

SUND OG BÆLT

ANALYSE AF FREMSKUDT FÆRGEHAVN VED TÅRS

ELFÆRGER OG VINDMØLLER

SUND OG BÆLT

ANALYSE AF FREMSKUDT FÆRGEHAVN VED TÅRS

ELFÆRGER OG VINDMØLLER

PROJEKTNR.

A258774

DOKUMENTNR.

A258774-HAV-TEK-07

VERSION

1.0

UDGIVELSESDATO

11 Okt. 2024

BESKRIVELSE

Udkast

UDARBEJDET

JJU

KONTROLLERET

ADKE

GODKENDT

JJU

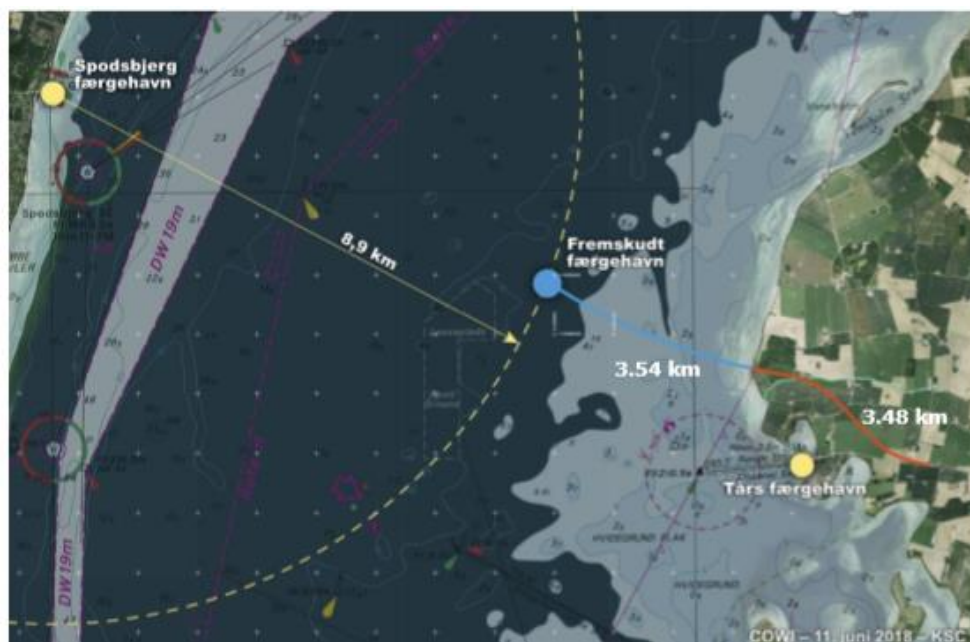
INDHOLD

1	Indledning	7
1.1	Idebeskrivelse	8
2	Elfærger	9
2.1	Overfartstid	9
2.2	Opladning af batterifærger	9
2.3	Ladeeffekt	10
3	Vindmøller	11
3.1	Elektrisk infrastruktur	11
3.2	Placering af vindmøller	14
4	Økonomiske overvejelser	19
5	Konklusion	20
5.1	Elfærger	20
5.2	Elektrisk infrastruktur	20
5.3	Placering af vindmøller	21
5.4	Økonomiske overvejelser	22
6	Referencer	23

1 Indledning

Den fremskudte færgehavns formål er at skabe rammerne for at opnå en kortere overfartstid året rundt på overfarten Spodsbjerg-Tårs ved at etablere havnen på en kunstig ø ca. 3,5 km ude i Langelandsbælt, se Figur 1.

Analyserne af en fremskudt havn ved Tårs behandler potentielle hydrografiske påvirkninger såvel lokalt som regionalt. Fokus er på de permanente hydrografiske ændringer og udvalgte miljøpåvirkninger.



Figur 1 Kort med placering af den fremskudte havn.
Blå cirkel: Indikativ placering af fremskudt færgehavn.
Blå linje: Indikativ linjeføring af dæmning/bro.

Kommissoriet for analyser af strømforhold, besejlingsforhold og udvalgte miljøforhold ved en fremskudt færgehavn ved Tårs indeholder også, at der på et overordnet niveau skal ses på mulighederne for på sigt at etablere vindmøller ved eller på selve færgehavnen, herunder betydningen for udformningen af selve færgehavnen og påvirkningen af vandgennemstrømningen i den forbindelse.

