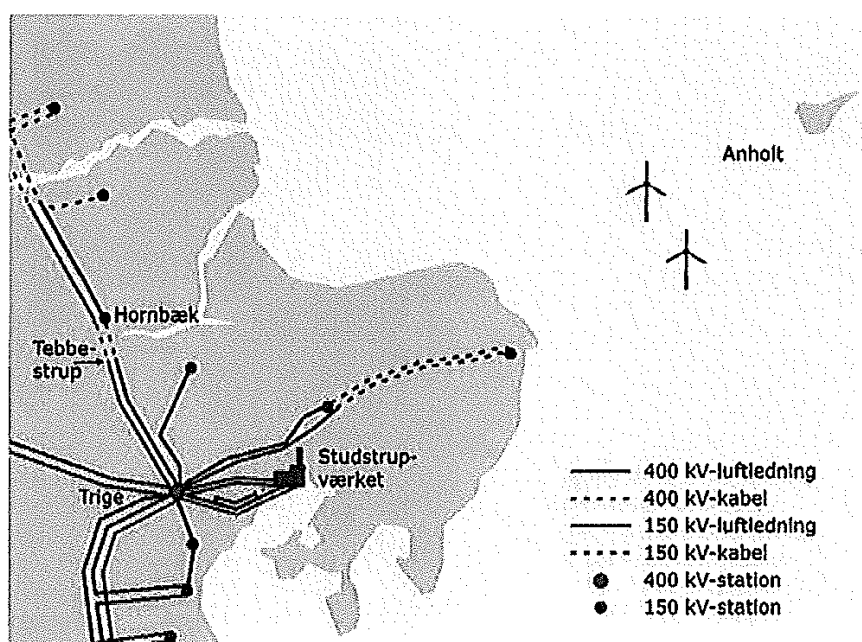


Rapport

Havmølleprojekt ved Anholt

Nettilslutning og teknologivalg



1. Indledning

1.1 Baggrund

Som led i opfølgning på den energipolitiske aftale af 12. februar 2008 skal der etableres en ny havmøllepark med en effekt på 400 MW i farvandet mellem Djursland og Anholt. Havmølleparken skal kunne idriftsættes inden udgangen af 2012. Den valgte lokalitet er beskrevet i rapporten "Fremtidige havmølleplaceringer", april 2007.

For at sikre et effektivt projektforsløb og maksimal inddragelse af erfaringer fra tidligere havmølleprojekter gennemføres forud for selve anlægsprojektet et forprojekt, som skal fastlægge det optimale, tekniske koncept for nettilslutning af den kommende havmøllepark og opstille forudsætninger for udarbejdelsen af et beslutningsgrundlag.

1.2 Formål og omfatning

Af hensyn til ordrefølgelse på projektets hovedkomponenter samt den nødvendige myndighedsbehandling skal forprojektet være gennemført med udgangen af november 2008.

Formålet med de udførte undersøgelser er fastlæggelse af den tekniske og samfundsøkonomiske optimale løsning på baggrund af de givne rammer for havmølleprojektet. Den tekniske udredning skal baseres på følgende overordnede fokusområder:

- Anlægs- og driftsøkonomi
- Rådighed
- Sandsynlighed for mulig realisering i henhold til rammebetingelser.

Følgende principper for nettilslutning af havmølleparken er undersøgt og evalueret:

- 150 kV-vekselstrømsforbindelse
- 220 kV-vekselstrømsforbindelse – alternativt spændingsniveau
- HVDC VSC jævnstrømsforbindelse.

Desuden er alle 150 kV- og 400 kV-nettilslutningspunkter omkring Djursland vurderet.

