksponering af søkablet under projektets levetid.
2. At udjævne havbundens hældningsvinkler for at sikre det efterfølgende nedgravningsværktøjs manøvreedygtighed. Den maksimale acceptable hældningsvinkel vil afhænge af det nedgravningsværktøj, der efterfølgende skal bruges.

I området fra KP 19 til KP 21 forventes der at være dynamisk havbundssediment med sandbølger og færre større sten og kampesten, hvorfor det derfor vil være nødvendigt at anvende sandbølgefjernelsesmetoden. Forstyrrelsesbredden fra aktiviteter forbundet med sandbølgefjernelse vil maksimalt være 25 meter. Forstyrrelsesarealet vil være 25 meter x (6 meter x højden af en sandbølge). Man kan udføre sandbølgefjernelse på forskellige måder, men det forventes, at der skal anvendes en Controlled Flow Excavator (CFE Figur 6.6) eller Trailing Suction

Hopper Dredger (TSHD, Figur 6.7). CFE er et jettingværktøj, der udnytter vandtryk og strømning til at fluidisere havbunden, så kablet kan sætte sig/synke ned i havbunden. Værktøjet bevæger sig langs kablet med en hastighed på ca. 2 meter per minut og kan udføre flere passager. De største forskelle fra de konventionelle jetgravere på larvefødde er, at den tilgængelige effekt fra CFE generelt er større og vandtrykket går lodret ned i havbunden i stedet for vandret gennem havbunden.



Figur 6.6. Et eksempel på en Controlled Flow Excavator (CFE).

TSHD er et system, som består af et eller flere sugefaldsrør, udstyret med et havbundstræk hoved (slæbehoved). Slæbehovedet slæbes hen over sandbølgerne af fartøjet, mens et pumpesystem 'suger' fluidiseret sand op i fartøjets lastrum. Ved anvendelse af en Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD) i områder, hvor der potentielt kan være dynamisk havbund og sandbølger (vurderet til alene at kunne forekomme fra KP19 til KP21), vil der være behov for at forfejle en forgravet åben rende umiddelbart inden installationen af søkablet i havbunden. Her vil renden i praksis blive støvsuget fri for det sediment, som i tiden fra anlæggelsen af renden til installation af søkablet naturligt har tilbagefyldt renden, med det sideforskudte opgravede sediment fra da renden blev etableret. TSHD, i sig selv, medfører ikke et større sedimentspild end maksimalt 5 procent og det opsamlede sediment i TSHD'eren fra forfejningsoperationer vil blive nyttiggjort som opfyld af kabelrenden. Under anvendelse af det forfejede og det af TSHD'en opsamlede sediment til opfyld, vil spildprocenten være lav og under 5 procent, da sedimentet kan tilbagefyldes i kabelrenden meget præcist via TSHD'erens sugearme (se Figur 6.7). Opfyldningsoperationen vil være den reciprokke af forfejningsoperationen.



Figur 6.7. Illustration af Trailing Suction Hopper Dredger (TSHD).

### 6.1.8 Trial installation

For at sikre at de valgte anlægsmetoder i praksis kan lade sig gøre, vil der være behov for at udføre offshore trials. Et offshore trial (dog herefter benævnt prøveinstallationer) er en afprøvning af, om et givent system eller værktøj fungerer efter hensigten på den valgte lokalitet. Dette både i forhold til at arbejde i havbunden, men også for at undersøge om metoden potentielt vil kunne skade selve søkablet i forbindelse med anlægsarbejdet. På denne måde er det muligt at identificere, mitigere og/eller optimere en given anlægsprocedure i tilstrækkelig tid inden den egentlige påbegyndelse af anlægsfasen. Prøveinstallationer vil blive udført indenfor kabelkorridoren i perioden den 2-årige anlægsperiode.

For dette projekt forventes det, at der skal udføres to forskellige slags prøveinstallationer:

#### 6.1.8.1 Test af kabel nedgravningsværktøj

For at bekræfte om nedgravningsværktøjerne er brugbare til det valgte søkabelsystem, så udfører man prøveinstallationer, hvor man afprøver forskellige kabelnedgravningsværktøjer. Denne afprøvning foregår på en ca. 2 km lang strækning indenfor kabelkorridoren i områder, hvor der forventes medium til hård havbund. Afprøvningsarbejdet forventes at tage mindre end en uge. Denne prøveinstallation kan indeholde op til flere af nedgravningsmetoderne; Pre-Lay Trenching (Forgravning, se afsnit 6.2.1.1), Simultaneous Lay and Burial (SLB, se afsnit 6.2.2), Post-Lay Burial (PLB, se afsnit 6.2.3) og/eller opfyldning og reetablering (se afsnit 6.3).

#### 6.1.8.2 Offshore kabellægningsprøveinstallation

Et søkabelsystem bestående af 4 kabler, er en ny installationskonfiguration, med enten ingen eller begrænset anlægserfaringer. Ved at gennemføre en prøveinstallation, kan det be- eller afkræftes om de beskrevne installationsmetoder er brugbare til den valgte konfiguration af søkabelsystemet. Installationen vil foregå på en 2 km lang strækning indenfor forundersøgelseskorridoren og vil blive udført på mindre end én uge.

Forud for prøveinstallationen af søkablet ryddes forhindringer i udlægningsruten og en komplet ryddet rute bekræftes via multibeam ekkolod. Selve prøveinstallationen af søkablet foregår ved at søkablet føres fra kabelinstallations-skibet ned til havbundens overflade, hvorfra udlægningen af søkablet kan påbegyndes i kombination med touchdown-overvågning via f.eks. ROV-monterede ekkolodsystemer og/eller fartøjsskrogmonterede systemer. Efterhånden som installations-skibet bevæger sig fremad, monitoreres/kontrolleres søkablets nedlægning. Når prøveinstallationen af søkablet er gennemført, udføres der et survey for at verificere kablets position, hvorefter søkablet efterfølgende vil blive fjernet fra havbunden.

### 6.2 Anlægsarbejder

Anlægsarbejder til havs skal i denne kontekst forstås som installation eller nedlægning af søkabler i havbunden på havdybder på mere end 10 meter. Anlægsarbejderne til havs består fortrinsvist af udlægning og –nedgravning af søkablet. Sidstnævnte udføres primært for at beskytte søkablet mest muligt og samtidigt give søkablet stabilitet. Nedgravning kan udføres, enten før, samtidigt med eller efter installationen af søkablet.

Der findes 3 overordnede anlægsmetoder for installering af søkabler i havbunden:

1. Pre-Trenching og Cable Lay in Trench (PT/CLT).
2. Simultaneous Lay and Burial (SLB).
3. Post-Lay and Burial (PLB).

Disse tre anlægsmetoder kan inddeles som det fremgår af nedenstående punktopstilling, og til hver af disse tre anlægsmetoder knytter sig en række anlægsmaskiner. Den optimale metode afgøres af de præmisser som gravningen vil foregå under, og her spiller særligt havbundens fysiske sammensætning, den anvendte type af søkabel og kravene til sikring (nedgravningsdybde) en væsentlig rolle.

Da kabelkorridorens havbund er meget heterogen, og havbundens beskaffenhed derfor er meget varierende vil der være behov for forskellige anlægsmetoder for de respektive havbundstyper. Den mest egnede af de beskrevne anlægsmetoder og typer af anlægsmaskiner vil blive besluttet som en del af færdiggørelsen af det detaljerede tekniske design af kabelinstallationsaktiviteterne, og kendes derfor ikke på nuværende tidspunkt.

I det efterfølgende beskrives de tre anlægsmetoder (PT/CLT, SLB og PLB) og de underliggende arbejdsgange, som forventes anvendt langs kabelkorridoren, med henvisning til havbundstype og KP-nummer (Figur 6.16).

### **Pre-Trenching and Cable Lay in Trench (PT/CLT)**

Nedgravning i rende:

- Forgravning af rende.
  - Gravemaskine.
  - Fjernstyret undervandsgravemaskine.

Pløjning af rende:

- Pløjning af rende med marin plov.

### **Simultaneous Lay and Burial (SLB)**

Pløjning af rende:

- Pløjning af rende med marin plov.

Spuling af rende:

- Nedspuling (jetting).

Skæring af rende:

- Kædegraver og kædeskærer.
- Hjulgraver og hjulskærer.

### **Post-Lay and Burial (PLB)**

Spuling af rende:

- Nedspuling (jetting).
- Controlled Flow Excavator (CFE).

Skæring af rende:

- Kædegraver og kædeskærer.
- Hjulgraver og hjulskærer.

### **Opgravning af søkabel**

- Controlled Flow Excavator (CFE).



Ved PT/CLT-metoden udføres udgravning af kabelrenden *før* nedlægning af søkablerne. Denne metode kan anvendes langs hele kabelkorridoren, men det er her en forudsætning, at havbunden har den korrekte beskaffenhed således, at renden ikke kollapser eller sedimenterer til, inden søkablet er blevet lagt i renden. Ved nedlægning af søkabler i havbunden med PT/CLT-metoden kan arbejdsgangene inddeles i 3 arbejdsgange; 1. gravning/spuling eller pløjning af kabelrenden, 2. nedlægning af søkabler i den allerede etablerede rende og 3. tildækning af renderenten med mekanisk opfyldning (back fill) eller naturlig opfyldning.

Ved SLB-metoden kan arbejdsgangene inddeles i to, da det kystnære arbejde ikke kan udføres under denne metode. Derfor vil man kystnært skulle udføre forberedende arbejder (forgravning, PT/CLT-metoden) og til havs anvende SLB-metoden, hvor gravning af rende og nedlægning af søkabel samt tildækning *foregår i én samlet arbejdsgang*.

Ved PLB-metoden udføres udgravning af kabelrenden *efter* søkablerne er lagt på havbunden.

I det efterfølgende beskrives de tre anlægsmetoder (PT/CLT, SLB og PLB) og de underliggende arbejdsgange, som forventes anvendt langs kabelkorridoren, med henvisning til havbundstype og KP-nummer (se Figur 6.16):

### 6.2.1 Pre-Trenching and Cable Lay in Trench, (PT/CLT)

Pre-Trenching and Cable Lay in Trench er en udbredt anlægsmetode, og metoden går i al sin enkelthed ud på, at havbunden forberedes til installering af søkablet ved at udføre arbejdet med etableringen af kabelrenden inden kabelskibet nedlægger søkablet. Det betyder at denne arbejdsmetode består af 3 operationer. 1. forgravning (Pre Trenching, PT) og 2. nedlægning af søkablet i allerede etableret rende (Cable Lay in Trench, CLT) efterfulgt af 3. tildækning af kabelrenden. I det efterfølgende beskrives de anlægstekniske arbejder, der anvendes i forbindelse med denne metode.

#### 6.2.1.1 Forgravning af render (Pre Trenching, PT)

Forgravning af render er en almindelig anvendt anlægsmetode og involverer forudgående rendegravning langs den valgte kabelkorridor. Det udgravede materiale deponeres midlertidigt på havbunden parallelt med den gravede rende i en praktisk minimumsafstand på typisk ca. 5 meter fra den nærmeste udgravningsvæg. Efter nedlægning af søkablet, anvendes det opgravede materiale til at genfylde søkabelrenden.

Søkablet vil, hvor muligt, blive nedgravet i havbunden. Enkelte steder, for eksempel kystnært ved Bornholm, vil dette ikke være muligt og alternative metoder til nedgravning vil blive benyttet. De hårde havbundstyper, som eksisterer ved Bornholm, kan resultere i et behov for at bruge grubber til at lave en rende i f.eks. sandstensaflejringer for at beskytte søkablet tilstrækkeligt (se Figur 6.8). En grubber ligner en krog/tand, og er oftest monteret på en gravemaskine og anvendes til at bryde hård havbund op i mindre stykker, som derefter kan graves væk ved hjælp af en gravemaskine.



Figur 6.8. Eksempel på en gravemaskine på pram monteret med grubber.

Udstyr, der er egnet til forgravning af render, omfatter:

- Gravemaskine på pram/ponton eller en forhøjet gravemaskine (på meget lavt vand).
- Fjernstyret undervandsgravemaskine.
- En kombination af ovenstående.

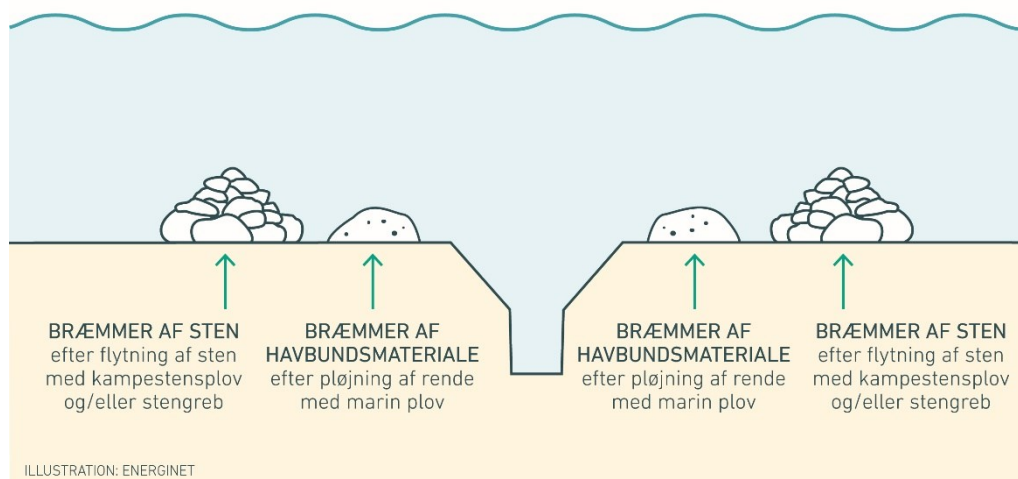
Denne anlægsmetode er den primære anlægsmetode fra KP 0 til KP 12 og fra KP 180 til KP 200. Da forgravning af rende typisk foregår på vanddybder på mindre end 10 meter og derfor er knyttet til de kystnære anlægsarbejder, beskrives denne metode nærmere i afsnit 5.2.1

#### 6.2.1.2 Pløjning af rende med marin plov

Nedpløjning af søkablet er en hurtig og effektiv metode med minimal havbundspåvirkning, men ploven kan kun arbejde i blødere havbundssedimenttyper. Ved hårde havbundstyper, som f.eks. grundfjeld eller ved talrige forekomster af søkabel- eller rørledningskrydsninger er metoden ikke anvendelig.

En typisk moderne marin plov er, som navnet angiver, en plov, der bugseres bag et nedlægningsfartøj. Ploven har et justerbart skær, der kan sænkes ned i havbunden til den nødvendige nedgravningsdybde. Visse plovtyper er udstyret med vandstråler (jetter/spuledyser) på skæret for at sænke de trækkræfter, der kan forekomme under visse havbundsforhold.

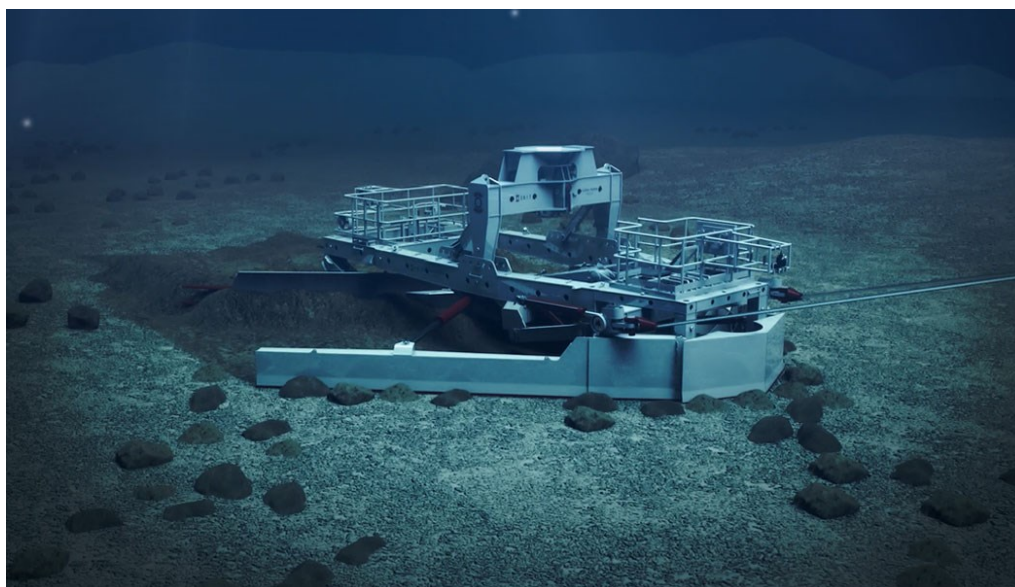
Ploven, som bruges til at fjerne/flytte større sten og kampesten fra kabelrenden (se afsnit 6.1.6), kan også bruges til forgravning. Forgravningsploven kan styres og trækkes over ruten for at skabe en rende og rydde ruten på samme tid (Figur 6.10). Hvis den samme plov anvendes til begge typer aktioner, vil det pløjede materiale blive skubbet til de ydre ender af det op til 30 meter brede 'clearingsspor'. Den samlede bredde for de to aktioner vurderes at kunne ske indenfor arbejdsbæltet på op til ca. 30 meters bredde. Figur 6.9 viser principperne for de operationer, der skal ske indenfor arbejdsbæltet.



Figur 6.9. Illustration af en pløjet rende og bræmmer af sten skubbet ud til arbejdsbæltets kanter.