1.1 Idebeskrivelse

På flere danske færgeruter ombygges eksisterende dieseldrevne færger til el-drevne færger (elfærger) eller der indkøbes nye elfærger. Derfor er muligheder for introduktion af elfærger på færgeruten mellem Spodsbjerg og en fremskudt færgehavn ved Tårs blevet undersøgt på et overordnet niveau. Endvidere er det på et overordnet niveau undersøgt hvad der kræves for at kunne oplade elfærgerne med strøm fra vindmøller opsat på eller ved den fremskudte færgehavn.

En beskrivelse af mulighederne for at bruge elfærger på færgeoverfarten er nærmere beskrevet i afsnit 2 med fokus på overfartstid og krav til ladeeffekt. Under forudsætning af en elektrificering af de to nuværende færger, er kravene til den elektriske infrastruktur for at oplade elfærger i den fremskudte havn med strøm fra vindmøller placeret på eller ved den fremskudte havn beskrevet i afsnit 3.1. Mulighederne for placering af det krævede antal vindmøller på eller ved den fremskudte færgehavn er dernæst undersøgt blandt andet under hensyntagen til vejledning om sikkerhedsafstande, se afsnit 3.2. Afsnit 4 indeholder økonomiske overvejelser ved implementering af elfærger/vindmøller og afsnit 5 giver hovedkonklusionerne af de overordnede undersøgelser.

2 Elfærger

Der er principielt ingen overordnede forskelle mellem elektriske færger (batteridrevne) og konventionelle diesel drevne færger, da energiforsyningen teknisk set ikke har anden indflydelse på færgen end på fremdrivningsmaskineriet (el-motor versus dieselmotor) samt den måde energien opbevares ombord på færgen, dvs. batterier versus tanke til dieselolie. En mere detaljeret beskrivelse af erfaringer med elfærger i og udenfor Danmark samt beregninger af overfartstid og ladeeffekter ved implementering af elfærger på Spodsbjerg-Tårs overfarten er givet i A258774-HAV-TEK-01_Ver1.0 Elfærger.

2.1 Overfartstid

I den indledende forundersøgelse fra 2018 var ønsket at opnå halvtimesdrift ved at placere en fremskudt havn i Langelandsbælt, se Figur 1, således opnås en afstand på 8,9 km mellem rampe til rampe i de to færgelejer. Antagelserne for halvtimesdrift var:

- > Sejltid på 22 minutter inkl. accelerations- og decelerationstid, dvs. en gennemsnitlig sejlhastighed på 13,1 knob (24,3 km/t)
- > Havnetid på 8 minutter (fortøjning, ilandkørsel og ombordkørsel)

En sejltid på 22 min. er efterfølgende fundet ikke at være realistisk med de eksisterende færger drevet af 5 diesel generatorer, da den gennemsnitlige motorbelastning vil være for stor ved en kontinuerlig servicehastighed på 15,4 knob (servicehastigheden er den hastighed, en færge sejler med efter at have accelereret og indtil den starter decelerationen).

Erfaringer fra Spodsbjerg-Tårs og fra andre danske færgehavne viser, at en havnetid på ca. 15 minutter, som for den nuværende færgerute, er et minimum for havnetiden. Det vurderes derfor ikke at være realistisk at opnå en havnetid på 8 min, og derfor heller ikke realistisk at opnå halvtimesdrift for den fremskudte havn med to færger.

Med de eksisterende dieseldrevne færger vil sejltiden med en typisk servicehastighed på 11,4 knob være 27 min. Ved at fastholde en havnetid på 15 min. vil den samlede tid for en sejlads være 42 min. (det vil i praksis sige 45 min. mellem afgangene).

Ved elfærger kan servicehastigheden øges til 15,4 knob og sejltiden derfor ned sættes til 22 min., hvilket betyder at den samlede tid for en sejlads vil være 37 min. (det vil i praksis sige 40 min. mellem afgangene med to færger).