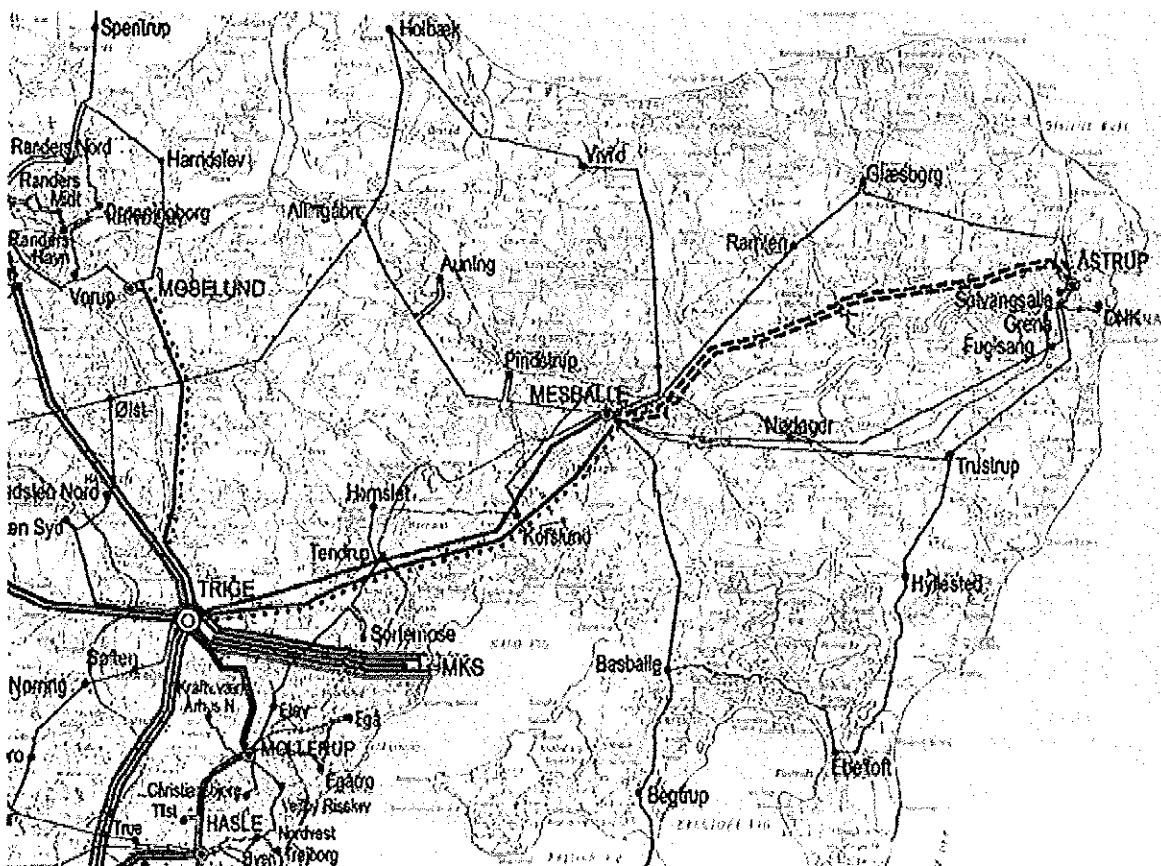
2. Analyse af mulige tilslutningspunkter

I forbindelse med ilandføringen og nettilslutningen af havmølleparken ved Anholt opstilles i de følgende løsningsforslag de umiddelbare fordele og ulemper, som vil være til stede ved de forskellige nettilslutningsmuligheder, hvis systemspændingen vælges til 150 kV AC.

Alle 150 kV- og 400 kV-stationer på og omkring Djursland vurderes, så netberegningerne kan koncentreres om de mest oplagte nettilslutningspunkter. Pladsbehovet og tilgængeligheden vurderes på de enkelte stationer, samt den geografiske beliggenhed i forhold til ilandføringen af søkablerne kontra landkablerne. Ligeledes vurderes renoveringsbehovet for det eksisterende net og sammenholdes med de aktuelle planer.

Grundforudsætningerne for netberegningerne i de mest oplagte løsningsmodeller skal således ses i sammenhæng med det allerede tilgængelige transmissionsnet, ligesom et kabellagt fremtidigt transmissionsnet.

Ud over det, som er nævnt ovenfor, kan øvrige forhold også komme på tale. Nedenfor følger en illustration af det eksisterende transmissionsnet ved Djursland.



Figur 2-1 Transmissionsnettet på Djursland. Røde linjer - 400 kV, sorte linjer 150 kV, blå linjer - 60 kV.

2.1 150 kV-stationer

Følgende 150 kV-stationer vurderes:

- Hornbæk
- Mesballe
- Moselund
- Trige
- Åstrup
- Desuden vurderes en udnyttelse af 150 kV-generatorledningerne på Studstrupværket.