Ses der bort fra den indledende clearing, så vil der ved selve forgravningen være en gennemsnitlig forstyrrelsesdybde på maksimalt 2 meter, og en maksimal forstyrrelsesbredde (plovfure) på 2,5 meter. Dermed er det permanente forstyrrelsesareal på 2,5 m<sup>3</sup> pr. meter søkabel. Det forventes at der bruges forgravningsplov, som primær anlægsmetode fra KP 12 til KP 47 og fra KP 133 til KP 180.

Der forventes maksimalt en ophvirvling af ca. 2 % af overfladesedimentet (se evt. 6.3.2) i arbejdsbæltet fra dette værktøj.



Figur 6.10. Pre-lay plough PLP240: Kombinationsværktøj til forgravning og kampestensrydning.

### 6.2.1.3 Kabelinstallation Cable Lay in Trench (CLT)

Søkablet vil forventeligt blive installeret i etaper. Antallet af etaper afhænger af, hvilke kabel-længder kabelleverandøren kan levere søkablet i. Når én etape er udlagt og nedgravet, vil enden af søkabelsystemet blive beskyttet og lagt på havbunden indtil næste søkabelstykke kan

transporteres til området. I et sådant installationsforløb sker installationen af søkablet "in-line" og altså fortløbende i en given retning. Installationen af søkablet kan også ske tidsmæssigt parallelt på forskellige sektioner af søkabelruten hvor der f.eks. anvendes forskellige installationsmetoder og dermed forskellige fartøjer og redskaber. I sådanne tilfælde vil et opstå et behov for at samle enderne af søkablerne på et senere tidspunkt i en såkaldt omega-muffe (se 6.2.1.4).

Et stort nedlægningsfartøj (Cable Laying Vessel, CLV) anvendes på vanddybder større end 10 meter, og disse store fartøjer positioneres præcist over renden ved hjælp af metoden Dynamisk Positionering (DP). DP er et avanceret system som automatisk kan fastholde et fartøjs præcise position og kurs ved at bruge skibets egne propeller og thrustere.



Figur 6.11. Eksempel på et moderne kabellægningsfartøj.

Positionsreferencesensorer kombineret med vindsensorer, bevægelsessensorer og gyrokompasser leverer konstant informationer til systemet om fartøjets position og retningen samt informationer om udefrakommende påvirkningskræfter som vind, strøm og andre fysiske forhold som kan påvirke fartøjets position.

Dette avancerede system muliggør operationer til søs, hvor fortøjning eller forankring ikke er en mulighed - typisk pga. dybt vand, trængsel på havbunden (installationer i havbunden) eller andet. DP kan enten være absolut ved at positionen er låst fast til et specifikt GPS-punkt, eller i forhold til et bevægeligt objekt som f.eks. et andet skib eller undervandsfartøj. DP kan også

bruges til at konstant placere et fartøj i en gunstig position i forhold til vind, bølger og strømforhold.

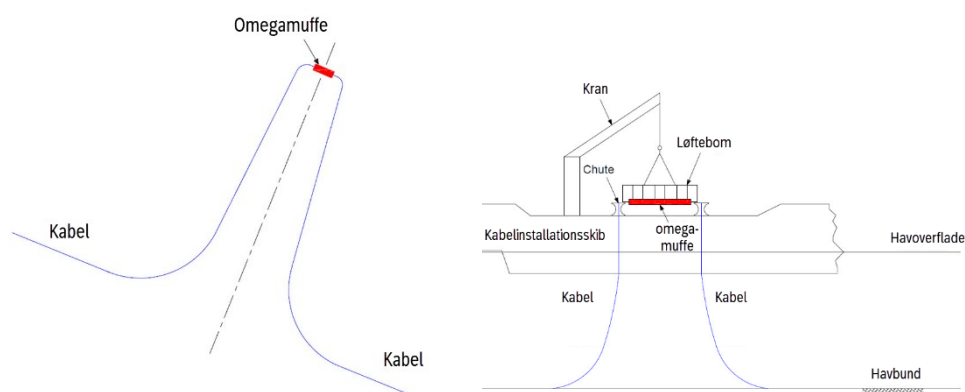
Før nedlægning af søkablet i en forgravet rende kan påbegyndes, skal renden undersøges nærmere for at sikre at renden er korrekt etableret og at der ikke er forhindringer, som f.eks. større sten som begrænser korrekt nedlægning. Dette gøres ved et survey, hvor renden undersøges med multibeam-ekkolod. Identificeres der forhindringer i renden, skal disse mekanisk fjernes inden selve søkablet kan nedlægges. Når eventuelle forhindringer i den forgravede rende er fjernet kan nedlægningsproceduren for installation af søkablet i havbunden påbegyndes. Når fartøjet er præcist placeret over renden eller den valgte placering for linjeføringen, justeres nedlægningsfartøjets position således at placeringen tager højde for afdrift, så det sikres at fartøjet ligger præcist i den vinkel i forhold til graven, som man forventer søkablet vil føres til havbunden i. Hele processen med at nedføre søkablet monitoreres konstant (touch down monitoring, videoovervågning i realtid) eller ved hjælp af ROV monterede ekkolodssystemer eller fartøjsskrogsmonterede systemer samtidigt med nedlægningsfartøjets placering konstant tilpasses i forhold til søkabelendens placering i vandsøjlen og kabelgravens placering.

#### 6.2.1.4 Omega- og inline muffe

Når installationen af søkablet sker in-line vil kabelskibet der ankommer med næste søkabelsektion typisk hive søkabelenden fra det allerede udlagte søkabel op på dækket og sætte de to kabelstykker sammen med en inline-muffe, hvorefter søkablet inklusiv inline-muffen, vil blive udlagt i renden i havbunden.

Hvor det ikke er muligt at installere kablet in-line f.eks. pga. anvendelse af forskellige installationsmetoder (se afsnit 6.2.1.3) vil kablet blive samlet i en omega-muffe. Denne omega-samling vil have en ekstra søkabel længde svarende til to gange vanddybden plus et længdetil-læg for forsvarlig håndtering af søkabelenderne, hvilket resulterer i en omega-samlingsmuffe.

Navnet 'Omega' refererer til en muffe, der vil blive udlagt på havbunden i et loop der ligner omegasymbolet 'Ω' (se Figur 6.12). Omega loop/muffe kan udover at være relevant at anvende i anlægsfasen også blive anvendt i forbindelse med en potentiel reparation af søkablet i driftsfasen. Den helt konkrete sammenkobling af søkablerne ombord på kabellægningskibet vil være den samme for både inline-muffer såvel som omega-muffer.



Figur 6.12. Navnet 'Omega' refererer til en muffe, der vil blive udlagt på havbunden i et loop (to øverste figurer), som ligner symbolet Omega ( $\Omega$ ) fra det græske alfabet. Det nederste billede viser en omegamuffe lige inden den udlægges på havbunden.

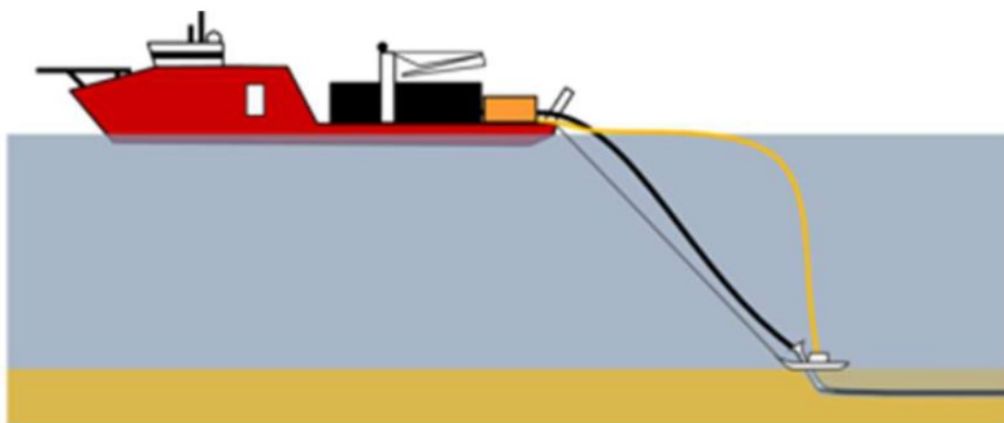
## 6.2.2 Simultaneous Lay and Burial (SLB)

Ved denne anlægsmetode udføres alle arbejdsgangene; gravning af rende, udlægning af søkabel i rende, og dækning af den gravede rende i én og samme arbejdsgang.

Denne metode er anvendelig i blødere typer sedimenter og forventes ikke at blive anvendt som den primære anlægsmetode langs kabelkorridoren, men det forventes at denne anlægsmetode vil blive anvendt som et alternativ til PT/CLT-metoden langs store dele af kabelkorridoren (KP 12 til KP 46 og KP 133 til KP 196).

### 6.2.2.1 Pløjning af rende med marin plov

Ved SLB-metoden føres kablerne gennem jettingploven og frigøres ved bunden af skæret i den nødvendige dybde. Ved denne anlægsmetode tilsigtes det at kabelrenden kolliderer efter ploven har passeret og dermed tildækkes søkablet med det samme (Figur 6.13).



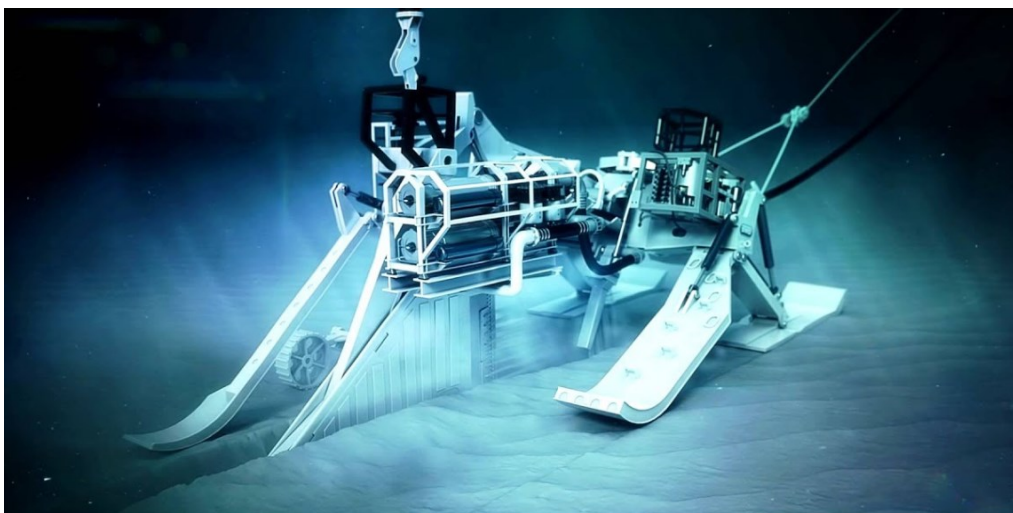
Figur 6.13. Eksempel på hvordan pløjning med en marin plov og nedlægning af søkabel via Simultaneous Lay and Burial (SLB) kan se ud.

Proceduren kan nemmest beskrives i punktform:

1. Ved påbegyndelse af SLB føres søkablet fra fartøjets kabeldrejeskive ned til ploven og gennem ploven, hvorefter ploven graderes ind i havbunden til den ønskede nedgravningsdybde.
2. Når ploven har nået den ønskede nedgravningsdybde, starter SLB-operation. Plovens retning styres af kabelinstallationsskibets bevægelser.
3. Afhængigt af fartøjets Bollard Pull (trækkraftsegenskaber) kan et trækanker eller en slæbebåd hjælpe installationsskibet med at øge Bollard Pull.
4. Medens fartøjet sejler fremad langs søkablet linjeføring, nedlægges søkablet ved hjælp af ploven ned i havbunden, medens havbunden samtidigt lukker sig over det nedlagte søkabel.
5. Ved afslutning af SLB udføres en undersøgelse af, om den ønskede nedgravningsdybde er opnået. Dette gøres ved hjælp af et Multibeam ekkolod (MBES), Side-Scan Sonar (SSS), Teledyne Survey System (TSS) eller PanGeo Sub-Bottom Imager (SBI) for at måle og bekræfte, at den ønskede nedgravningsdybde er opnået.

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve pløjeoperationen, er afhængig af søkablets størrelse og det anvendte udstyr (Figur 6.14). Ved et worst-case scenario med en nedgravningsdybde på 2 meter vil den midlertidige forstyrrelsesbredde (pr. meter søkabel) for nedgravningen være ca. 13 meter.

Tempoet i pløjeoperationen afhænger af havbunden beskaffenhed og det anvendte udstyr. Anlægsmetoden har ingen permanent forstyrrelse og et forventet sedimentspild på maksimalt 4 %. Det skal nævnes at Søkablets linjeføring typisk vil være gennemarbejdet inden nedlægningen ved hjælp af PLGR-metoden, hvorfor et areal med en bredde på op til 30 meter allerede er blevet forstyrret.



Figur 6.14. Eksempel på en plov med monteret jetter (spuledyser) for at nedbringe de nødvendige træk-kræfter for nedgravningen (Primo Marine, 2022).

### 6.2.3 Post-Lay and Burial (PLB)

Ved PLB-metoden nedgraves søkablerne efter de er udlagt på havbunden, og dette kan i praksis gøre ved nedspuling af søkablet i lettere sedimenttyper eller ved nedgravning ved skæring af rende. En nærmere beskrivelse af disse metoder kan ses nedenfor.

Denne metode forventes at blive anvendt som den primære anlægsmetode mellem KP47 til KP48 ved hjælp af nedspulingsmetoden. Herudover vurderes metoden at være en alternativ anlægsmetode mellem KP 12 til KP 46 og igen fra KP 133 til KP 196. Langs de dele af korridoren, hvor denne metode er vurderet som en alternativ anlægsmetode, er der tale om skæring af render.

#### 6.2.3.1 Sikkerhedszoner

Selve anlægsarbejdets fartøjer er i forbindelse med installation af søkablet omfattet af sikkerhedszoner, for at minimere gener fra eksisterende trafik, og øge sikkerheden omkring anlægsarbejdet, da anlægsfartøjer oftest er har begrænsede manøvreegenskaber. Sikkerhedszonerne vil de facto fungere som restriktioner for den almindelige skibstrafiks ellers frie adgang til området.

De faktiske sikkerhedszoner afstemmes med Søfartsstyrelsen på baggrund af Søsikkerhedsloven (BEK nr. 1229 af 03/10/2023). Entreprenøren ansøger myndigheden om oprettelse af sikkerhedszoner omkring hvert anlægsfartøj, og på baggrund af en dialog mellem parterne fastsættes størrelsen på sikkerhedszonerne, som typisk for denne type anlægsaktiviteter vil have en radius på ca. 500 meter. Ud over selve sikkerhedszonerne vil der også være tilknyttet afviserfartøjer, hvis primære opgave er at kommunikere med den almindelige skibstrafik i området, gøre opmærksom på sikkerhedszonens tilstedeværelse og evt. afvise sejlads i den umiddelbare nærhed af, eller ind i de etableredes sikkerhedszoner. Imens anlægsarbejdet gradvist flytter sig, vil sikkerhedszonerne følge fartøjerne.

De oprettede sikkerhedszoner indmeldes til Søfartsstyrelsens Efterretninger for Søfarende, hvormed almindelig skibstrafik i området bliver bekendt med sikkerhedszonernes tilstedeværelse.



Sikkerhedszonerne ophører så snart anlægsfartøjet har færdiggjort sin opgave. Entreprenøren indmelder ophøret til Efterretninger for Søfarende, som derefter adviserer områdets almindelige skibstrafik om fjernelsen af restriktionerne.

### 6.2.3.2 Søkabelnedgravning ved nedspuling

Nedspuling, er en metode, hvor en anordning (normalt et fjernbetjent fartøj (ROV)) udstyret med vanddyser, spuler vand ned under et allerede udlagt søkabel og dermed gør sedimentet under kablet flydende. Dette lader søkablet synke ned i havbunden til den ønskede dybde, hvorefter sedimentet igen vil lægge sig og tildække søkablet. Nedspuling forventes anvendt som primær anlægsmetode fra KP 47 til KP 48.

Nedspuling kan typisk anvendes i granuleret jord som silt, sand eller tørv. Det er en effektiv metode, i havbundsområder, hvor der findes et tykt lag af bløde sedimenter (silt) og/eller sand i havbunden. Der findes forskellige typer og størrelser af nedspulingsudstyr (Figur 6.15). Små vandstrålemaskiner har normalt overfladevandpumper og har brug for assistance fra dykkere, og de bruges typisk på lavt vand. Større nedspulingsmaskiner med indbyggede vandpumper er ofte fjernstyrede og i stand til at operere på dybt vand.

Bredden af havbunden, der påvirkes af selve nedspulingen, kan være på op til omkring 13 meter afhængig af kabelsystemets størrelse og det anvendte udstyr. Ved et worst-case scenarie på 1,5 meters nedgravningsdybde, vil den midlertidig forstyrrelsesbredde (pr. meter kabel) være 6,5 meter med et estimeret sedimentspild på 4 %.



Figur 6.15. Eksempel på en moderne jetgraver T1200 (Primo Marine, 2022).