2.2 Opladning af batterifærger

Opladningen af en batterifærge er et meget vigtigt element i planlægning og gennemførelse af elfærgedrift. Som regel bruges store energimængder til

fremdrivning af et skib, specielt, hvis skibet er stort og sejler hurtigt, samt hvis den ønskede sejldistance er lang.

Elfærgedrift er meget oplagt til korte sejlruiter (en længde svarende til maksimalt 2–3 timers varighed) med en moderat servicehastighed. Specielt korte indlandsruiter er oplagte, da sejldistancen typisk er af størrelsesordenen 10 sømil og farten typisk er 10–15 knob. Dette betyder, at den elektriske energimængde batterierne skal oplades med, vil kunne ske via en opladning på 10–15 minutter.

Netop opladning af elfærger kræver en omhyggelig planlægning, for det første skal det eksisterende transmissionsnet i form af 10 kV ledninger eller mere identificeres, da dette ikke altid er ført frem til havnene. Der skal i givet fald etableres en ledning fra havnen til nærmeste 10 kV ledning. Der vil ofte være en kort havnetid til opladning – typisk omkring 10–15 minutter. Der skal på havnen placeres en transformer og ladestik til færgen, så en hurtig opladning sikres. Med den erfaring, der efterhånden er opbygget herhjemme og i udlandet, eksisterer der flere pålidelige ladesystemer, hvor tilkoblingen af elkabel fra landsiden til skibet kan ske på mindre end 1 minut, så det meste af færgens liggetid i havnen kan bruges til opladning.

2.3 Ladeeffekt

Den nødvendige ladeeffekt er beregnet for to forskellige ladetider under forudsætning af at færgerne oplades efter hver enkelte tur:

- > 12 minutter, svarende til en ladeeffekt på 6,8 MW uden hensyntagen til tid for til- og frakobling af elkabel fra landsiden til færgen. Med tilkobling af elkabel fra landsiden til færgen på 1 minut giver det en samlet ladetid på 13 minutter.
- > 7 minutter, svarende til en ladeeffekt på 11,6 MW uden hensyntagen til tid for til- og frakobling af elkabel fra landsiden til færgen. Med tilkobling af elkabel fra landsiden til færgen på 1 minut giver det en samlet ladetid på 8 minutter.

Beregningerne er foretaget for et batteri med en kapacitet på 2.253 kWh, hvilket svarer til batterier med en vægt på 18–27 t afhængig af batterifabrikant og anses for en normal størrelse. En ladespænding på 10 kV er anvendt.

3 Vindmøller

I forbindelse med en mulig introduktion af elfærger for færgeruten mellem Spodsbjerg og en fremskudt færgehavn ved Tårs, er det på et overordnet niveau undersøgt hvad der kræves af den elektriske infrastruktur for at kunne oplade elfærger med strøm fra vindmøller og mulighederne for placering af det krævede antal vindmøller på eller ved den fremskudte færgehavn.

3.1 Elektrisk infrastruktur

I forbindelse med den elektriske infrastruktur er der foretaget en vurdering af distributionsnetværket i begge ender af færgeforbindelsen efterfulgt af hvordan produceret vindenergi kan bruges til opladning af elfærger og hvad kravene er til havnen og for tilslutning til det eksisterende 10 kV net.

To scenarier af antal færgeture er analyseret:

- > 18 ture/dag fra hver havn (svarende til timesdrift fra 5.15 til 22.15 hver dag)
- > 36 ture/dag fra hver havn (svarende til halvtimes drift fra 5.15 til 22.15 hver dag)

For begge scenarier er der udført beregning af energibehov og forventet produktion fra vindmøller. Undersøgelsen inkluderer også nødvendigheden af at importere elektricitet fra distributionsnetværket.