2.1.1 Hornbæk

Geografisk set ligger Hornbæk relativt på linje med havmølleparken. Dog vil der ved nettilslutning i Hornbæk formentligt skulle anvendes meget lange søkabler, hvor en fornuftig kompensering af disse bliver vanskeliggjort af kabellængden. Desuden ligger Hornbæk på den "forkerte" side af Randers i forhold til havmølleparken. Der er p.t. ingen 400 kV-transformering, hvilket vil blive nødvendigt for at undgå unødigt transport på de to 150 kV-forbindelser henholdsvis til Trige og Katbjerg/Kærbybro/Tinghøj. Ydermere er både 150 kV- og 400 kV-forbindelsen mellem Hornbæk og Trige kabellagte med en mindre overførings-evne end luftledningerne til følge.

Knudepunktsmæssigt vil stationen være sårbar over for netmangel i længere tid. En forstærkning i 150 kV- og/eller 400 kV-nettet kan derfor komme på tale. Tilstandsmæssigt er stationen renoveret omkring 2003-2004, hvorfor der ikke foreligger aktuelle planer for denne.

Fordele:

- Der ses ikke umiddelbart nogle fordele ved tilslutning af havmølleparken i station Hornbæk.

Ulemper:

- Stationens placering og begrænsninger i det eksisterende transmissionsnet.

2.1.2 Mesballe

Mesballe ligger på linje med Trige og Åstrup. Formaskningen i transmissionsnettet er hæmmet af, at der kun er én direkte 150 kV-forbindelse til Trige, hvor effekten kan afsættes i det formaskede 150 kV-net og 400 kV-transitlinjerne. Ca. 5,7 km af driftsstrækningen MES-TRI, startende fra Trige, er kabellagt i oktober 2008. Strækningen har herefter fået reduceret overføringsevnen fra 720 A til 600 A. Der skal derfor ske netforstærkninger fra Mesballe mod Trige, ilgesom der stadig skal etableres nye kabelforbindelser mellem ilandføringen af søkablerne og Mesballe.

Det kan ikke udelukkes, at der opstår risiko for spændingsspring på 150 kV-skinnen i Mesballe ved udkobling af havmølleparken på grund af nettets simple formaskning, herunder det minimale kortslutningsniveau på ca. 1.500 MVA.

Der kan også risikeres utilladelige spændingsvariationer i distributionsnettet under Mesballe som følge af havmøllernes svingende effektproduktion. Løsningen kan være at etablere en SVC. Ellers kan det blive problematisk at koble havmølleparken elektrisk til 150 kV-nettet i Mesballe.

En løsning, hvor Mesballe i stedet er en "mellemstation" kan måske etableres, hvor eventuelle reaktorer og koblingsanlæg etableres elektrisk isoleret fra det øvrige 150 kV-net. Det kan dog blive nødvendigt med tilkøb af jord.

Tilstandsmæssigt er stationen planlagt ombygget i 2011, hvor stationen forventes ombygget til en 2-bryder station med dobbelt samleskinne. Ligeledes forventes den resterende del af ledningen MES-TRI, som er fra 1967, fornyet i 2011.

Fordele:

- Ombygningen af stationen kan koordineres tidsmæssigt med etableringen af havmølleparken, så der kan indregnes plads til reaktorer og reaktorfelter m.v., som kan blive nødvendige for det samlede kabelanlæg.

Ulemper:

- Ved elektrisk nettilslutning i Mesballe kan spændingsvariationer måske risikeres i distributionsnettet, som følge af havmøllernes svingende effektproduktion. En SVC kan løse dette problem.
- Manglende overføringsevne i det eksisterende net, hvilket kan lede til yderligere forstærkningsbehov for at kunne klare en eventuel stigning i den fremtidige decentrale produktion på Djursland.
- Begrænset kortslutningseffekt. En SVC kan løse dette problem.

2.1.3 Moselund

Moselund er etableret som en radialstation med kun én 150 kV-forbindelse til Trige. Der er i dag ingen transitmuligheder, hvorfor en nettilslutning her vil være meget omkostningstung i form af behovet for flere 150 kV-forbindelser til stationen. De samme betragtninger, som angivet i beskrivelsen af Mesballe, vedrørende spændingsspring kan risikeres i det underliggende distributionsnet ved udkobling af havmølleparken.