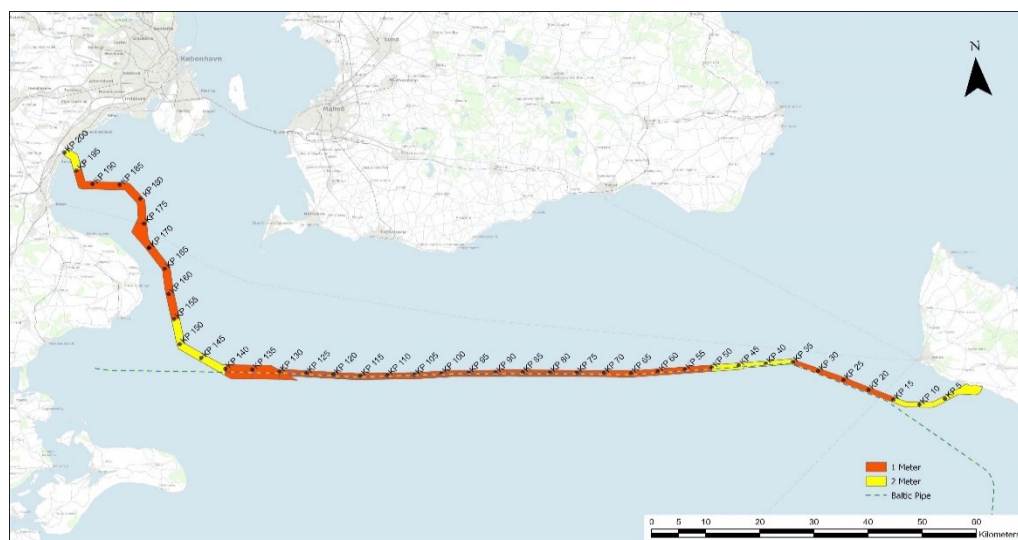
### 6.2.3.3 Klippeskæring (rock cutting) med kædegraver eller skærehjul

Nedgravning efter udlægning af søkablet på den bare havbund ved hjælp af skæring af rende, er en metode, hvor der mekanisk skæres en rende, som søkablet efterfølgende kan ligge i. Metoden er mest anvendelig i hårdere havbundstyper efter nedlægningsoperationer. Mekaniske skærere (mechanical cutters) er undervandsmaskiner på larvefodder der bruger enten hjul- eller kædeskærere til fysisk at skære sig igennem havbunden og/eller sten for at danne en rende. Selve kæden og hjulet på gravemaskinen varierer i design, men er stort set altid lavet af hærde metaller som wolfram. De fleste mekaniske skærere kan opnå nedgravningsdybder ned til 2 meter. Ved et worst-case scenario på 1,5 meter nedgravningsdybde vil den midlertidig forstyrrelsesbredde (pr. meter kabel) være 14 meter. Klippeskæring forventes anvendt som primær anlægsmetode i sektionerne i KP-intervallerne fra KP 12 til KP 46 og fra KP 133 til KP 196. Estimeret sedimentspild er ca. 2 %.

### 6.2.4 Nedgravningsdybde

Det er almindelig anvendt anlægsmæssig praksis, at Energinet sikrer sine installationer i havbunden bedst muligt. Dette gøres efter internationale standarder og efter en konkret vurdering af behovet for beskyttelse. Den primære beskyttelsesmetode er nedgravning i havbunden til minimum 1 meter under havbundsniveau, men det tilstræbes at nedgrave søkablerne omkring 1,5 meter under havbundens overflade de steder, hvor dette er anlægsteknisk muligt.

I visse områder langs kabelkorridoren (vurderet til at være en samlet distance på højst 20 kilometer) kan det være nødvendigt at øge nedgravningsdybden til omkring 2 meter under havbundsniveau. Sådanne områder vil overvejende være områder med høje aktivitetsniveauer for skibstrafik, f.eks. områderne for, og i nærheden af de tildelte TSS'er. I særlige situationer, hvor det ikke er muligt at nedgrave søkablet til tilstrækkelig dybde, anvendes alternative beskyttelse af søkablet såsom betonmadrasser og udlægning af sten (se Kabelfæstning og -beskyttelse, afsnit 6.3.3). Den konkrete beskyttelse fastlægges ud fra en konkret risikovurdering, hvor de aktuelle forhold i området tages i betragtning. Nedenstående Figur 6.16 viser en oversigt over hele projektets kabelkorridor inddelt i farvekoder efter forventet nedgravningsdybde.



Figur 6.16. Oversigt over kabelkorridor i dansk og svensk farvand, med KP-numre og farveindikationer som illustrerer de umiddelbare nedgravningsdybder langs korridoren. NB. Strækningen fra KP49 til KP132 foregår i svensk farvand og er ikke del af dette projekt.

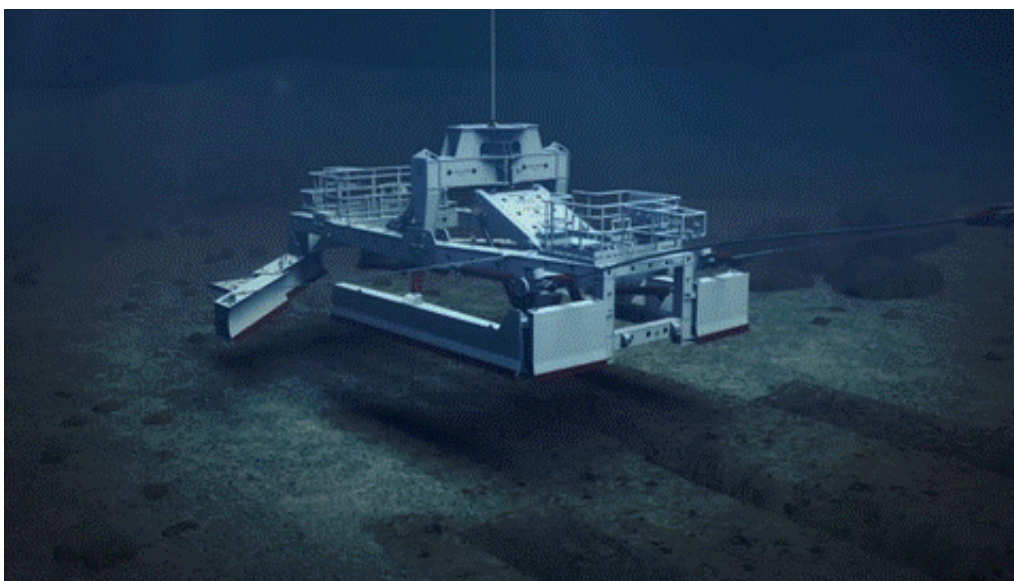
### 6.3 Opfyldning og reetablering

Ved forgravning af rende (PT/CLT) og ved nedgravning af søkablerne efter udlægning på havbunden (PLB) vil der efterfølgende være behov for opfyldning omkring søkablerne i renden. Dette kan enten ske naturligt i områder med dynamisk havbund eller ved mekanisk opfyldning af selve renden. Dynamisk havbund er en betegnelse for områder med lettere havbundssedimenter som jævnligt er udsat for omflytning bl.a. pga. kraftige bølge- og strømforhold.

I kabelkorridoren mellem Bornholm og Sjælland forventes der ingen forekomst af dynamisk havbund, og derfor vil der praktisk talt ikke være naturligt tilbagefyldning.

Mekanisk opfyldning sker ved hjælp af stenskærver, det opgravede sediment eller en tilsvarende sedimenttype som den oprindelige. Til denne type opfyldning anvendes metoden Backfilling with plough (Figur 6.17). Metoden er i praksis en omvendt plov der i stedet for at sprede sedimentet ud til siderne af plovs-kærene, samler sediment omkring center af ploven og dermed fylder renden op.

Hvis det omkringværende sediment ikke giver tilstrækkelig opfyldning i kabelrenden, vil det blive nødvendigt at benytte sig af stenbeskyttelse.



Figur 6.17. Backfilling with plough – PLP240.

#### 6.3.1 Lokal ophvirvling af sediment

I forbindelse en række anlægsmetoder vil der ske en mindre ophvirvling af sediment i umiddelbar nærhed af selve aktiviteten. Ophvirvlingen af sediment adskiller sig fra spild eller tab af sediment ved, at der ved ophvirvling er tale om meget begrænsede lokale suspensioner af overfladesediment, som ikke vil blive blandet med de frie vandmasser og derfor sedimenterer i det samme lokale område som det de blev suspenderet i. For hver anlægsmetode er der redegjort for hvor stor en andel af det sediment der lokal påvirkes som mobiliseres ved ophvirvling.

### 6.3.2 Spild af sediment ved nedgravning

Ved større anlægsoperationer som opgravning eller spuling af kabelrende med en dybde på omkring 2 meter vil der ske en vist tab af sediment til omgivelserne som defineres som sedimentspild. Det sediment der spildes, vil være i kortere eller længerevarende resuspension og vil spredes afhængigt af de lokale strømforhold.

Afhængig af den anvendte nedgravnings- eller spuleteknik vil en procentdel af sedimentet gå tabt i vandsøjlen og spredes med strømforholdene. Denne proces varierer betydeligt mellem de anvendte typer af værktøj, lokal vanddybde og strøm samt de tilstedeværende typer af sediment. Under gennemgangen af de enkelte anlægsværktøjer er der konkret redegjort for, hvor stor en andel af sedimentet, der spildes til omgivelserne. Fælles for alle anlægsværktøjerne er dog, at anlægsarbejderne maksimalt resulterer i 5 procent spild af sediment.

### 6.3.3 Kabelfæstning og -beskyttelse

Visse områder og typer af havbund kan besværliggøre muligheden for at grave eller skære render i havbunden således at sikringsdybden på minimum 1 meter under havbunds niveau ikke kan opnås, hvilket typisk er tilfældet i områder med blotlagt grundfjeld eller meget store flader med store kampesten. Her vil der være behov for at etablere yderligere sikring og forankring af søkablet. Dette gøres ved 'clamping' af søkablet, hvilket vil sige at søkablet fasthæftes til underlaget ved hjælp af kremper og efterfølgende sikres med større stensætninger eller betonmadrasser. I det efterfølgende beskrives disse anlægsmetoder i nærmere detaljer.

#### 6.3.3.1 Stenbeskyttelse (udlæg af stenlag på havbunden over kablet)

Hvor søkablet ikke kan nedgraves i den nødvendige dybde, kan det blive nødvendigt at udlægge sten, typisk granitskærver, omkring søkablet (stenbeskyttelse). Vanddybde, bølgevirkning, havstrøm, havbundsforhold mv. er med til at definere behovet for stenbeskyttelse, både hvor søkablet kan nedlægges i havbunden og hvor dette, grundet hård undergrund, ikke er muligt.

Stenbeskyttelse er en form for beskyttelse, hvor der nøjagtigt placeres sten omkring og langs søkablet. Denne metode giver beskyttelse mod eksterne trusler (indtrængning af fiskeredskaber, ankerinteraktion og tabte objekter), som såvel stabilitet for søkablet og generel beskyttelse mod erosion af de lettere sedimenttyper og dermed forhindrer blotlægning af søkablet. Stenstørrelserne varierer fra 10 – 40 centimeter og vil blive afhentet på et landbaseret stenbrud. Stenene vil typisk blive udlagt ved 'over-the-side' rock dumping fra et fartøj, hvor stenene skubbes overbord i et jævnt tempo eller ved brug af et faldrør, som meget præcis kan styre nedlægningen af stenene (Figur 6.18).



Figur 6.18. Eksempel på et faldrørsfartøj (TV) og fall pipe (selve faldrøret) (TH).

De udlagte granitskærver udlægges på havbunden med en samlet højde på stensætningen på op til ca. 1 meter og en samlet bredde af konstruktionen på op til ca. 11 meter. Siderne på konstruktionen vil typisk have en hældning på mindst 1:3 for at mindske påvirkningen på hydrauliske forhold og for at mindske risikoen for at ankre, der slæbes over havbunden, kan få fat i søkablet. Det aktuelle design for udlægning af sten vil skulle vurderes ud fra konkrete tilfælde.

Det antages at det skal bruges ca. 8 m<sup>3</sup> granitskærver pr. løbende meter søkabel, der skal beskyttes. Skibe kan typisk have en kapacitet af granitskærver på ca. 5.000 m<sup>3</sup>, hvilket dikterer det nødvendige antal ture. Der vil være en gennemsnitlig permanent forstyrrelsesbredde (pr. meter søkabel) på 8 m<sup>2</sup> pr. meter. Det forventes at der potentielt kan blive behov for at udlægges granitskærver på delstrækninger mellem KP 0 til KP 12 (specielt KP 1, KP 2, KP 4 og KP 6) samt i forbindelse med yderlig sikring de steder langs søkablet, det måtte blive nødvendigt at tilføje supplerende beskyttelseslag af granitskærver.

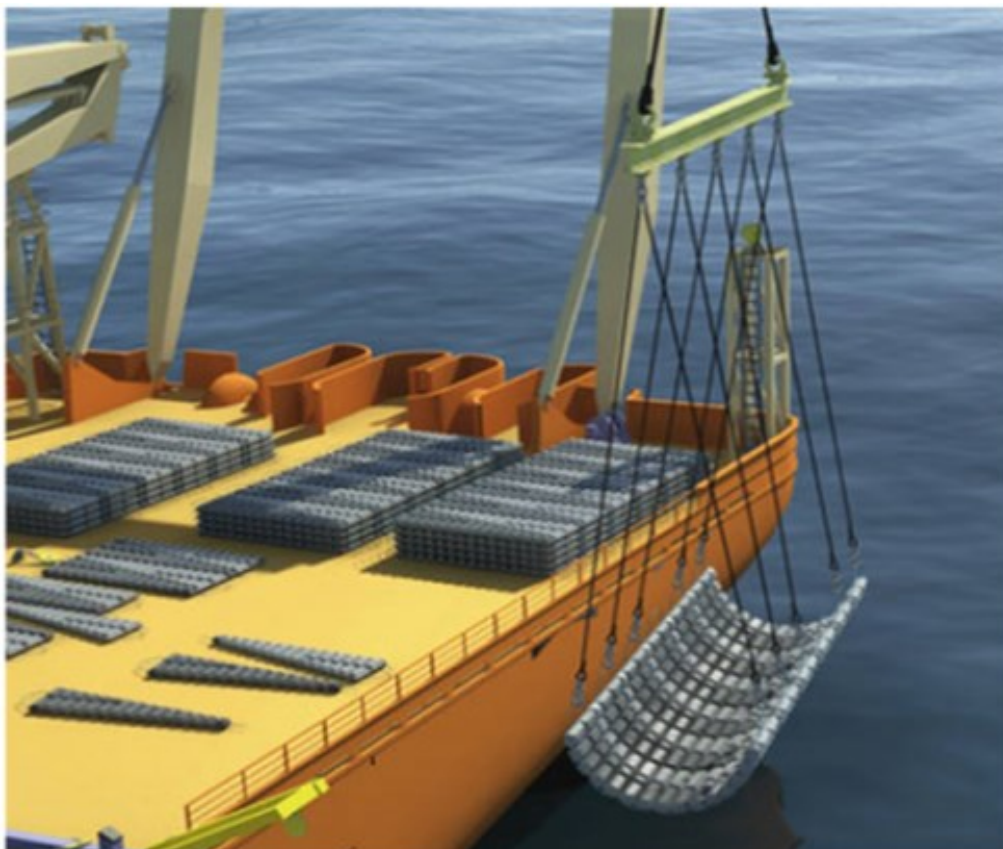
Granit vil fortrinsvist være den bjergart, der anvendes til beskyttelse. En bjergart er et sammenhængende, naturligt forekommende fast uorganisk stof bestående af en samlet masse af mineraler. Granit er en magmatisk bjergart som fortrinsvist består af mineralerne kvarts, feldspat og biotit. De to sidstnævnte nedbrydes relativt let til f.eks. lermineraler. Granit er hovedbestanddelen i størstedelen af de eksisterende naturlige- og de gennem tiderne mange opfiskede danske stenrev, og granit er derfor naturligt forekommende.

Granitskærver vil forventeligt fungere som hårdbundssubstrater som over tid vil blive begroet af flora og fauna. Denne begroning samt naturlig erosion resulterer i at granitskærvene, som er et naturligt produkt, over meget lang tid vil erodere, til finere sedimenttyper såsom f.eks. sand (kvarts).

### 6.3.3.2 Betonmadrasser

Betonmadrasser er betonblokke forbundet med reb i en madrasslignende struktur (Figur 6.19). Betonmadrasser bruges overvejende som mellemlag (beskyttelseslag) ved krydsninger af eksisterende installationer.

Betonmadrasserne kan hver veje op til ca. 10 ton og en typisk madras måler 5 meter x 3 meter x 300 millimeter. Den gennemsnitlige permanente forstyrrelsesbredde ved udlægning af de beskrevne betonmadrasser er på ca. 3 m<sup>2</sup> pr. løbende meter søkabel.



Figur 6.19. Illustrativ visning af de beskrevne betonmadrasser og udlægningsmetoden.

Eftersom betonmadrasser fortrinsvist anvendes som mellemlag ved krydsninger, vil betonmadrasserne være udsat for en meget begrænset erosion, da de er beskyttet af det overliggende beskyttelseslag af granitskærver.

#### 6.4 Drift, vedligeholdelse og reparation

Søkablet vil være i drift i minimum 40 år og i forbindelse med driftsperioden for anlægget vil der være behov for vedligeholdelse, overvågning og evt. udbedring af skader. Disse emner adresseres i det nedenstående.

##### 6.4.1 Sikkerhedszoner

Installation af søkabel- og rørledninger i- eller på havbunden er omfattet af sikkerhedszoner jf. Bekendtgørelse om beskyttelse af søkabler og undersøiske rørledninger (BEK nr. 939 af 27/11/1992), som også kaldes for Kabelbekendtgørelsen. Kabelbekendtgørelsens primære formål er, at sikre kritisk infrastruktur, i form af søkabler og rørledninger, mod skader fra sandsugning, fiskeriudstyr, ankre mv.