3.1.1 Forudsætninger

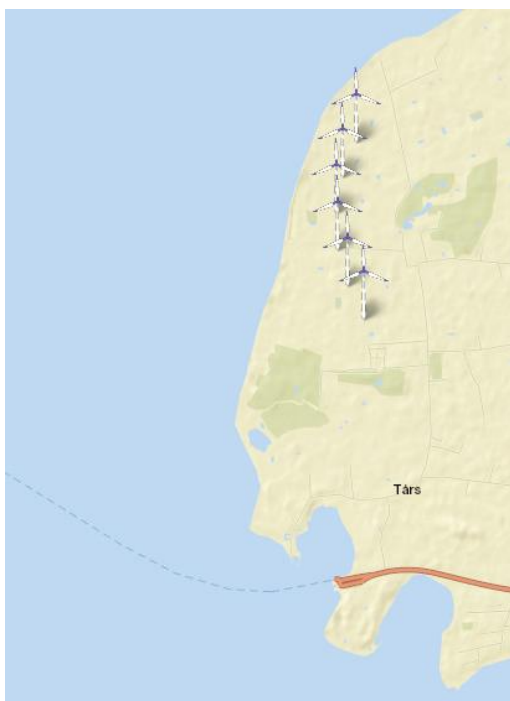
Forudsætningerne for den overordnede vurdering er:

- > Færger er Ro-Ro passagerskibe
- > Færgerne oplades i begge havne
- > Færgerne vil sejle med en elektrisk frekvens på 60 Hz.
- > Vurderingen er foretaget for placering af vindmøller tæt på den foreslåede nye havn på Tårs. I princippet kan en lignende løsning med vindmøller anvendes i Spodsbjerg.
- > Vindmøller svarende til dem, der allerede er installeret i den nærliggende landbaserede vindmøllepark, Sandby, dvs. V117 med en effekt på 3,45 MW. Rotordiameteren for denne mølle er 117m.
- > Beregningerne af den elektriske infrastruktur er konservativt baseret på en ladetid på 7 min, dvs. en krævet ladeeffekt på 11,6 MW.

3.1.2 Distributionsnetværket

På Langelands-siden ser der ud til at være flere 10 kV-forbindelser tæt på havnen. Det vil være nødvendigt at have en dialog med elforsyningsselskabet for at diskutere de mulige forbindelsesdetaljer i betragtning af deres netværksudvidelsesplan og tidslinje for forbindelsesprocessen.

På Lollands-siden ser der også ud til at være adgang til en 10 kV-forbindelse i nærheden af den fremskudte havn. Dels findes der en forbindelse i den eksisterende færgehavn og dels findes der forbindelser ved den nærliggende Sandby vindmøllepark, der ligger ca. 1,4 km fra det planlagte landgangspunkt for adgangsvejen. Placering af Sandby vindmøllepark og den eksisterende færgehavn i Tårs er vist i Figur 2. Det vil være nødvendigt at have en dialog med elforsyningsselskabet.



Figur 2 Sandby vindmøllepark og eksisterende færgehavn i Tårs.

3.1.3 Energibehov og produktion fra vindmøller

En beskrivelse af den krævede elektriske infrastruktur for at kunne bruge elektricitet fra vindmøller til drift af elfærger for Spodsbjerg-Tårs overfarten er beskrevet i A258774-HAV-TEK-03_Ver1.0 Wind Turbines–Electrical infrastructure. Dette inkluderer et system af batterier på havnen til opbevaring af elektricitet til opladning af elfærgerne.

Det er i vurderingen antaget, at 5% af det krævede energibehov importeres fra distributionsnettet. Uden import af elektricitet vil det være meget udfordrende at opnå fuld færgedrift, idet der kan være tidspunkter, hvor der hverken er tilstrækkelig vind eller lagret tilstrækkelig energi i batterierne på havnen, og en forøgelse af batteristørrelsen vil påvirke omkostningerne betydeligt.

Det er muligt at eksportere elektricitet til distributionsnettet, men der skal på forhånd indgås en aftale med elforsyningsselskabet om muligheden for at eksportere overskydende elektricitet. Alternativt skal vindmøllerne nedrosles eller lukkes ned i tilfælde af overskydende strøm.

Vurderingen af energibehovet er foretaget for placering af vindmøller tæt på den foreslåede nye havn på Tårs og for to færger på færgeoverfarten. En tilsvarende løsning kan i princippet anvendes i Spodsbjerg.

For Scenarie 1 med 18 daglige opladninger (timesdrift) vil det årlige energibehov være 9.000 MWh. To V117 vindmøller forventes at kunne producere 15.000 MWh og vil altså give et overskud på ca. 6.000 MWh.