Fordele:

- Der ses ikke umiddelbart nogle fordele ved tilslutning af havmølleparken i station Moselund.

Ulemper:

- Stationens placering samt det eksisterende transmissionsnet.

2.1.4 Trige

Trige er en 150 kV-knudepunktstation med ni 150 kV-forbindelser til øvrige 150 kV-stationer, samt tre generatorledninger fra Studstrupværket. Desuden er der to 400 kV-transitlinjer, samt én 400 kV-generatorledning, ligeledes fra Studstrupværket. Der er én 400/150 kV-transformer, samt én 400 kV-reaktor. Sammenholdt med 150 kV-nettet er der således en virkelig god formaskning i transmissionsnettet tæt på det store forbrugscentrum i Århus. Kortslutningsniveauet er højt, hvilket minimerer risikoen for spændingsspring ved momentan udkob-

ling af havmølleparken. Spændingsvariationer i de underliggende distributionsnet, som følge af havmøllernes svingende effektproduktion, vil også være minimeret, da distributionsnettene ikke eksisterer direkte under station Trige.

Ved nettilslutning direkte i Trige ses der ikke umiddelbart behov for netforstærkning af transmissionslinjerne, hverken på 150 kV-niveau eller 400 kV-niveau. Der ses en oplagt mulighed for etablering af en ekstra 400/150 kV-transformer til at føre den ekstra effekt op i 400 kV-nettet.

Tilstandsmæssigt er 150 kV-stationen planlagt fornyet i flere etaper, startende i slutningen af 2008. Grundet større omfang end oprindeligt planlagt forventes stationen først færdigrenoveret i slutningen af 2010 eller i starten af 2011.

Man skal være opmærksom på fordelene i at etablere nettilslutningen adskilt fra det eksisterende 150 kV-net og direkte op via en ny 400 kV-transformer til 400 kV-nettet. Det giver nogle spændingsmæssige reguleringsmuligheder, som ikke vil være til stede uden en separat transformering. Denne model er tidligere benyttet ved Horns Rev 2. Uanset hvilket AC-spændingsniveau der vælges, kan denne model finde anvendelse.

Fordele:

- En meget stor grad af formaskning i transmissionsnettet gør denne station velegnet til nettilslutning af havmølleparken.
- Meget stor grad af fleksibilitet i den daglige drift, samt i n-1 situationer.
- Tæt på et stort forbrugscentrum i Århus.
- Minimale spændingsspring ved momentan udkobling af havmølleparken på grund af det store kortslutningsniveau.
- Der forventes ingen betydende spændingsvariationer i det omkringliggende distributionsnet.

Ulemper:

- Den samlede afstand til havmølleparken gør nettilslutningen omkostnings tung.

2.1.5 Åstrup

Åstrup ligger placeret som den klart tætteste 150 kV-station på en mulig ilandføring af søkablerne fra havmølleparken. Der er mulighed for kompensering af kablerne på stationen. Det kan dog komme på tale, at der skal tilkøbes jord for at få plads til reaktorerne.

Elektrisk set er en tilslutning i det eksisterende 150 kV-net i Åstrup uheldigt på grund af den lave kortslutningseffekt i stationen, samt de eksisterende kables begrænsede overføringsevne. Det kan derfor komme på tale at etablere en SVC i stationen for at reducere spændingsvariationerne som følge af havmøllernes svingende effektproduktion. Den samlede forbindelse mellem Trige og Åstrup skal opgraderes i overføringsevne. Dette kan blandt andet gøres ved at etablere et nyt 150 kV-kabel Trige-Åstrup.

Tilstandsmæssigt er stationen fra omkring 2000, og der er således ingen ombygnings- og/eller renoveringsplaner for stationen.

Fordele:

- Kort afstand fra havmølleparken til det nærmeste transmissionsnet.
- Der er umiddelbart mulighed for etablering af reaktorer til ilandføringsanlægget i Åstrup.