Når et søkabel er installeret på, eller i havbunden træder Kabelbekendtgørelsen i kraft. Det betyder i praksis, at en forbudszone bestående af et 200 meter bredt bælte langs med og på hver side af installationen etableres når søkablet eller rørledningen er installeret i havbunden. Den del af søkablet der er installeret i havbunden, er altså omfattet af Bekendtgørelsen, og Kabelbekendtgørelsen træder derfor i kraft løbende under anlægsarbejdets fremdrift, men er først endelig, når hele søkablet er installeret i havbunden og installationen er taget i drift.

Sikkerhedszonen betyder at skibe, uden bydende nødvendighed, ikke må ankre op indenfor sikkerhedszonen, ligesom sandsugning, stenfiskning samt enhver brug af redskaber o.a., der slæbes på havbunden, er forbudt inden for zonen.

Bygherren eller bygherrens entreprenør, skal orientere Søfartsstyrelsen, når et søkabel installeres og ligeledes informere om, når installationen er afsluttet. Myndigheden vil derefter indtegne sikkerhedszonen på de elektroniske søkort, og udmelde sikkerhedszonens eksistens og placering via Søfartsstyrelsens Efterretninger for Søfarende. Skulle bygherren, for f.eks. at fremme sameksistens med andre erhverv på søterritoriet som (f.eks. erhvervsfiskeriet), så kan bygherren ansøge myndigheden om ophævelse af sikkerhedszonen. Dette kan typisk gøres, hvis undersøgelser viser tilstrækkelig nedgravning af et søkabel i havbunden, således en risiko for skade herpå er ubetydelig.

En ansøgning om ophævelse af sikkerhedszonen udføres ved at ansøge om dispensation fra Kabelbekendtgørelsens lovbestemmelser på hele eller dele af søkabelføringsstrækningen.

#### 6.4.2 Vedligeholdelse

Energinet's afdeling for drift og vedligehold har faste procedurer for monitorering og vedligehold af Energinet's installationer i havbunden. Dette inkluderer rutinemæssige inspektionsundersøgelser med kabelsporing hvert 5-7 år. Frekvensen af inspektionerne afhænger af kabelbeskyttelsens tilstand, som vurderes i et endeligt as-built survey. Et as-built survey udføres, når alle anlægsinstallationer og forankringen af søkablet i havbunden er færdigafsluttet, herunder også en undersøgelse af om områder med forventet naturlig tildækning af søkablet er sket, eller forløber som forventet.

Sådanne inspektioner foregår fra et undersøgelsesfartøj med Side-Scan Sonar (SSS) og en fjernstyret undervandsrobot (ROV). Rutineinspektioner på årsbasis er normalt ikke nødvendige, da søkabler er designet til at kræve et minimum af vedligeholdelse. Regelmæssige inspektioner af krydsninger kan være påkrævet, som en del af de indgåede krydsningsaftaler (se afsnit 6.1.1 og 6.1.2).

#### 6.4.3 Udbedring af skader

Hvis der under de rutinemæssige undersøgelser af søkablets linjeføring identificeres blotlagte sektioner, manglende naturlig tilbagefyldning eller skader på søkablet som ikke har medført driftsfejl, så iværksættes aktiviteter for at sikre tilstrækkelig beskyttelse af søkablet og evt. udbedring af skader. Den mest almindelig årsag til reparationer af søkabler skyldes skader, der er forårsaget af tredjeparter, typisk trawl, ankre fra skibe i området eller tabte objekter over søkablet. Skader kan være lokale eller dække længere sektioner, hvis f.eks. en genstand er blevet trukket langs søkablet, eller søkablet har været trukket fri af havbunden. De mest almindelige former for reparationer kan udføres fra et enkelt fartøj, hvis størrelse afhænger af skadens omfang og den vanddybde skaden er sket på.

Den type fartøjer som udfører reparationsarbejde på søkabler, har begrænset manøvredygtighed og vil derfor være udstyret med de nødvendige navigationslys og -signaler. De specifikke detaljer om kabelreparationer vil afhænge af den type reparation, der udføres, og af leverandørens udstyr. Kabelreparationer foregår typisk ved at søkablet fritlægges, hvorefter det trækkes ombord på reparationsfartøjet, hvor den nødvendige udbedring af søkablet vil foregå. I langt de fleste situationer indebærer denne udbedring, at der tilføjes et nyt kabelstykket til

søkablet. Det betyder i praksis, at den faktiske længde af søkablet bliver længere, og derfor vil nedlægningen af det reparerede søkabel blive udlagt i et såkaldt omega-joint (se afsnit 6.2.1.4, for nærmere beskrivelse).

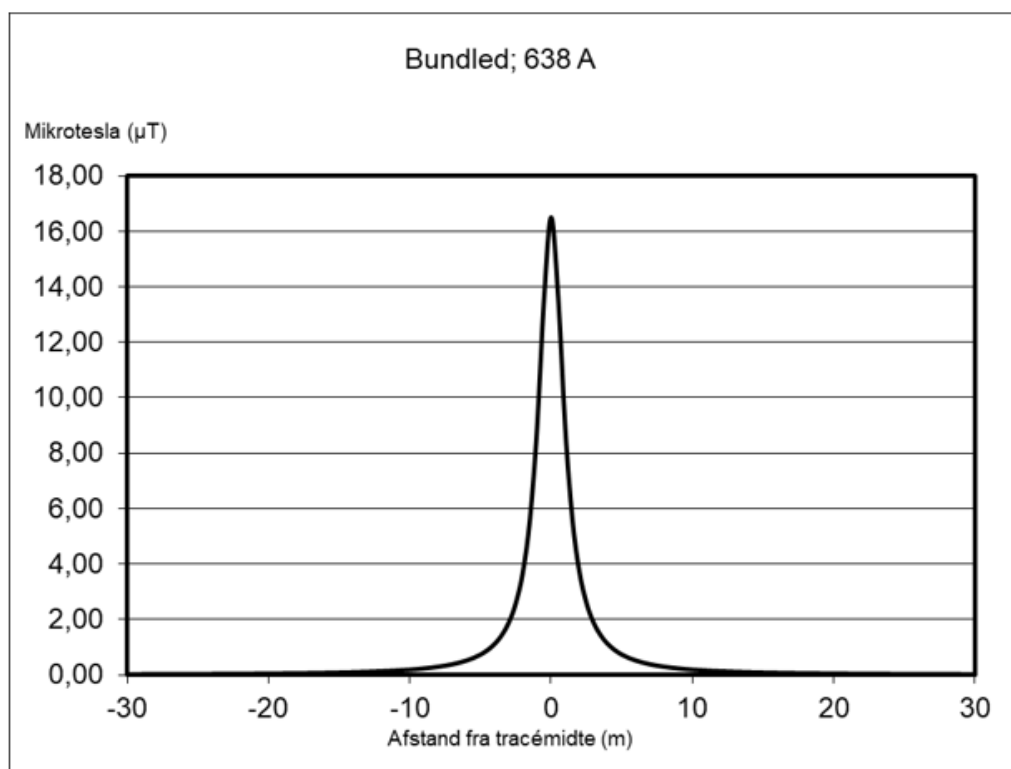
#### 6.4.4 Udledning af miljøskadelige stoffer

Søkablet er et såkaldt PEX-kabel (isoleret med polyethylen) og vil derfor ikke indeholde olie eller flydende kemikalier. Kablet udgør derfor ikke nogen risiko for miljøet.

#### 6.4.5 Magnetfelter

Overalt, hvor vi bruger, producerer eller transporterer elektrisk strøm, vil der være magnetfelter. Det betyder, at der vil være magnetfelter tæt på alle elforsyningsanlæg, uanset om det er transformere, luftledninger, jord- eller søkabelsystemer. Almindeligt anvendte isolationsmaterialer skærmer ikke for magnetfelter. Derfor er der også felter over søkabelsystemer, som ligger nedgravet i havbunden. Felternes størrelse afhænger af, hvor meget strøm (måles i ampere (A)), der går i ledningen eller apparatet, og de aftager kraftigt med afstanden. Jo større strømstyrke, des større er magnetfelterne - og jo større afstand fra ledningen eller apparatet, des mindre er felterne. Magnetfelter måles i mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ).

I driftsfasen etablerer der sig et magnetfelt omkring søkabelsystemet. Magnetfeltet for et anlæg med afstand imellem pol-søkablerne er større, end hvor søkabelsystemet ligger samlet, fordi strømmen (og dermed magnetfeltet) i et HV-DC-system delvist udligner hinanden, når søkablerne i søkabelsystemet ligger tæt sammen. Til gengæld ligger søkablerne ofte i en større dybde. Magnetfeltets specifikke størrelse og udbredelse afhænger af afstanden mellem polsøkablerne og nedgravningsdybden, og den kan variere. Fælles for dem alle er, at magnetfeltet er faldet til meget lave værdier på kort afstand fra kabelsystemet (se Figur 6.20).



Figur 6.20. Modellering af magnetfeltet omkring det bundtede søkabelsystem. det kraftige fald i magnetfeltet med den stigende afstand til søkabelsystemet ses tydeligt.



Der er udført magnetfeltberegninger for det valgte bundtede 1,2 GW søkabelsystem. Beregningerne er udført med en forventet årsmiddelstrøm på 638A i 1 meters nedgravningsdybde resulterende i et maksimalt magnetfelt på 16,5  $\mu\text{T}$  i søkabelsystemets centerlinje og faldende til 0,19  $\mu\text{T}$  5 meter væk fra centerlinjen (se Figur 6.20 og Tabel 6.2). Til sammenligning er jordens magnetfelt på vores breddegrader ca. 50  $\mu\text{T}$ .

Tabel 6.2. Forventet maksimalt magnetfelt ved havbunden for den bundtede søkabelkonfiguration.

Afstand fra kabelsystemets midte (m)	Magnetfelt ( $\mu\text{T}$ )
0	16,5
0,5	13,6
1	8,9
5	0,73
10	0,19
15	0,08

#### 6.4.6 Kompassafvigelse

Der er også beregnet kompassafvigelse under antagelse af et worst-case scenarie, dvs. at søkabelsystemet er parallelle med Jordens magnetfelt, og at søkablerne installeres i havbunden i et område med svagt magnetfelt fra Jorden. På baggrund af beregningerne forventes en mindre afvigelse på 0,0015 grader som ses i Tabel 6.3.

Tabel 6.3. Forventet kompassafvigelse for den valgte søkabelkonfiguration.

Jordens magnetfelt ( $\mu\text{T}$ )	Søkabelsystemets horisontale magnetfelt ved havbundsoverfladen ( $\mu\text{T}$ )	Kompassafvigelse (grader)
25	0,036	0,0015

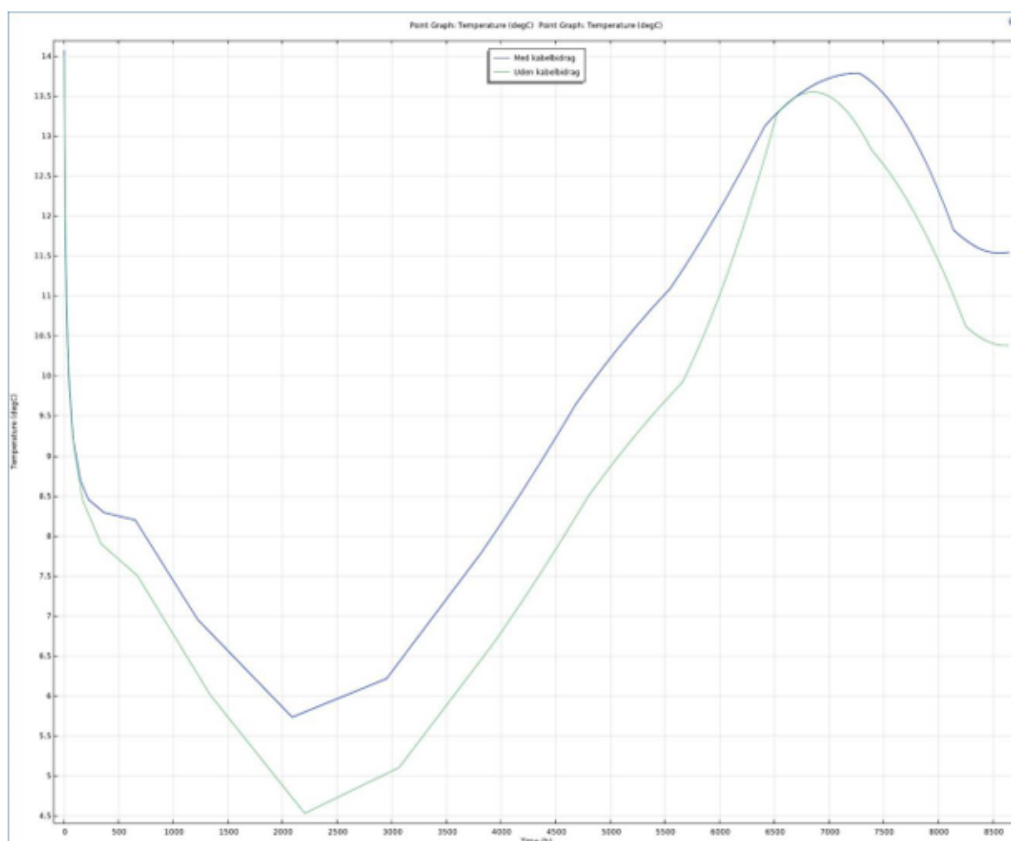
#### 6.4.7 Varmeudvikling

Når søkablet er taget i drift, vil der når strømmen løber skabes en modstand fra selve søkablet materialer der afsættes som varme til det omkringliggende miljø. Simuleringer i beregningsprogrammet COMSOL viser, at temperaturbidraget til de omkringliggende sedimenter i havbunden fra søkablet er negligibelt selv ved beregninger hvor kabelsystemet er belastet 100 % i uendelig tid.

Varmeafgivelse fra søkablet til den omgivende havbund er undersøgt under forudsætning af, at systemet belastes 100 %. Det er antaget, at de berørte sedimenter som kabelsystemet ligger i har en repræsentativ værdi for de termiske resistiviteter af sedimenterne langs hele offshore kabelruten mellem Bornholm og Sjælland.

Ud fra faktiske målinger af temperaturen ved havbunden kendes årsvariationen af temperaturen ca. 30 cm under havbunden som vist i Figur 6.21 nedenfor (grøn kurve) uden søkablet installeret. Til sammenligning er der foretaget beregninger med søkablet installeret med en belastning af søkabelsystemet på 100 %. Temperaturen over året inklusive bidraget fra søkabelsystemet er vist i samme figur med en blå kurve.

Beregningerne viser, at det maksimale temperaturbidrag fra søkabelsystemet ligger på maksimalt +1°K selv med fuld belastning af søkabelsystemet. Da søkabelsystemet ikke forventes at køre på fuld ydelse, men i stedet vil variere med vindbelastning og energiudveksling mellem Bornholm og Sjælland, vil den faktiske belastning af søkabelsystemet være varierende over tid og væsentlig mindre end de beregnede kontinuerte 100 % belastning som er anvendt i beregningerne.



Figur 6.21. Beregning af temperaturbidrag fra kabelsystemet i driftsperioden ved en 100 percents belastning.

## 6.5 Trafik og varighed

Arbejdet med installationen af søkablet involverer en lang række anlægsarbejder, som hver især er afgrænset i tid og rum. Anlægsarbejdernes fysiske påvirkning af havbunden og tilstedeværelsen af anlægsgartøjer vil udøve en påvirkning på miljøet og den almindelige skibstrafik i området. Skibstrafik forårsaget af anlægsarbejdet er direkte afledt af det efterfølgende beskrevne omfang og varighed. I det efterfølgende redegøres der for de aktiviteter og omfang som må forventes at udøve en påvirkning.

Anlægsarbejderne opererer med overordnede tidsrammer for den maksimale varighed af de enkelte anlægsarbejder. Disse tidsrammer benævnes installationsperioder og disse perioder er opdelt på de enkelte installationsaktiviteter. Installationsperioderne rummer ud over selve den afsatte tid til at udføre anlægsarbejdet (dennes aktive varighed) også tid til mobilisering af udstyr og fartøjer, vejrlig, demobilisering samt en tidsmæssig buffer. Installationsperioderne er dermed delelementer i projekts samlede anlægstekniske tidsplan.

Et konkret anlægsarbejde, som f.eks. en gravet åben rendes aktive varighed er dermed defineret som den faktiske tid, det tager at udføre den pågældende opgave. Et anlægsarbejdes aktive varighed er derfor beregnet ud fra det anvendte værktøjs tekniske specifikationer (herunder også de fysiske betingelser arbejdet skal udføres i), som tilbagelagt afstand pr. tidsenhed. Det er derfor hovedsageligt i anlægsarbejdets aktive varighed, at der foregår konkret arbejde og derfor også indenfor den aktive varighed, at der vil foregå en miljøpåvirkning. I Tabel 6.4 ses installationsperioder og aktive varigheder af de anlægsarbejder, der knytter sig til anlægsarbejdernes delfaser.

Det skal bemærkes, at anlægsarbejdernes delfaser kan blive udført som en kombination af anvendelsen af flere værktøjer. Der kan med andre ord godt være flere anlægsmaskiner i spil på en strækning på f.eks. 20 kilometer. Installation af søkablet i havbunden langs en delstrækning, kan derfor udgøres af flere deloperationer og værktøjer. Det er dermed ikke givet at det er det samme værktøj der er i operation langs hele delstrækningen. Det skal også bemærkes, at de forskellige værktøjer har forskellige 'progress rates' og dermed tilbagelægger forskellige afstande pr. tidsenhed.