For Scenarie 2 med 36 daglige afgang (halvtimes drift) vil det årlige energibehov være 17.750 MWh. Tre V117 vindmøller forventes at kunne producere 22.500 MWh og vil altså give et overskud på ca. 4.750 MWh. Importen af energi fra elforsyningsselskabet på 5% svarer til ca. 890 MWh. Beregningerne for scenarie 2 er vist i nedenstående tabeller.

Tabel 1 Energibehov i fremskudt havn ved Tårs, scenarie 2

Energibehov pr. tur inklusive transmissionstab på færgen	1.352	kWh
Antal opladninger pr. dag i en havn	36	
Samlet energibehov pr. dag i en havn	48.672	kWh
Samlet energibehov pr. år i en havn	17.750	MWh

Tabel 2 Vindmølledata og energiproduktion, scenarie 2

Vindmølle, nominel effekt	3,45	MW
Antal vindmøller	3	
Årlig nominel energiproduktion (uden kapacitetsfaktor)	90.666	MWh
Vindmølle, kapacitetsfaktor	25%	
Årlig forventet energiproduktion	22.500	MWh
Behov til færger	17.750	MWh
Overskydende energiproduktion	4.750	MWh

Tabel 3 Importeret elektricitet fra DSO, Scenario 2

Andel af elektricitet importeret fra DSO	5%	
Total elektricitet importeret fra DSO	890	MWh

3.2 Placering af vindmøller

Placeringen af vindmøller på eller ved den fremskudte færgehavn er undersøgt for at opnå optimal drift og med hensyn til krævede sikkerhedsafstande.

Til generering af elektricitet til elfærger ved halvtimes drift (Scenarie 2) kræves 3 vindmøller, se afsnit 3.1, disse kan opstilles på følgende måder ved eller på den fremskudte havn:

- > Landbaseret på den kunstige ø med den fremskudte havn
- > Landbaseret ved adgangsvejen til den fremskudte havn
- > Til vands enten ved havnen og/eller langs adgangsvejen således, at de ikke påvirker havnens funktion og har minimal blokering på vandgennemstrømningen.

3.2.1 Sikkerhedsafstande

Ved opstilling af vindmøller, findes der krav til afstanden til statslige veje. Rute 9 er en Motortrafikvej, der er en vigtig forbindelse mellem landsdele, og er en del af statsvejnettet.

Krav til afstande mellem vindmøller og statsveje er givet i "Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, Januar 2022, Bolig og Planstyrelsen":

"4.7.1 Trafikanlæg (afstand til overordnede statslige veje og jernbaner)

I juni 2011 fremlagde en arbejdsgruppe under Transportministeriet en rapport, som anbefalede, at den fremtidige mindsteafstand mellem vindmøller og overordnede statslige vej- og baneanlæg reduceres til 1 gange møllehøjden – regnet fra kant af vej eller nødspor eller fra nærmeste byggelinje, hvis disse er pålagt, til nærmeste del af mølletårnet.

I en zone mellem 1 og 1,7 gange møllehøjden kan der optræde sikkerhedsmæssige spørgsmål i forbindelse med opstilling af vindmøller, såsom fysiske konsekvenser fx isnedfald (jf. PKN-18-06434) eller visuelle konsekvenser fx skyggekast, se afsnit 4.4.2. Arbejdsgruppen anbefalede, at der også kan placeres vindmøller i denne zone, med mindre Vejdirektoratet eller Banedanmark kan fremkomme med specifik begrundelse for, at møllerne skal placeres længere væk end 1 gange møllens totalhøjde.

For møller længere væk end 1,7 gange møllehøjden vurderes der ikke at være sikkerhedsmæssige problemer ved at placere vindmøller i forhold til veje og baner.

Kommunerne er myndighed for egne veje og afstandskravene gælder kun statsveje. De anbefalede afstande er fastlagt ud fra en vurdering af risikoen for bl.a. isafkast og havari, set i forhold til trafikintensiteten for overordnede statslige veje og jernbaner. Afstandskriterierne kan derfor ikke umiddelbart overføres til andre situationer, hvor trafikintensiteten er mindre. En eventuel risikovurdering for stærkt trafikerede kommunale veje kan indgå i miljøvurderingen for det konkrete projekt."