Ulemper:

- Der skal etableres et kabel fra Trige til Åstrup da de nuværende kabler ikke kan overføre effekten fra havmølleparken.
- Begrænset kortslutningseffekt.
- Ved elektrisk nettilslutning i Åstrup kan spændingsvariationer forekomme i distributionsnettet som følge af havmøllernes svingende effektproduktion. En SVC kan dog løse dette problem.
- Der er manglende overføringsevne i det eksisterende net, hvilket vil betyde etablering af nye 150 kV-forbindelser videre til Trige, som er det nærmeste 400 kV-knudepunkt.

2.1.6 Studstrupværket

Ved nettilslutning på Studstrupværket vil det være nødvendigt at lade en eller to af 150 kV-generatorledningerne til Trige overgå til havmølleparkens nettilslutning i Trige.

Det kan stadig ses som en fordel, at ilandføringsanlægget etableres ved Åstrup, hvor kompensering af søkablerne kan foretages. Den videre forbindelse til Studstrupværket vil enten skulle gå forbi Mesballe og ned til Studstrupværket eller ned over Syddjurs kommune og over vandet det sidste stykke til Studstrupværket.

Dog skal man være opmærksom på, at brugen af generatorledningerne fra Studstrupværket til Trige kan ende med en kabellægning som led i en større kabellægningssituation. Det kan derfor vise sig som en dyrere løsning end at gå direkte fra Åstrup til Trige over Mesballe.

Renoveringsbehovet for 150 kV-generatorledningerne er ukendte.

Hvis der tages udgangspunkt i Studstrupværkets 150 kV-generatorledninger, skal der først indgås aftale om brugen af disse.

Fordele:

- Der er umiddelbart overføringsevne til stede i 150 kV-generatorledningerne fra Studstrup til Trige.
- Der er allerede etableret linjefelter i Trige.

Ulemper:

- Generatorledningerne er ejet af Studstrupværket.
- Alt afhængig af tracévalget for ilandføringsanlægget og frem til Studstrupværket kan der blive tale om ekstra kompensering undervejs på strækningen.

2.2 Sammenfatning og anbefalinger tilslutningspunkter

Det indstilles, at nettilslutningen sker i det nærmeste 400 kV-knudepunkt, så effekten kan føres effektivt væk. 400 kV-mæssigt er der to relevante stationer i området, hvoraf den ene, Hornbæk, er tyndt formasket i transmissionsnettet. Tilbage er der station Trige med et solidt 150 kV-net, som forbrugscentrummet i Århus kan aftage en stor del af effekten fra, ligesom der er to 400 kV-transitledninger, som kan transilere den sidste del af effekten væk. Ved en fremtidig kabellægning af 150 kV-nettet skal der således tages hensyn til den ekstra effektindfødnings i Trige, som ved en god formaskning i 150 kV-nettet kan aftages i Århusområdet.

For at minimere uheldige og/eller ukendte driftssituationer mest muligt og for at optimere den daglige drift af transmissionsnettet, herunder også ved revisionsplanlægning, anbefales det, at nettilslutningen foregår direkte i station Trige.

Det anbefales ligeledes at etablere nettilslutningen adskilt fra det eksisterende 150 kV-net og direkte op via en ny 400 kV-transformer til 400 kV-nettet. Fordele ved det er, at hvis der ikke er noget belastning vil spændingen på 150 kV kablet stige på grund af Ferranti effect, og for at holde spændingen ved acceptable niveau på platformen skal spændingen på land sænkes. Hvis forbindelsen kombineres med det eksisterende 150 kV-net, skal spændingen på det sænkes, det medfører at tabende vil blive større.

3. Tracé

På nuværende tidspunkt er det ikke fastlagt, hvor søkablet skal føres i land samt i hvilket tracé landkablet skal føres til station Trige. Dette skal ske i et tæt samarbejde med de berørte kommuner¹ og en endelig afklaring vil først foreligge når der er foretaget de nødvendige natur- og miljøundersøgelser. De berørte kommuner vil formentlig i løbet af foråret 2009 udlægge areal til placering af kabelstationen samt areal til en planlægningszone, hvor inden for kablitracéet kan placeres.

Landkablet vil komme til at berøre Norddjurs, Syddjurs og Århus Kommuner. Kabelstationen, der skal placeres tættest muligt på kysten, vil formentlig blive placeret i Norddjurs Kommune.