*Tabel 6.4. Tabel over installationsperioder og aktive varigheder af de anlægsarbejder og dermed også trafik, der knytter sig til de samlede anlægsarbejder. Det skal bemærkes at anlægsarbejderne kan blive udført som en kombination af anvendelsen af flere værktøjer. Der kan med andre ord godt være flere anlægsmaskiner i spil på en strækning.*

Type	Aktivitet	Note	Installationsperiode (døgn)	Aktiv varighed				Omfang (km)
				Hastighed (km dag <sup>-1</sup> )	Hastighed (m/ time)	Varighed (dage)	Varighed (måneder)	
Survey	Pre-lay		21	48	2.000	3	0,1	115
	Post-lay		21	48	2.000	3	0,1	115
	Post-burial		30	14	600	10	0,3	115
	UXO		21	-	-	-	-	115
	UXO clearance		-	-	-	-	-	-
Forberedende arbejder	PLGR		2	36	1,5	4	0,1	115
	Flytning af sten - Grab	50 sten pr. dag	80	-	-	-	-	-
	Flytning af sten - Plov		60	9	375	13	0,4	98
	Sandbølgefjernelse		40	1	42	3	0,1	3
	Krydsninger	15 krydsninger á 2 dage	75	-	-	30	1	-
Off-shore	Cable lay, surface lay, lay in trench		120	4	150	38	1,3	115
	PT/CLT		60	10	400	14	0,5	115
	Pløjning og/eller forgravning af rende		-	-	400	-	-	-
	SLB		75	7		18	0,6	105

an-lægsarbejder	Nedspuling		-	9,6	400	-	-	-
	Skæring		-	1,68	70	-	-	-
	PLB-blød havbund herunder:		45	7	290	12	0,4	74
	Nedspuling		-	7,2	300	-	-	-
	PLB-medium havbund herunder		21	4	170	7	0,2	21
	Nedspuling		-	3,6	150	-	-	-
	PLB-hård havbund herunder		75	1	42	17	0,6	20
	Kædegraver, hjulgraver, kædeskærer, hjulskærer		-	0,96	40	-	-	-
Samlinger	4 samlinger (4x 10 dage)	-	-	-	33,6	1,1	-	
Kystnære anlægsarbejder	Flytning af sten - kystnært	50 sten pr. dag	-	-	-	-	-	-
	Forgravning - kystnært		14	7	290	3,5	0,1	25
	Bachoe dredger eller fjernstyret uv. Gravemaskine		-	7,2	300	-	-	-
	Pram - Kystnært		30	2	80	8,3	0,3	20
Di-verse	Vagtskibe	8 skibe	-	-	-	50	1,7	115
	Genoprettende arbejde/ remedial work		-	-	-	30	1	4,6

## 6.6 Støjgener

### 6.7 Støj, lys og emissioner i anlægsfasen

Støj (luftbåren og over vand), lys og emissioner fra anlægsfartøjerne vil være forventeligt tilsvarende den der måtte foregå ved almindelig skibstrafik i området. Støjen fra anlægsarbejderne vil hovedsageligt knytte sig til undervandsstøj.

Undervandsstøjen knytter sig til de fysiske anlægsarbejder og de dertil knyttede undersøgelser af havbundens beskaffenhed med geofysisk udstyr. På baggrund af de i denne projektbeskrivelse beskrevne anlægsmaskiner og metoder er de mest (worst-case) støjende anlægsaktiviteter og operationer udpeget. Disse worst cases er baseret på datablade fra de beskrevne anlægsmaskiner samt eksisterende viden om de anlægstekniske operationer og denne viden vil definere de øvre grænser for det maksimale støjoutput en valgt anlægsmaskine eller operation forventes udført med.

I Tabel 6.5 og Tabel 6.6 kan de maksimale kildestyrker ses for hhv. de geofysiske undersøgelser og de fysiske anlægsmaskiner.

Tabel 6.5. *Maksimalle kildestykker for geofysiske undersøgelser. Maksimalle kildestykker for geofysiske undersøgelser. dB=decibel. kHz=Kilohertz. SBP=Sub bottom profiler. USBL=ultra short baseline (acoustic positioning system).  $SPL_{rms}$  = Sound Pressure Level (root mean square). SEL=Sound exposure level. HiPAP=High precision acoustic positioning system. (Rambøll, 2023b).*

Kilde	Periode (timer)	Hastighed (knob/time)	Modeltype (Reference)	Støjtype	Kildedybde (meter)	Frekvens (kHz)	$SPL_{rms}$ (dB)	SEL (dB)	Støjspredningsretning (grader)
SBP - Chirp	24	4	iXblue - Echoes 10000	Impulsiv	2	5 til 15	202 / 162	193 / 153	30
USBL - positions system	24	4	Kongsberg HiPAP	Impulsiv	2	5 til 10 og 20 til 34	166 (Low mode)	157	360

Tabel 6.6. *Maksimalle kildestykker for anlægsmaskiner. TSHD=Trailing suction hopper dredger.  $SPL_{rms}$  = Sound Pressure Level (root mean square). SEL=Sound exposure level. dB=decibel. kHz=Kilohertz. (Rambøll, 2023b). \* (Wyatt et al., 2008; Barham, 2017).*

Kilde	Periode (timer)	Hastighed (knob/time)	Modeltype (Reference)	Støjtype	Kildedybde (meter)	Frekvens (kHz)	$SPL_{rms}$ (dB)	SEL (dB)	Støjspredningsretning (grader)
Etablering af kabelrende - TSHD	24	1,2	8000 m <sup>3</sup> capacity (Wyatt 2008)*	Ikkeimpulsiv	Havbund	0,01 til 10	186,5	177,5	360
Klippekæring/brydning	24	-	(Barham 2017)*	Ikkeimpulsiv	2 meter over havbund	0,03 til 2	185,3	176,3	360
Fartøjer	24	8,7	(Wyatt 2008)*	Ikkeimpulsiv	1	0,02 to 10	175	166	360

## 6.8 Støj, lys og emissioner i driftsfasen

Søkablet vil i driftsfasen ikke udsende nogen former for støj. Der kan i forbindelse med tilstandssurveys være støj, lys og emissioner forbundet med de anvendte fartøjers arbejde. Det forventes dog, at denne støj ikke vil være mærkbart anderledes end den støj der i almindelighed kommer fra skibstrafik i Køge Bugt og Østersøen.

## 6.9 Materialeforbrug

Nedenfor redegøres udførligt for materialeforbruget for anlægsfasen.

### 6.9.1 Materialeforbrug til kabelsystemet

På nuværende tidspunkt overvejes to typer kabelteknologi, afhængig af tilgængeligheden og markedssituationen på tidspunktet for indkøb. Søkablernes design er grundlæggende ens, men med forskel i den anvendte isoleringstype, som enten er af XLPE (Cross Linked Poly Etylen) eller masseimprægneret (Mass Impregnated – MI). Højspændingslederne vil, dog uanset kabeltype, bestå af en kobber- eller aluminiumskerner omgivet af et isoleringsmateriale (typisk plastik- eller papir) samt materiale til at beskytte søkablet mod ydre skader. Søkablet vil ikke indeholde fri olie eller kemikalier, der kan føre til forurening af det omgivende miljø ved lækage i tilfælde af skader på søkablet. Nedenstående Tabel 6.7 redegør for forbruget af materialer til søkablet for både XLPE- og MI-kabel. Der gøres opmærksom på, at vurderingerne af forbrug er baseret på konservative estimater og erfaringer fra lignende andre anlægsprojekter.

Tabel 6.7. *Forbrug af materialer til konstruktion af kabelsystemet for både XLPE- og MI-kabeltypen.*

Kabelforbindelse	Materialeforbrug	XLPE Alu 2500 mm <sup>2</sup> pr. km søkabel (ton)	XLPE Cu 1600 mm <sup>2</sup> pr. km søkabel (ton)	MI Alu 2800 mm <sup>2</sup> pr. km søkabel (ton)	MI Cu 1800 mm <sup>2</sup> pr. km søkabel (ton)
	Aluminium	17	-	18	-
2 styk	Plast (polyethylen/polypropylen)	28	23	9	10
HVDC-kabler	Bly	32	28	28	32
	Papir	0,4	0,4	10	11
	Stål	42	38	41	46
	Kobber	-	35	-	47
	Fri olie	N/A	N/A	N/A	N/A
Metallisk retur	Aluminium	9	-	10	-
	Plast (polyethylen/polypropylen)	8	5	4	4
	Bly	12	10	12	10
	Papir	0,2	0,2	3	3
	Stål	16	14	20	17
	Kobber	-	18	-	20
Fiberoptik	Stål	1,5	1,5	1,5	1,5
	Plast (polyethylen/polypropylen)	0,4	0,4	0,4	0,4
	Fiber (glas)	0,008	0,008	0,007	0,007
	Kobber	0,04	0,04	0,04	0,04

I Tabel 6.8 ses det samlede materialeforbrug for alle materialekomponenterne i de to søkabeltyper, opgjort både pr. km installeret søkabel og samlet materialeforbrug for hver materialefraktion for hele søkablets linjeføring.

Tabel 6.8. Tabellen viser alle de store materialefraktioner og typer opgjort i hh. pr. kilometer søkabel og samlet forbrug.

Materialetype	Forbrug (ton pr. km søkabel)	Totalforbrug (ton)
Stål	131	15.065
Bly	129	14.835
Kobber	77,2	8.869
Plast (polyethylen/polypropylen)	72,2	8.303
Aluminium	44	5.060
Papir	19,8	2.277
Fiber (glas)	0,024	2,76

### 6.10 Krydsninger af eksisterende installationer og sikring af kabelsystemet

Nedenstående Tabel 6.9 redegør for forbruget af materialer i forbindelse med krydsninger af eksisterende installationer (15) i havbunden samt forbruget sten til sikring kabelsystemet efter kablet er lagt ned i havbunden. Opgørelsen er baseret på en worst-case tilgang hvor alle 15 identificerede potentielle krydsninger, skal krydses. Der gøres opmærksom på, at vurderingerne af forbrug er baseret på konservative estimater og erfaringer fra lignende andre anlægsprojekter.

Tabel 6.9. Forbrug af materialer til krydsning af 15 eksisterende installationer i havbunden samt materialeforbruget i forbindelse med sikring af kabelsystemet, uafhængig om det er XLPE- eller MI-kabelsystemet.

Krydsninger/ sikring af kabler		Materialeforbrug	Pr. betonmadras/ pr. m stensætning (ton/m <sup>3</sup> )	Pr. kabelkrydsning (ton/m <sup>3</sup> )	Total (ton/m <sup>3</sup> )
Krydsning	Beton madrasser	Cement	-	-	-
		Sand	-	-	-
	Sten	Stenskærver	3 m <sup>3</sup>	300 m <sup>3</sup>	4.500 m <sup>3</sup>
Sikring	Sten	Kampesten	8 m <sup>3</sup>	-	38.400 m <sup>3</sup>
		Stenskærver	-	-	-

### 6.11 Borevæske og boremudder

Nedenstående Tabel 6.10 redegør for forbruget af borevæske og udslip af boremudder fra underboringerne udgangsgrube efter gennemboring af havbunden. Det skal bemærkes, at maksimalt to af lokaliteterne på Bornholm vil blive anvendt, men da valget af endelige lokaliteter ikke er truffet endnu, så vises det forventede forbrug for hver af de fire lokaliteter. For underboringen ved ilandføringspunktet; Karlstrup Strand, i Køge Bugt gælder det, at denne underboring er et alternativ til den primære anlægsmetode, som her er en åben gravet rende. Der gøres opmærksom på, at vurderingerne af forbrug er baseret på konservative estimater og erfaringer fra lignende andre anlægsprojekter.

Tabel 6.10. Forbruget af borevæske og udslip af boremudder.

Underboringer	Lokalitet	Underboringens længde (m)	Højdeforskel (m)	Forbrug af borevæske (m <sup>3</sup> )	Udslip af boremudder (m <sup>3</sup> )
Bornholm	DC1 Vest for Sose Strand	650	35-40	130	100
	DC2 Sose Strand	400	35-40	80	80
	DC3 Øst for Sose Strand	750	35-40	150	120
	K1 - Boderne Vest	750	35-40	150	120
Køge Bugt	Karlstrup Strand	op til 1.000	10	200	100

## 6.12 Brændstofforbrug

Nedenstående Tabel 6.11 redegør for forbruget af brændstof fra de anlægstekniske arbejder og transport af materialer til kabelkorridoren. Det vil blive stillet som et krav i udbuddet, at den valgte entreprenør skal anvende grønne brændstoftyper. Der gøres opmærksom på, at vurderingerne af forbrug er baseret på konservative estimater og erfaringer fra lignende andre anlægsprojekter.

Tabel 6.11. Forbrug af brændstof i forbindelse med anlægsarbejdet offshore. APAC=Asia Pacific.

Brændstofforbrug	Type af anlægsarbejde	m*time <sup>-1</sup>	ton*dag <sup>-1</sup>
Survey	Pre-Lay	2000	10
	Post-lay	2000	10
	Post-Burial	600	12
UXO	Ukendt	Ukendt	Ukendt
Forberedende arbejder	PLGR	700	5
	Flytning af sten - grab	110 km (5 sten pr. time)	10
	Flytning af sten - plov	500	15
	Sandbølgefjernelse	600	16
	Elevated excavator	30	5
Offshore anlægsarbejder	Cable lay, Surface lay, lay in trench	150	16
	PT/CLT	400	16
	SLB	300	16
	PLB - blød havbund	300	16
	PLB - medium havbund	150	16
	PLB - Hård havbund	60	16
Kystnære anlægsarbejder	Flytning af sten - kystnært	5 sten pr. time	10
	Forgravning - kystnært	30	10
	Pram - kystnært	100	10
Jointings (muffesamling)	4 samlinger (4x7 dage)	-	16
Krydsning af installationer	4 dage pr. krydsning	-	25
Remedial works	4 % af traceets længde. 30 dage	26	14



Brændstofforbrug	Type af anlægsarbejde	m*time <sup>-1</sup>	ton*dag <sup>-1</sup>
Transport af kabelsystemkomponenter	Skandinavien	Hastighed 11 knob	14
	Middelhavsområdet		14
	APAC		14
Transport - sten	-	-	-
Transport - sand	-	-	-
Transport - cement	-	-	-

### 6.13 Affald

I forbindelse med anlægsarbejdet vil genstande på havbunden som kan være til gene for anlægsarbejdet blive fjernet. Sådanne genstande kunne være dumpet affald, fiskenet, efterladte/mistede ankre mv. Denne affaldsmængde og fraktionernes karakter kendes ikke på nuværende tidspunkt, men en egentlig bortskaffelse vil foregå efter den respektive Kommunes anvisning af egnet modtagestation og bortskaffelsen vil i øvrigt foregå efter gældende affaldslovgivning. I videst muligt omfang vil projektet forsøge at genanvende så mange affaldsfraktioner som muligt.

Herudover skal en række eksisterende installationer i havbunden krydses. Er disse installationer ikke længere i drift, vil disse blive fjernet fra havbunden. Denne affaldsmængde og fraktionernes karakter kendes ikke på nuværende tidspunkt, men en egentlig bortskaffelse vil foregå efter den respektive Kommunes anvisning af egnet modtagestation og bortskaffelsen vil i øvrigt foregå efter gældende affaldslovgivning. I videst muligt omfang vil projektet forsøge at genanvende affaldsfraktioner.

I forbindelse med installationen af søkablet kan der være affald forbundet med transportopbevaring af kabellængderne og anden indpakning fra komponenter. Denne affaldsmængde og fraktionernes karakter kendes ikke på nuværende tidspunkt, men en egentlig bortskaffelse vil foregå efter den respektive Kommunes anvisning af egnet modtagestation og bortskaffelsen vil i øvrigt foregå efter gældende affaldslovgivning. I videst muligt omfang vil projektet forsøge at genanvende affaldsfraktioner.

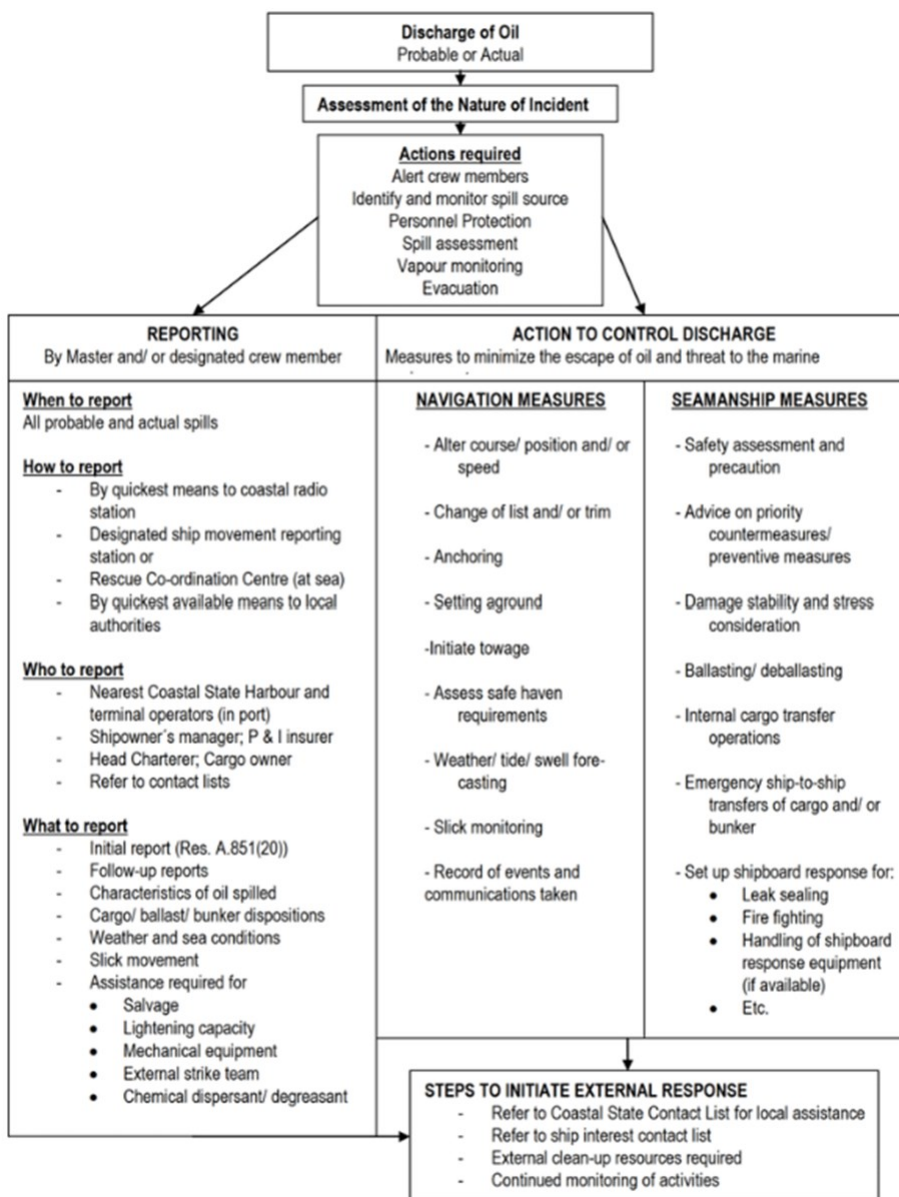
I forbindelse med demonteringen af det udtjente søkabel vil komponenterne herfra i videst muligt omfang blive forsøgt genanvendt. Eftersom demonteringsfasen ligger minimum 40 år ud i fremtiden kan der derfor ikke redegøres nærmere for mulighederne for genanvendelse, ligesom korrekt affaldshåndtering og lovgivning på området af gode grunde ikke kendes for nuværende.