Højden til møllenavet er afhængig af turbulensgraden, og er på vand typisk 85 m for denne betragtede mølle. Dette betyder, at den totale møllehøjde er $\frac{1}{2} \cdot \text{ro-} \text{tordiameteren} + \text{navhøjden}$, dvs. $\frac{1}{2} \cdot 117 \text{ m} + 85 \text{ m} \approx 145 \text{ m}$.

Følgende antagelser er foretaget ifm. den overordnede vurdering af placering af vindmøller:

- > Vejledningen gælder også for en bro/dæmningsforbindelse
- > Kravene om en afstand på 1 gange den totale møllehøjde følges i de foretagne vurderinger
- > Der er ikke beboelse på eller ved den fremskudte havn, der kan øge kravet til sikkerhedsafstande.

3.2.2 Landbaseret på kunstig ø

Afstanden mellem vindmøller skal vælges således, at skyggevirkningen mellem vindmøllerne minimeres og elproduktionen dermed optimeres. Typisk opstilles vindmøller ved vandet med en afstand på 5 til 15 gange rotordiameteren mellem hinanden.

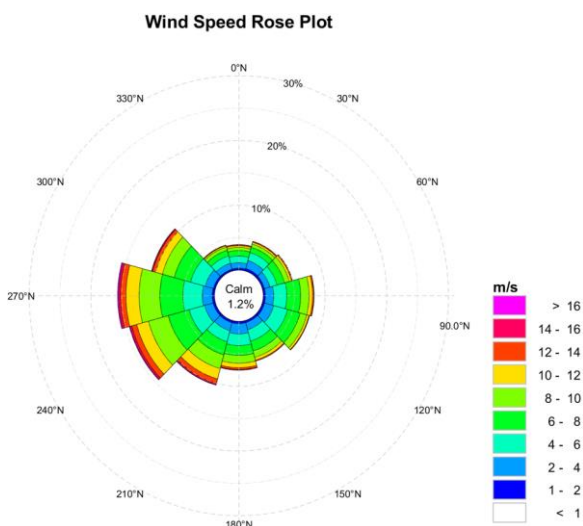
Med en mindsteafstand på 5 gange rotordiameteren findes, at vindmøllerne skal opstilles med en afstand $5 \cdot 117 \text{ m} \approx 585 \text{ m}$.

Med dette krav til afstanden mellem vindmøller, vil en placering af 3 vindmøller på den kunstige ø kræve, at øen udvides med et meget stort ekstra areal, der er mange gange større end arealet krævet for havn med tilhørende landfaciliteter.

En sådan udvidelse af den kunstige ø vil dels give anledning til en væsentlig forøget blokering af strømmen i området. Endvidere vil øen dække et stort areal af havbunden og derved give en væsentlig påvirkning af havmiljøet. En større ø vil også give anledning til en større anlægskostning, og det vurderes derfor, at en stor udvidelse af øen vil være økonomisk urentabel.

3.2.3 Landbaseret ved adgangsvejen

Afstanden mellem vindmøller skal vælges således, at indflydelsen af skyggevirkning minimeres og elproduktionen dermed optimeres. Den optimale placering for kun 3 vindmøller vil være på en linje vinkelret på den dominerende vindretning fra vestlige retninger, se vindrose i Figur 3.



Figur 3 Vindrose fra Langelandsbælt

Skal de 3 vindmøller placeres langs adgangsvejen vil dette være i vindens retning. Dette betyder, at vindmøllerne skal placeres med en større afstand. Med en afstand på 10 gange rotordiameteren findes, at vindmøllerne skal opstilles med en afstand $10 \cdot 117 \text{ m} \approx 1170 \text{ m}$. Baseret på strømningsmodelleringerne vurderes det, at den maksimale længde af dæmning er ca. 2165 m, og derfor vil det ikke umiddelbart være muligt at opstille 3 vindmøller med en optimal afstand mellem disse.

Med en mindre og ikke optimal mindsteafstand på 5 gange rotordiameteren findes, at vindmøllerne skal opstilles med en afstand $5 \cdot 117 \text{ m} \approx 585 \text{ m}$ langs adgangsvejen, hvilket vil være muligt med den maksimale længde af dæmning.