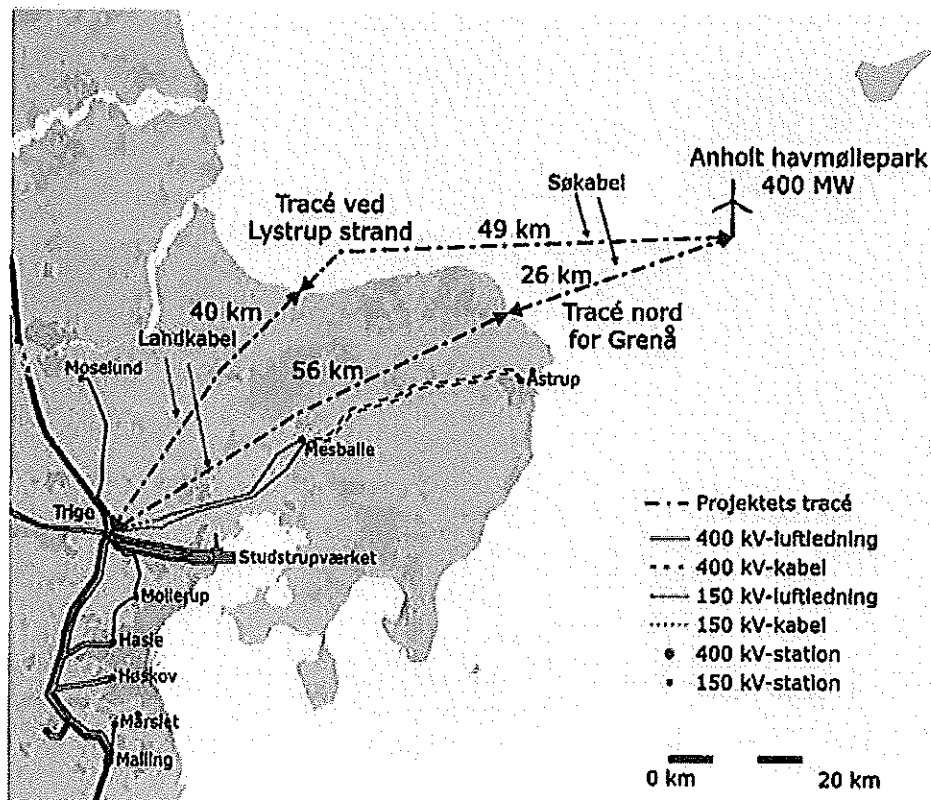
Inden for planlægningszonen vil kablitracéet blive fastlagt i forbindelse med den endelige projektering. Ved placering af kablitracéet skal der tages flest mulige hensyn til boliger, natur, miljø og andre arealinteresser. Det kan dog ikke undgås, at en så lang kabelstrækning kan komme i konflikt med andre interesser, men i videst muligt omfang vil der blive arbejdet på, at mindske påvirkningerne fra llandføringsanlægget mest muligt.

Der er mange forskellige steder, hvor søkablet kan føres i land og undersøgelser vil klarlægge, hvor det vil være mest hensigtsmæssigt i forhold til de miljø- og naturmæssige interesser. Landkablet kan ligeledes føres frem til station Trige i mange forskellige tracéer, men også her vil det være nødvendigt at foretage

¹ Det er kommunerne, der har ansvaret for planlægningen i henhold til planloven.

nogle undersøgelser. I forbindelse med de tekniske beregninger er der imidlertid taget udgangspunkt i forskellige forslag, men det er først i forbindelse med planlægningsprocessen i de berørte kommuner, der vil blive taget endelig stilling til ilandføringspunktet samt landkablets placering.

Til udarbejdelse af tekniske og økonomiske analyser, hvor kabellængder er nødvendige, anvendes to forskellige muligheder: tracé ved Lystrup strand og tracé nord for Grenå, som vist i figuren neden under. Tracéet ved Lystrup strand vil bestå af ca. 40 km landkabel og 49 km søkabel (total 89 km), mens tracéet nord for Grenå vil bestå af ca. 56 km landkabel og 26 km søkabel (total 82 km).



Figur 3-1 Tracé ved Lystrup strand og tracé nord for Grenå.