### 6.14 Beredskab og beredskabsplaner for fartøjer offshore

Beredskab og beredskabsplaner for anlægsarbejder på søterritoriet adskiller sig væsentligt fra dem for landprojekter, hovedsageligt fordi der opereres på havet og fra skibe. Der er således tale om betydeligt anderledes problemstillinger end de, der gør sig gældende på land.

Anlægsfartøjer som opererer på søterritoriet, har allerede ved ankomst til dansk farvand implementerede og fungerende beredskabsplaner ombord, som er godkendt af deres flagstat og derfor efterlever Internationale konventioner. Der vil på hvert enkelt fartøj som minimum være en beredskabsplan, der er en del af fartøjets generelle sikkerhedsstyringsystem iht. ISM-koden

(International Kode for Sikker Drift af Skibe og Forebyggelse af Forurening) samt SOPEP (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan).



Figur 6.22. Engelsksproget figur der viser de internationale standarder for håndtering af olie-spild (Shipboard Oil Pollution Emergency Plan).

Baseret på detaljegraden af den enkelte entreprenørs anlægsfartøjs allerede implementerede beredskabsplan vil Energinet stille krav om, at Energinets standarder for personsikkerhed og ansvarlighed implementeres i den endelige beredskabsplan, ligesom det for Energinets side vil være et krav, at markedsførende procedurer for at minimere potentielle miljøeffekter i tilfælde af utilsigtede hændelser, uheld som f.eks. spild af olieholdige produkter anvendes.

Udgangspunktet for et endeligt design af en projektspecifik beredskabsplan udarbejdes derfor på baggrund af fartøjers allerede implementerede beredskabsplan, som beskrevet tidligere og

yderligere krav stillet af Energinet er baseret på den allerede implementerede beredskabsplan for det gældende anlægsfartøj.

I særlige tilfælde, hvor fartøjer ikke er omfattet af ISM- koden og krav om SOPEP, stiller Energinet krav om, at der ombord er implementeret et tilsvarende system under hensyntagen til det konkrete fartøjs størrelse og anvendelse.

For alle entreprenørers gælder, at Energinet inspicerer alle fartøjer tilknyttet projektet inden opstart, her vil de skibsspecifikke beredskabsplaner ligeledes blive verificeret.

I tilfælde af potentielt miljøskadelige hændelser til søs eller hændelser med personskade til følge vil følgende myndigheder og beredskaber blive involveret:

- National Maritime Operations Center  
Maritime Assistance Service  
Tlf: +45 72 85 03 70 (MAS vagten)  
E-mail: [mas@sok.dk](mailto:mas@sok.dk)
- Lokale kommunale beredskaber  
Kontaktinformation opdateres iht.:  
[Beredskab for havmiljø - Miljøstyrelsen \(mst.dk\)](http://Beredskab%20for%20havmilj%C3%B8%20-%20Milj%C3%B8styrelsen%20(mst.dk))
- Søfartsstyrelsen  
Tlf: +45 72 19 60 00  
E-mail: [sfs@dma.dk](mailto:sfs@dma.dk)
- Miljøstyrelsen  
Tlf: +45 72 54 44 66  
E-mail: [info@mst.dk](mailto:info@mst.dk)  
Beredskabsvagt: +45 20 35 21 94

## 7. Ordliste/ordforklaring

- *§ 3-beskyttet natur:*  
Beskyttelse af natur under Naturbeskyttelseslovens § 3.
- *AC:*  
Alternating Current. På dansk: Vekselstrøm. Vekselstrøm er en elektrisk strøm der periodisk veksler i styrke og polaritet.
- *Afværgeforanstaltninger/afværgetiltag:*  
Tiltag iværksat for at begrænse miljøpåvirkninger.
- *AIS (anlæg):*  
Står for Air Insulated Switchgear og betyder luftisoleret koblingsudstyr.
- *AIS (identifikationssystem):*  
Automatic Identification System. Identifikationssystem for større fartøjer (fartøjer over 12-15 meter).
- *Arbejdsareal:*  
Areal, som anvendes under udførelse af et anlægsarbejde, men som ikke indgår i det færdige areal.
- *Arbejdsbælte:*  
Det samlede arbejdsareal i anlægsfasen.
- *Bentonit:*  
Bentonit er et lermineral, der anvendes som boremudder ved underboringer, samt til at sikre en god varmeafledning i underboringsrøret.
- *Bilag IV:*  
Dyrearter listet på Habitatdirektivets bilag IV.
- *Boregrube:*  
Udgravet fordybning i terræn ved start og slut af underboring af terræn. I boregruben opbevares og opsamles boremudder.
- *Bornholmssektionen:*  
Den del af søkablet, der ligger i Østersøen ved Bornholm, øst for svensk EEZ.
- *Chopper (DC-chopper):*  
Elektrisk komponent til afladning af energi i tilfælde af fejl på HVDC konverter systemet
- *CLV:*  
*Cable Laying Vessel (CLV). Et kabellægningsfartøj i forbindelse med anlæg af søkabler på havet.*
- *CO<sub>2</sub>-eq:*  
CO<sub>2</sub> ækvivalenter, er en fælles måleenhed for emissioner for alle drivhusgasser. CO<sub>2</sub> er kuldioxid.
- *CFE:*  
Controlled Flow Excavator (CFE). CFE er et nedspulingsværktøj (på engelsk: jetting tool), der udnytter vandtryk og strømning til at fluidisere (blødgøre) havbunden, så kablet kan sætte/synke sig ned i havbunden.
- *DC:*  
Direct Current. På dansk: Jævnstrøm. Jævnstrøm er en elektrisk strøm der altid løber i samme retning.
- *Depotpladser:*  
De anvendes hovedsageligt til oplagring af rent sand, der skal bruges som sandfyld i

kabelgraven. Depotpladserne kan også bruges til parkering af entreprenørmaskiner, som anvendes til arbejdet langs kabeltracéet.

- *DP:*  
Dynamisk Positionering. DP er et avanceret system som automatisk kan fastholde et fartøjs præcise position og kurs ved at bruge skibets egne propeller og thrustere.
- *EEZ:* Exclusive Economic Zone. Betegnelsen bruges i projektet om det svenske farvand mellem Sjælland og Bornholm.
- *Eksportkabler:* Søkabler, der eksporterer strøm fra havvindmøller. Fra vindmøller til opkoblingen på danske elnet/højspændingsstation (Point of Connection – POC) på Bornholm.
- *Eltransmissionsnet:*  
Elnet til overførsel af elektricitet imellem lokale distributionsnet.
- *EMF:*  
Elektromagnetiske felter.
- *GIS:*  
Står for Gas Insulated Switchgear, der består af kapslet højspændingskoblingsudstyr indeholdende gas under tryk, som har en væsentlig højere isolationsevne end atmosfærisk luft, hvorfor GIS-anlæg fylder væsentligt mindre end et end AIS-anlæg.
- *GW:*  
Gigawatt. 1 Gigawatt = 1000 Megawatt.
- *HVAC:*  
Højspændt vekselstrøm er elektrisk strøm, der periodisk veksler i styrke og polaritet.
- *HVDC:*  
Højspændt jævnstrøm er elektrisk strøm, der altid løber i samme retning. Bruges til transmission af enorm kraft over en lang afstand.
- *Højspændingsstation:*  
Område hvor hele det tekniske (højspændings-)anlæg placeres. Her omformes vekselstrøm til jævnstrøm og omvendt. Også kaldet en omformerstation.
- *llandføring:*  
Lokalitet der afspejler den konkrete placering af det sted hvor søkablet går i land.
- *Interconnector:*  
Transmissionskabel som forbinder det danske transmissionsnet med et udenlandsk transmissionsnet (forbinder to TSO – Transmission System Operator - områder).
- *Jointings:*  
Engelsk term for *muffesamling* eller *muffe*.
- *Kabelgrav:*  
Udgravet rende under terræn, hvor kablet nedlægges. Synonym: *Kabelrende*.
- *Kabelkorridor:*  
Den del af projektområdet hvor der anlægges kabler. På land er kabelkorridoren omkring 150 meter bred og på havet omkring 1.000 meter bred. Kabelkorridoren betegnes på land også som "Projektområde for landkabler" og på havet som "Projektområde for søkabler". Den præcise placering af kablet i kabelkorridoren fastlægges i en iterativ proces frem mod anlægsfasen baseret på lodsejerforhandlinger på land og detaljerede havbundsundersøgelser på havet. For at lette omtalen af kabelkorridoren i forskellige geografiske områder, refereres til *Øresundssektionen* og *Bornholmssektionen*. Se også *KP (kilometerpunkt)*.

- *Kabelsystem:*  
Et kabelsystem kan være enten et jævnstrømskabelsystem (HVDC-kabelsystem) som består af 3 ledere: en +pol, -pol og metallisk retur. Et vekselstrømskabelsystem (HVAC-kabelsystem) består af 3 faser som ledere.
- *Kompenseringspole (højspændingsapparat):*  
Modvirker kablernes kondensatoreffekt. Uden spolen ville denne kondensatoreffekt betyde, at kablerne vil forårsage en spændingsstigning over det, anlægget er dimensioneret til. Selve spolerne er placeret inde i en oliefyldt tank, hvor olien virker som elektrisk isolation og køling. En kompenseringspole afgiver en lavfrekvent brummen (frekvens på 100 Hz). En kompenseringspole kaldes også en reaktor.
- *Koncessionsvinder:*  
Vinderen af den udbudte havvindmøllepark.
- *KP:*  
Kilometerpunkt. Kabelkorridoren er inddelt i sektioner fra KP0 til KP200.
- *Landkabel:*  
400 kV-kabel som graves ned i jorden. Landkablet består af tre kabler der samles i ét system (kabelsystem). Ofte placeres også et lyslederkabel i fiberrør.
- *Ledere:*  
De strømførende tråde i et luftlednings- eller kabelsystem.
- *Linjeføring for landkabel:*  
Den konkrete placering af landkablet. Aftales med lodsejer i dette projekt.
- *Lækage af boremudder*  
Når boremudder utilsigtet via sprækker i jordlagene siver ukontrolleret op til overfladen i forbindelse med anlægsarbejdet med en underboring. Lækage af boremudder kaldes i entreprenørbranchen også "Blow-out".
- *MBES:*  
Multibeam ekkolod. Offshore teknisk udstyr der fx bruges i forbindelse med en SLB-operation på havet. Se også *SSS, TSS og SBI*.
- *Montagecontainer:*  
Samling af kabler og montagen af mufferne sker i en montagecontainer, som af størrelse minder om en lukket transportcontainer, kendt fra skibs- og lastvognstrafik.
- *Muffesamling (eller muffe):*  
Samling af kabler, fx overgang fra søkabel til landkabel, men også samling af flere kabelelementer på havet eller på land. På engelsk: Jointing eller joint.
- *MW:*  
Megawatt.
- *Natura 2000:*  
Beskyttede naturområder i EU. I ét Natura 2000-område kan der indgå ét eller flere habitat- eller fuglebeskyttelsesområder. I en miljøkonsekvensrapport kaldes en vurdering af projektets påvirkning af Natura 2000-området for en Natura 2000-væsentlighedsvurdering. Kan væsentlig påvirkning af en art eller naturtype på udpegningsgrundlaget i det pågældende Natura 2000-område ikke med sikkerhed afvises, udføres en fuld Natura 2000-konsekvensvurdering af det pågældende område.
- *Oplagspladser:*  
Et areal, der er afsat til opmagasinering af materiale, f.eks. tromler med kabler, o.l. Der er dels tale om depotpladser og dels om tromlepladser. Tromledepoter anvendes til opmagasinering af kabeltromler med højspændingskabler. Der etableres typisk et

tromledepot for hver ca. 2-3 km kabeltracé, således at hvert depot indeholder det antal kabeltromler, som kræves til at lægge to kabellængder.

- *Plan for Program Energiø Bornholm:*  
Planen for Energistyrelsens program for Energiø Bornholm i Østersøen. Omfatter områder til:
  - Havvindmølleparker.
  - søkabler.
  - ilandføring af søkabler.
  - landkabler.
  - højspændingsanlæg og landkabler.
- *Planområde:*  
Områder som i en plan (kommuneplantillæg, lokalplan eller landsplandirektiv) er reserveret til anlæg til Energiø Bornholm, herunder f.eks. kabelanlæg, stationsanlæg, regnvandsbassiner, veje, landskabsmodellering, afskærmende beplantning, m.v.
- *PLGR:*  
Pre-Lay Grapnel Run. Indledende fjernelse af forhindringer såsom menneskeskabt affald (fx fiskeredskaber, ankre) på havbunden før kabelinstallation.
- *PT/CLT (Pre-Trenching/Cable-Lay in Trench):*  
Pre-Trenching (PT) and Cable Lay in Trench (CLT). En del af anlægsfasen på havet. Anlægsmetoderne indgår i forberedelse til installation af søkablet på havbunden. Først forberedes renden til kablet (forgravning af rende, 'Pre-Trenching', PT), derefter ned-sænkes søkablet i allerede etableret rende (kabelinstallation, 'Cable Lay in Trench', CLT). Derefter tildækkes kabelrenden.
- *PLB:*  
Post-Lay and Burial. Ved PLB-metoden nedgraves søkablerne efter de er udlagt på havbunden, og dette kan i praksis gøres ved nedspuling af kablet i lettere sedimenttyper eller ved nedgravning ved skæring af rende.
- *Projektområde:*  
Det område, der anmeldes til etablering af projektet.  
Inden for projektområdet kan den endelige placering af kabelsystemer ændres under detailprojekteringen og forhandling med lodsejere efter en afsluttet miljøvurderingsproces.
- *Power-to-X anlæg, PtX:*  
PtX-anlæg. PtX-strategi. Dækker over en række teknologier, som alle tager udgangspunkt i, at strøm udnyttes til at fremstille brint.
- *ROV:*  
Remotely Operated Vehicle. Fjernstyret undervandsrobot eller drone.
- *Sedimentophvirvling:*  
Beskriver en begrænset og meget lokal forstyrrelse af sediment ved forskellige anlægsmetoder, hvor noget af overfladesedimentet ophvirvles og sedimenterer lokal igen.
- *Servitútbælte (deklarationsbælte):*  
Et areal under en luftledningsforbindelse eller omkring et kabel, hvor der vil være anvendelsesbegrænsninger i driftsfasen. Det er typisk forbud mod at etablere bebyggelse og beplantning, som kan skade anlægget eller forhindre vedligeholdelse. Arealet tinglyses, så der ikke kan iværksættes noget, der kan forhindre adgangen til kabelanlægget eller være til gene for eftersyn, reparation eller vedligeholdelse.

- **SBI, Sub-Bottom Imager:**  
Teknisk udstyr der bruges til anlægsarbejde på havet. Ved afslutning af *SLB* udføres en undersøgelse af, om den ønskede nedgravningsdybde er opnået. Dette gøres ved hjælp af et Multibeam ekkolod (*MBES*), Side-Scan Sonar (*SSS*), Teledyne Survey System (*TSS*) eller PanGeo Sub-Bottom Imager (*SBI*) for at måle og bekræfte, at den ønskede nedgravningsdybde er opnået.
- **SGAV:**  
Styrelsen for Grøn Arealomlægning og Vandmiljø.
- **SLB:**  
Simultaneous Lay and Burial (SLB). Ved denne anlægsmetode på havet udføres alle arbejdsgangene; gravning af rende, udlægning af søkabel i rende, og dækning af den gravede rende i én og samme arbejdsgang.
- **Styret underboring:**  
Ved hjælp af en styret underboring er det muligt at styre et borehoved, i en forudbestemt dybde, uden opgravning. Styret underboring foregår mellem to gravede huller – boregruber. Disse boregruber anvendes senere til opsamling af boremudder (bentonit).  
Først bores det styrede borehoved igennem den planlagte strækning til boregruben. Her påmonteres "reameren" og det tomrør, der senere skal rumme kablet. Herefter trækkes "reameren" og tomrøret tilbage til starthullet – boregruben. Under tilbage-trækning udvider "reameren" det forborede borehul til den ønskede dimension. Styret underboring anvendes, hvor normale graveforhold er vanskelige eller uhen-sigtsmæssige og hvor man ikke ønsker at der foretages opgravning.
- **SSS:**  
Side-Scan Sonar. Udstyr der bruges til at opmåle under havbunden, fx i forbindelse med *SLB* eller geofysiske forundersøgelser.
- **Søkabel:**  
Den del af kablet, der befinder sig på havet. Synonym; søkabelsystem.
- **TJB:**  
Transition Joint Bay. Område der blandt andet huser en overgangsmuffe. Det er i dette område at sammenkoblingen mellem landkablet og søkablet sker. En TJB har dog også flere funktioner.
- **Transmissionskabel:**  
Kabler som er en del af transmissionsnettet (generelt kabler og luftledninger over 100 kV) i Danmark. Kan være HCAC eller HVDC kabelsystemer. Kablet der forbinder Bornholm med transmissionsnettet på Sjælland er et transmissionskabel.
- **TSS:**  
Teledyne Survey System (TSS). Udstyr der bruges til at opmåle under havbunden, fx i forbindelse med *SLB*.
- **TSHD:**  
Trailing Suction Hopper Dredger
- **UXO:**  
UnExploded Ordnances. Ueksploderet ammunition, som har relevans på søterritoriet.
- **Øresundssektionen:**  
Betegnelsen for den danske del af kabelkorridoren i Køge Bugt og Øresund, dvs. vest for svensk farvand.



## 8. Referencer

- Barham. (2017). *App D13.09 – Underwater noise baseline and modelling”, Subacoustech Environmental.*
- Danish Ministry of Climate, Energy and Utilities. (2020). Hentet fra [https://en.kefm.dk/Media/1/B/Climate%20Act\\_Denmark%20-%20WEBTILG%C3%86NGELIG-A.pdf](https://en.kefm.dk/Media/1/B/Climate%20Act_Denmark%20-%20WEBTILG%C3%86NGELIG-A.pdf)
- DHI. (2021). Risikovurdering af boremudderprodukter. *Baltic Pipe Gasprojekt.*
- Energinet. (2018). *Kabelhåndbogen: AC-kabelanlæg 132-400 kV (2. udg.).* Fredericia : Energinet.
- European Commission. (2020). Hentet fra [www.europarl.europa.eu/cmsdata/230214/EU\\_commitment%20to%20climate-neutrality\\_by\\_2050.pdf](http://www.europarl.europa.eu/cmsdata/230214/EU_commitment%20to%20climate-neutrality_by_2050.pdf)
- European Commission. (2022). Hentet fra [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law\\_en](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/european-green-deal/european-climate-law_en)
- Primo Marine. (2022). *Memo - Review installation methodologies and sediment spill in SE waters.*
- Rambøll. (2023b). *Energy Island Bornholm – Transmission Cable - Underwater Noise Modelling – Technical Report.*
- Wyatt et al. (2008). *Joint industry programme on sound and marine life review of existing data on underwater sounds produced by the oil and gas industry – Issue 1.*

## 9. Appendix

Dette appendix er et katalog over de forskellige eltekniske anlæg som indgår i en højspændingsstation – sagt med andre ord, indeholder dette afsnit et katalog over de forskellige tekniske anlæg som indgår i en højspændingsstation. I appendix er det beskrevet hvordan stationskomponenterne indrettes og hvordan de ser ud. Der er tale om standardanlæg, så beskrivelsen gælder for stationsanlæg på både Bornholm og for anlægget på Sjælland. Det er således alene antallet og placeringen der varierer på den enkelte station.

Appendix indeholder en kort, teknisk beskrivelse af hvert enkelt anlæg og en forklaring på, hvad anlægget bruges til. Appendix skal læses som et opslagsværk - en slags udvidet ordforklaring der supplerer ordlisten i Kapitel 6.14.

### 9.1 AC-anlæg

AC-anlæggene skal anvendes til transmission af den elektriske energi som flyder mellem vindproduktionsanlæggene, konverteranlæggene, det sjællandske transmissionsnet og den bornholmske lokalforsyning. AC-anlægget består af koblingsudstyr, transformere, kompenseringsspoler m.m.

AC-anlæggene består af både Energinets stationsanlæg og koncessionsejers anlæg.

#### 9.1.1 GIS – Gas isoleret koblingsudstyr

For begge Energinets stationer gælder, at 400 kV AC koblingsudstyret opbygges som GIS-anlæg. Det forventes også at koncessionsejers AC koblingsudstyr på Bornholm skal opbygges som GIS.

Det vides endnu ikke hvilket spændingsniveau koncessionsejer vælger, men det kunne være 220 kV AC, 275 kV AC eller 400 kV AC. Dette bestemmes på et senere tidspunkt. Der er taget udgangspunkt i et 220 kV AC-anlæg for valg af areal.

Alle felter, samleskinner, afbrydere, adskillere og måleudstyr m.m. er indeholdt i selve GIS anlægget. For at beskytte anlægget mod vind, vejr og miljø (eks. salt) huses GIS-anlægget i en bygning, med plads til selve anlægget samt relæbeskyttelsesudstyr o.l.

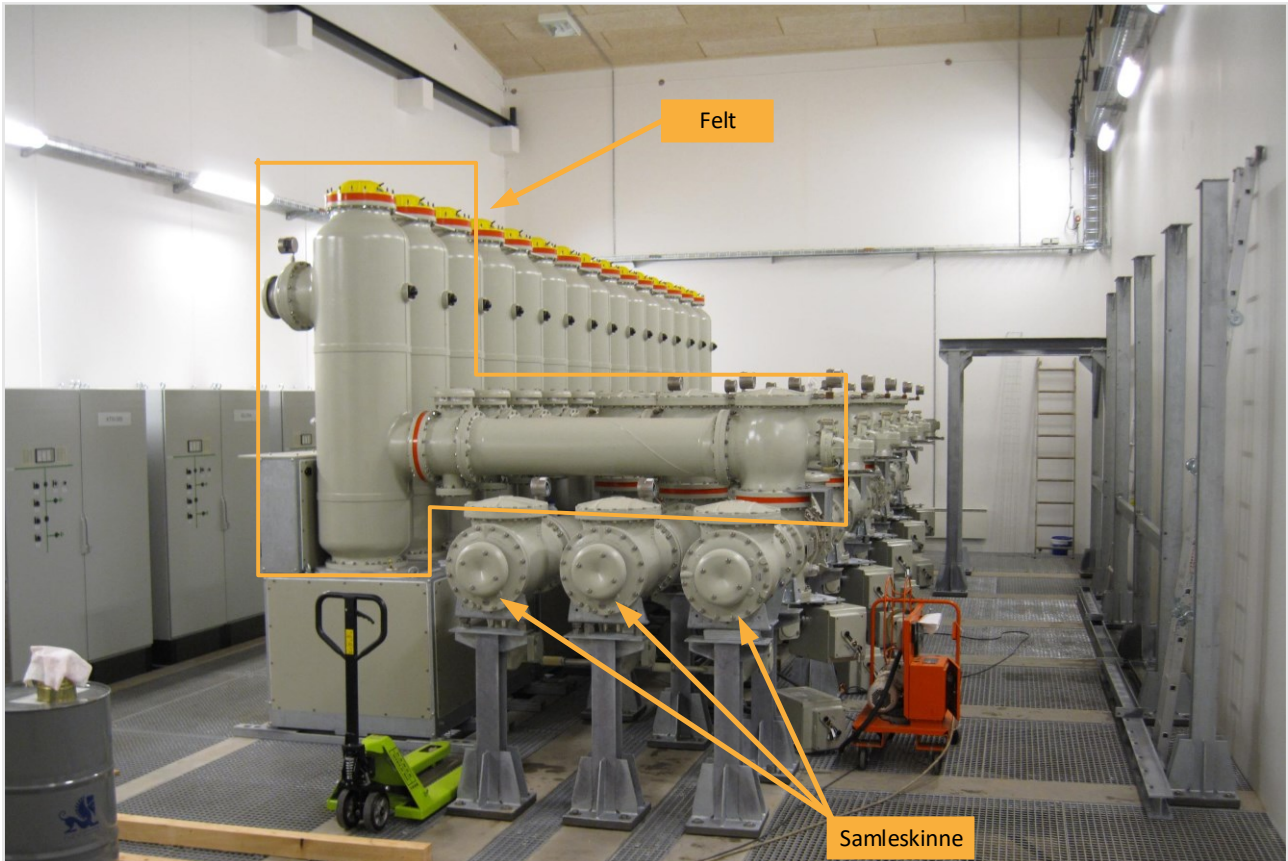
I de efterfølgende figurer (Figur 9.1 til Figur 9.4) vises eksempler på, hvordan en GIS-bygning ser ud og hvad den består af.



Figur 9.1. Eksempel på en GIS bygning. Højde: 11 meter. Fodaftryk: 1.600 m<sup>2</sup>. Revsing.



Figur 9.2. Eksempel på en GIS bygning. Højde: 11 meter. Fodaftryk: 1.600 m<sup>2</sup>. Revsing.



Figur 9.3. Eksempel på et 220 kV GIS-anlæg med 5 felter og enkelt samleskinne (station Trige).



Figur 9.4. Eksempel på et 400 kV AC GIS anlæg indkapslet i en bygning som vist på Figur 9.1. Dobbelt samleskinne med dobbelt afbrydersystem. Syv felter og en langs adskiller. Revsing.

### 9.1.2 Højspændingskomponenter

Udover GIS anlægget som er placeret i GIS-bygningen skal der placeres yderligere komponenter for opbygning af et AC-anlæg. Disse komponenter placeres typisk udendørs uden indkapsling. Disse komponenter består af:

- Transformere:
  - o Anvendes til transformering af spændingen i et AC-system fra ét spændingsniveau til et andet spændingsniveau. f.eks. fra 400 kV AC til 275 kV AC eller fra 400 kV AC til 60 kV AC.
  
- Filtre:
  - o Filtre kan anvendes til at dæmpe harmoniske spændinger og strømme, der kan komme fra andre tekniske anlæg. Filtre kan også anvendes til at dæmpe

impedanser ved forskellige frekvenser. Dette kan f.eks. være for at undgå temporære overspændinger.

- Reaktorer:
  - o En reaktor kaldes også for en kompenseringspole. Bruges til kompensering af den kapacitive effekt genereret af kabler og til kompensering af filtre. Kompenseringspolen er nødvendig for at kunne holde spændingen indenfor de tilladte grænser for variationer i spændingen.
- Lynfangmaster:
  - o Beskytter stationskomponenter. Opfanger lynnedslag.
- Overspændingsafledere:
  - o Bruges til beskyttelse af udstyr. For håndtering af eventuelle overspændinger grundet lynnedslag og koblinger af afbrydere.
- Overgangsstation (Overgangsportal):
  - o Forbinder to forskellige linjetyper. F.eks. fra luftledning til kabel eller GIS. Typisk i forbindelse med en overspændingsafleder.
- Kapacitive spændingstransformere (CVT):
  - o Anvendes i kombination med andet udstyr (Placeret indendørs) til at måle den samlede spændingskvalitet på stationen så det sikres at kundetilsluttet udstyr holder sig indenfor den påkrævede specificerede spændingskvalitet.
- AC-Choppere:
  - o Anvendes til, kortvarigt (Få sekunder), at optage effektoverskud fra vindmøller i tilfælde af at konvertere falder ud af drift, fordi vindmøllerne typisk ikke kan nedregulere hurtigt nok til at undgå udkobling af vindmøllerne. Derved undgås en nedlukning af vindmøller som ville medføre markant højere effekt-tab sammenlignet med effektoverskuddet der optages af AC-choppere. AC-choppere er opbygget med en step-down transformer, udendørs modstande samt effektelektronik (Thyristorer) indkapslet i en bygning.
- STATCOM (Static synchronous compensator):
  - o Anvendes typisk i kombination med kompenseringspoler til at kompensere for den reaktive effekt der genereres af kabler. En STATCOM er opbygget med effektelektronik. En STATCOM kan også afgive reaktiv effekt modsat en kompenseringspole der kun kan optage reaktiv effekt. En STATCOM reagerer langt hurtigere end en kompenseringspole. Indkapslet i en bygning. I tilfælde af at der skal laves en nedtransformering af spændingen vil der være tilknyttet en stepdown transformer der kan stå udendørs.

#### 9.1.2.1 Transformer – transformerfelt

En transformer projekteres til den ønskede kapacitet og kan derfor antage forskellige dimensioner.



Figur 9.5. Eksempel på en transformer. KT52 – Idomlund. Højde ved transformergennemføringer: 11 meter. Fodaftryk transformer 10 x 15 meter. Fodaftryk fundament: 17 x 17 meter.

En transformer opføres på et støbt fundament. Der graves ned til 2 meter under terræn og der støbes et tæt kar under transformeren, som kan rumme den mængde olie, som transformeren indeholder. Herved er det ved akut havari muligt at opsamle alt den olie, som ellers ville kunne spredes til omgivelserne - se Figur 9.6.

Fundamentet/karret er et og samme konstruktion. Det er en støbt "firkant" med 20 cm tykke betonvægge på en 40 cm tyk betonbund. I midten er der 2 "bærevægge" hvor transformeren bliver placeret. Metalristene der ligger på er for at man kan gå på det da det er 2 meter dybt. Spolen bliver først placeret ovenpå når det er færdigt.

Der er installeret alarm, der registrerer pludseligt fald i oliemængden på transformere, og hvis der er tilløb til olieudskilleren, der gør at der mekanisk lukkes for systemet.

I den daglige drift opsamles regnvand i karet. Regnvandet ledes via sandfang og olieudskiller inden udledning til stationens regnvandssystem.

Olieudskiller efterses årligt.



Figur 9.6. Fundament med kar som det ser ud inden der installeres et anlæg.

#### 9.1.2.2 Filter

Filteret opføres på et støbt fundament. Rundt om filteret kan der opføres en filtergård som består af et trådhegn.



Figur 9.7. Eksempel på filtre. ZF1, ZF2, ZF3 - Vester Hassing. Højde: 8 meter. Fodaftryk 80 x 25 meter.



### 9.1.2.3 Kompenseringspole (reaktor)

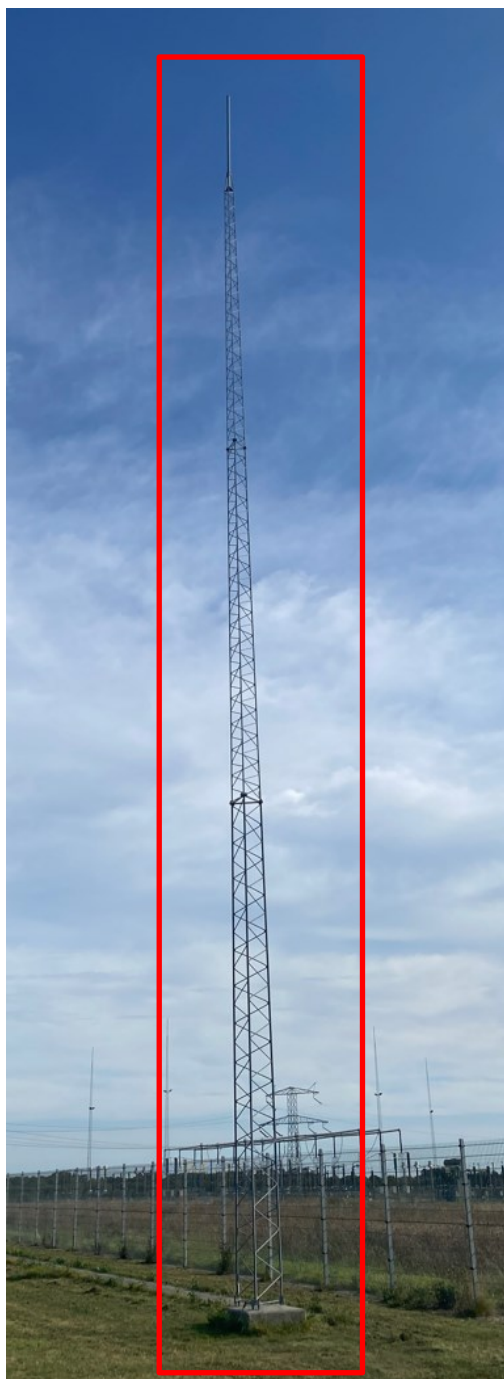
En kompenseringspole opføres på et støbt fundament som vist i Figur 9.8.



Figur 9.8. Eksempel på en kompenseringspole (Reaktor). ZL1 – Endrup. Højde ved gennemføringer: 10 meter. Fodaftryk kompenseringspole 12 x 13 meter. Fodaftryk fundament: 12 x 14 meter.

#### 9.1.2.4 Lynfangsmaster

Der etableres betonfundamenter til lynfangsmaster på stationerne. Lynfangsmaster er høje og spinkle master som beskytter stationsanlægget mod lynnedslag. Placeringen af lynfangsmasterne foretages på baggrund af det konkrete stationslayout.



Figur 9.9. Eksempel på en lynfangsmast. Endrup. Højde: 25 meter. Fodaftryk fundament: 1 x 1 meter.

### 9.1.2.5 Overgangsmast – overgangsstation – overgangsportal

Overgangsmasten etableres på et støbt fundament af beton. Konstruktionen kan være massiv eller som gitterkonstruktion. I det følgende vises forskellige eksempler på overgangsmaster. Alle eltekniske komponenter og manøvrebygninger opføres på støbte fundamenter. Fundamentene under de eltekniske anlæg er oftest pladefundamenter, med en lille synlig del over terræn, og en større plade 1,0 til 1,3 meter under terræn, som kan modstå sideværts træk i elkomponenten.



Figur 9.10. Eksempel på en overgangsmast (Overgangsportal) inklusive overspændingsafledere. Fra luftledning til kabel. Gamst. Højde: 25 meter. Fodaftryk: 23 x 20 meter.



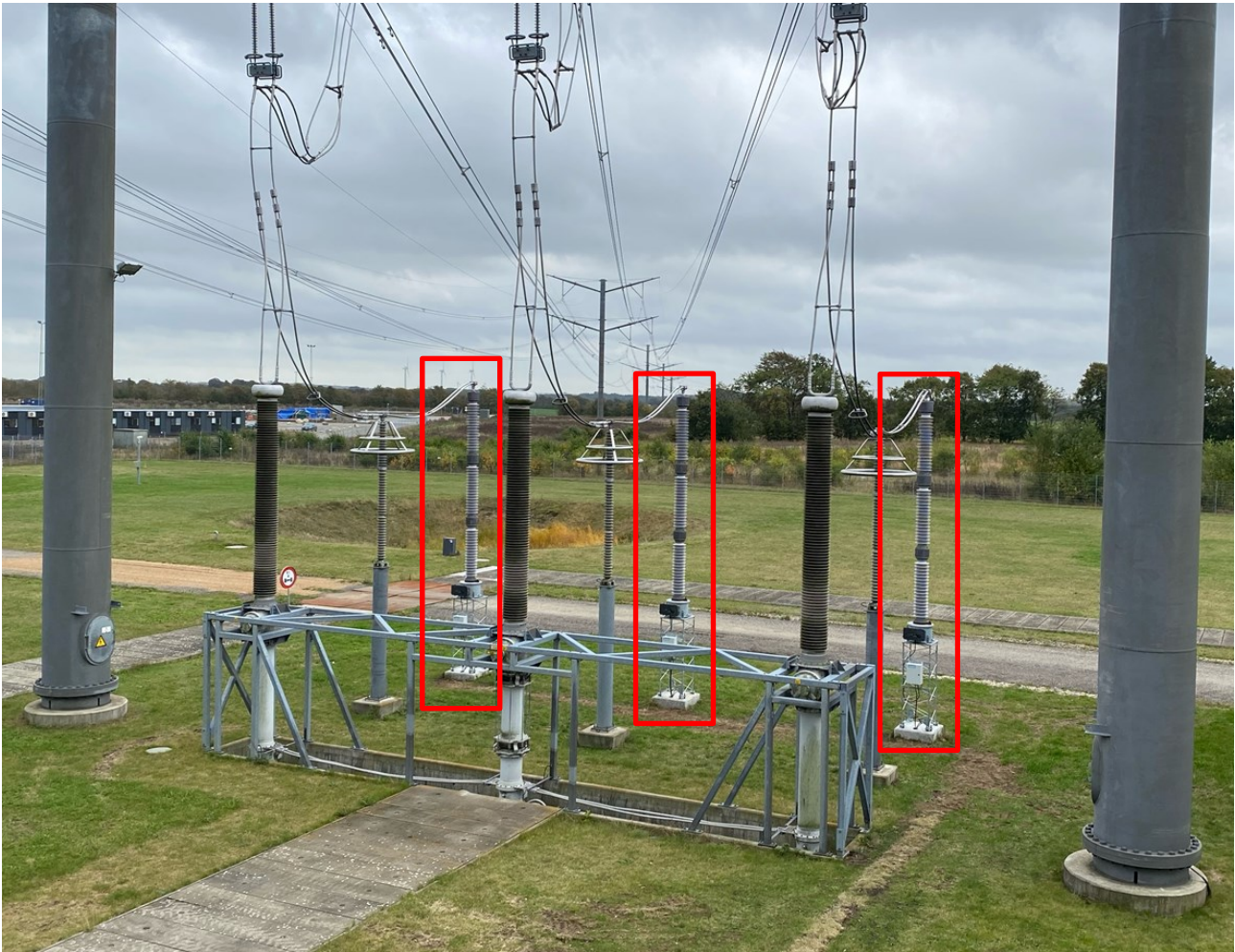
*Figur 9.11. Eksempel på overgangsportal med gitterkonstruktion.*



*Figur 9.12. Eksempel på pyramidemaster.*

Der forventes ingen overgangsstationer fra luft til kabel eller GIL placeret på nogen af stationsarealerne, men de skal derimod placeres på Sjælland ved eksisterende luftledningsnet i nærheden af, hvor den nye station ved Solhøj skal placeres, se afsnit 4.2.5.

På stationerne forventes der forskellige kabel / GIL overgangsstationer i kombination med forskellige udendørs AC stationskomponenter såsom kapacitive spændingstransformere, kompenseringsspoler, transformere m.m.



Figur 9.13. Eksempel på kapacitive spændingstransformere i kombination med et GIL / luftledningsovergangsportal. Revsing. Højde: 10 meter. Fodaftryk tre fundamenter á 1x1 meter.

### 9.1.3 Automationsbygninger

I automationsbygningen placeres en del af kontrol- og beskyttelses udstyret tilhørende AC-anlægget.

Automationsbygninger kan enten være en separat bygning eller en integreret del af GIS bygningen. Både ved Solhøj og på Bornholm forventes det at automationsbygningerne bliver en integreret del af GIS bygningerne.

I Revsing er automationsbygningen en integreret del af GIS bygningen.

### 9.1.4 Lager

Lageret kan have samme facade som andre bygninger på stationen.

Der skal være både et lager i automationsbygningen, et koldt lager og et varmt lager.



Figur 9.14. Eksempel på et koldt lager. Cobra – Endrup. Højde: 10 meter. Fodaftryk: 20 x 50 meter.

## 9.2 Konverteranlæg

Konverteranlæggene omformer den elektriske energi fra vekselstrøm til jævnstrøm og omvendt fra jævnstrøm til vekselstrøm afhængig af hvilken retning energien flyder.

Det forventes at spændingerne bliver henholdsvis  $\pm 525$  kV DC for jævnstrømssystemet og 3 x 400 kV AC, 50 Hz for vekselstrømssystemet.

DC kabelsystemet forventes udført med metallisk retur.

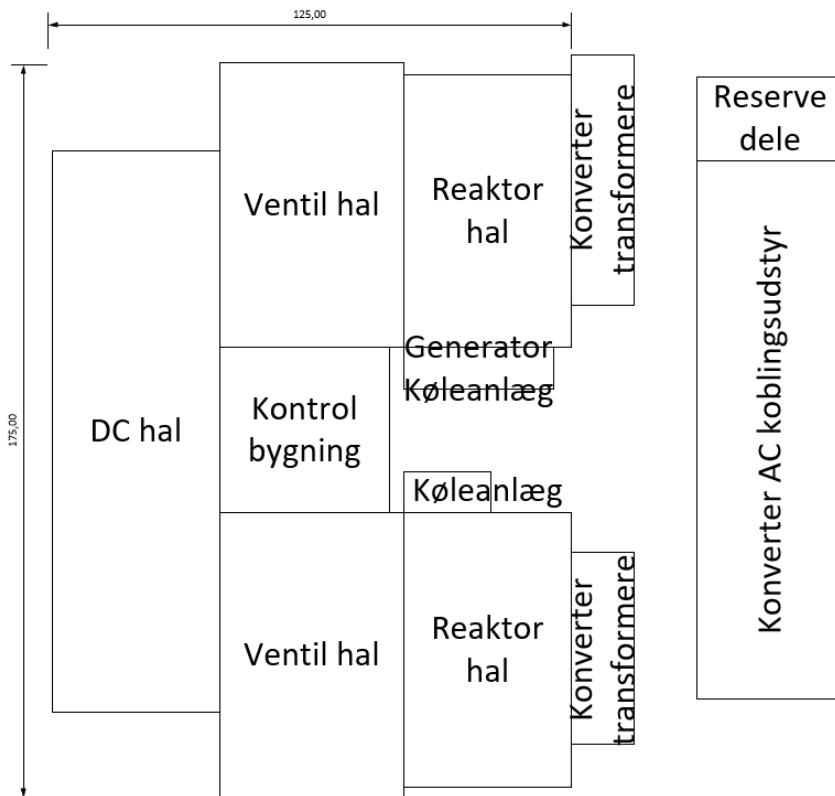


Figur 9.15. Eksempel på et bipol konverteranlæg under opførelse. Viking Link – Revsing. Der forventes opført lignende bygninger i både Solhøj og på Bornholm. Højde: 25 meter.



Figur 9.16. Eksempel på en bipol konverterbygning (Én pol) under opførelse. Viking Link – Revsing. Højde: 25 meter. Bemærk at der endnu ikke er installeret konvertertransformere foran konverterbygningen.

Konverterbygningerne består af flere forskellige sektioner, såsom DC-hal, ventil hal, kontrol bygning og reaktor hal.



Figur 9.17. Eksempel på en bipol konverterbygning. Konvertertransformere, AC koblingsudstyr, reservedele, generator og køleanlæg står udendørs.





Figur 9.18. Eksempel på en konvertertransformer. Cobra – Endrup. Højde ved transformergennemføringer: 15 meter.



Figur 9.19. Eksempel på konvertertransformerne ved Cobra i Endrup. Totalt fodaftryk: 45 x 12 meter.



Figur 9.20. Eksempel på køleanlæg foran konverterbygninger. Cobra – Endrup. Højde: 4 meter. Fodaftryk: 15 x 35 meter.

### 9.3 DC-anlæg

DC-anlægget på stationerne skal anvendes for tilslutning af DC-kablerne.

I Solhøj tilsluttes DC kablerne fra Bornholm direkte til konverteren og DC-anlægget er derfor indeholdt i konverterbygningerne.

På Bornholm er der planlagt et DC koblingsanlæg bestående af både afbrydere (Bryder, tværkobling og langskobling) samleskinner og adskillere som samlet bliver kaldt et multiterminal

DC-anlæg. Fra adskillerne i det multiterminale DC-anlæg er der en DC-forbindelse over til konverterne.

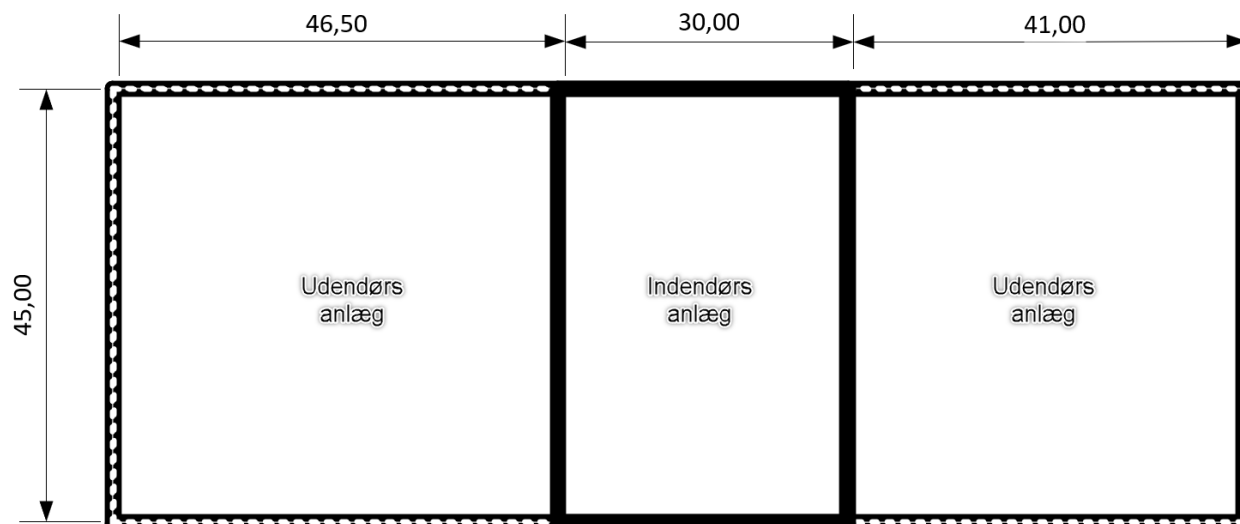
Det forventes at det multiterminale DC-anlæg på Bornholm primært udføres som et AIS anlæg.

### 9.3.1 DC-afbryder

DC-afbryderen består af en række forskellige komponenter i en kombination af udendørs og indendørs anlæg.

Selve DC-bryderen er indkapslet i en bygning og resten af udstyret forventes placeret udendørs.

Det udendørs udstyr, bestående af AC-afbrydere, adskillere, luftisolerede spoler m.m., har samme udtryk som et udendørs AIS AC-anlæg. Det forventes at det udendørs udstyr overdækkes.



Figur 9.21. DC-afbryder layout. 117,5 x 45 meter.

### 9.3.2 DC-adskiller

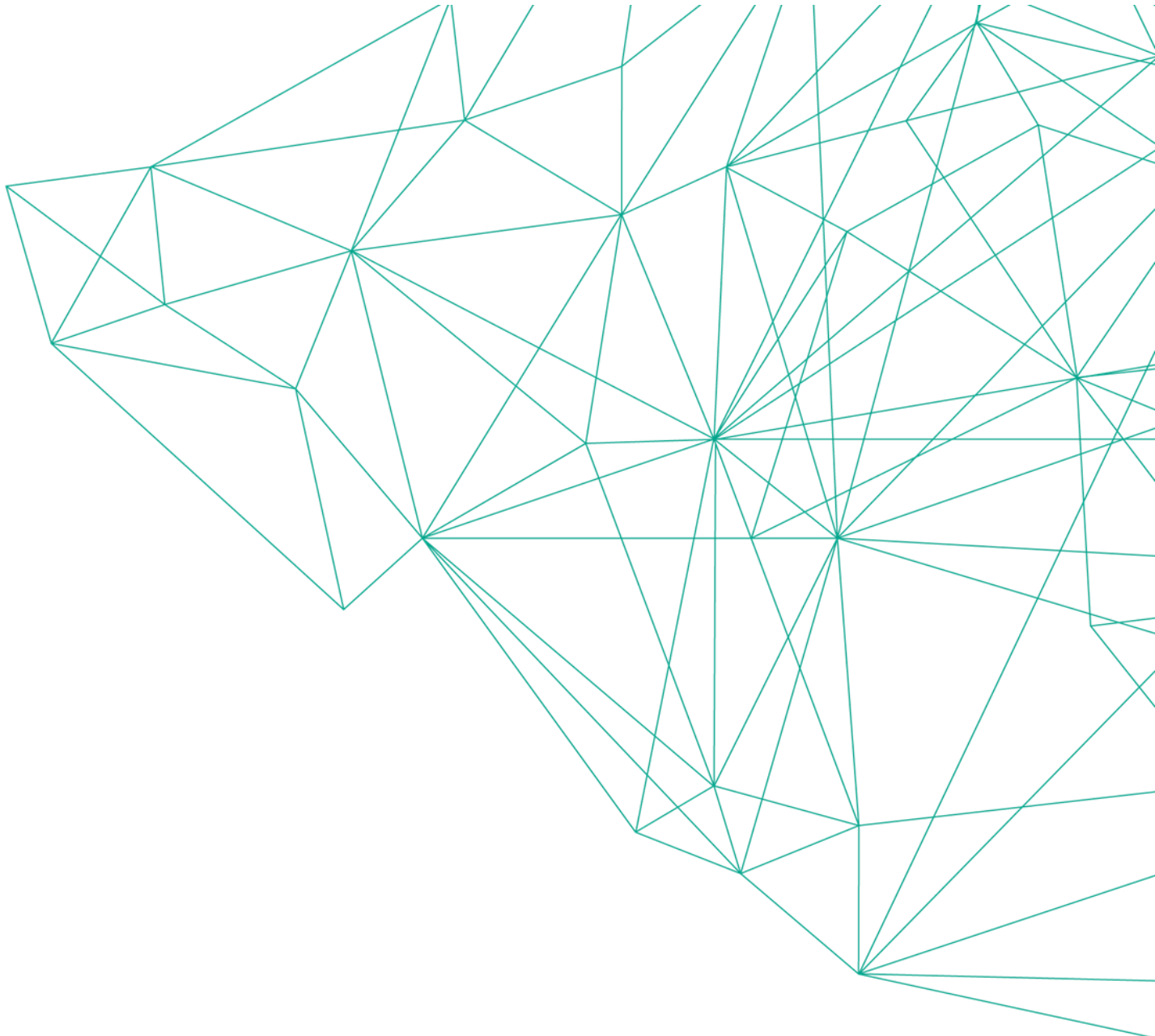
DC-adskilleren forventes udført som et AIS anlæg og har samme udtryk som udendørs udstyret beskrevet for DC afbryderen.

### 9.3.3 DC-samleskinne

Samleskinnen mellem DC-bryderne forventes udført som et luftisoleret røranlæg lignende et 400 kV AC luftisoleret røranlæg.



Figur 9.22. Eksempel på en 400 kV AC rørsamleskinne. Endrup. Højde: 12 meter. Fodaftryk: 10 x 300 meter.



**ENERGINET**  
Eltransmission

Energinet  
Tonne Kjærsvvej 65  
DK-7000 Fredericia

+45 70 10 22 44  
info@energinet.dk

**KOLOFON**

Udgiver: Energinet Eltransmission A/S  
Forfatter: Energinet

Version: 2.0

Fotos: Energinet, COWI A/S med mindre andet er angivet.

Dato: 29. oktober 2025