Placeres de tre vindmøller langs adgangsvejen, skal disse etableres i en sikkerhedsafstand på minimum en gange totalhøjden, dvs. ca. 145 m fra adgangsvejen. Hvis vindmøllerne skal være landbaserede, skal der bygges ekstra dæmninger vinkelret på selve adgangsvejen de tre steder, hvor vindmøllerne opstilles. Dette vil give anledning til en samlet ca. 450 m ekstra dæmning til opstilling af de 3 vindmøller.

De tre ekstra dæmninger vil kunne orienteres i strømmens retning for at begrænse blokeringen, men vil under alle omstændigheder have en betydende indflydelse på strømningerne i området. Endvidere vil ekstra dæmninger være forbundet med ekstra anlægskostninger, og det vurderes derfor, at en sådan udvidelse med dæmning til placering af de 3 vindmøller vil være økonomisk urentabel.

3.2.4 Til vands

Den optimale placering for 3 vindmøller vil være på en linje vinkelret på den dominerende vindretning fra vestlige retninger. For denne situation kan vindmøllerne opstilles med en afstand på 5 gange rotordiameteren, dvs. $5 \cdot 117 \text{ m} \approx 585 \text{ m}$. Alternativt placeres vindmøllerne som en lille offshore vindmøllepark tæt på havnen. Vindmøllerne skal placeres således, at de ikke er til gene for skibstrafikken, har tilstrækkelig sikkerhedsafstand til den kunstige ø og adgangsvej og endelig at miljøpåvirkningerne minimeres.

For de betragtede forholdsvis begrænsede vanddybder vil vindmøllerne højst sandsynligt være med gravitationsfundamenter, som det er tilfældet for andre danske vindmøller på relativt lavt vand (Rødsand og Sprogø).

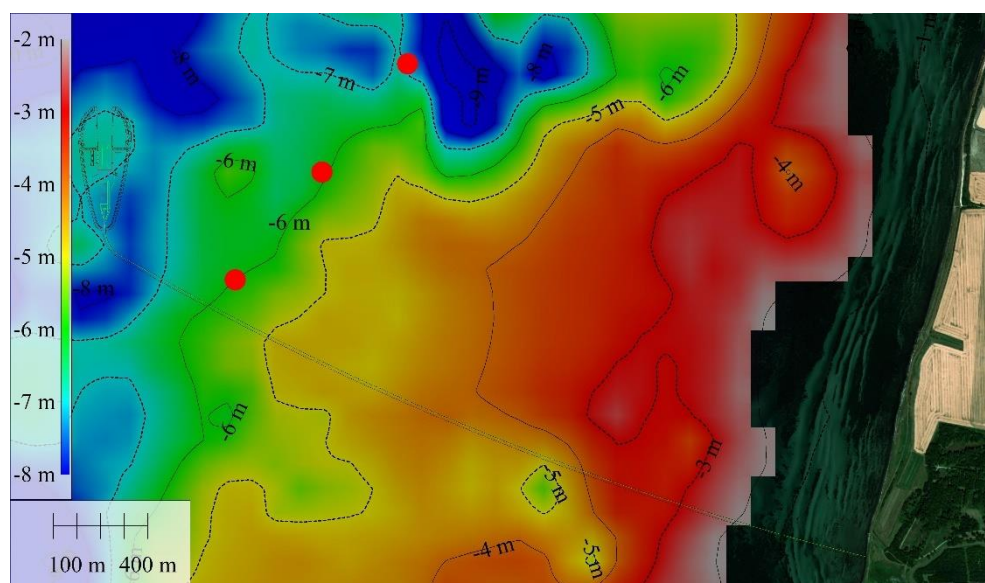
Installation af vindmøllerne kan være en udfordring pga. den forholdsvis lave vanddybde. Vægten af et gravitationsfundament til en 3,45 MW vindmølle er ca. 1.500 t. for vanddybder op til 10 m. Installation af disse fundamenter vil kræve en af de store flydekraner, f.eks. Eide Barge 5 eller Gulliver, se Figur 4. Gulliver kan løfte 4.000 t, og har en operationel dybgang på 4,9 m. Med tillæg for lavvande på 1,0 m bliver den mindste vanddybde på ca. 6,0 m.

Kravet til minimums vanddybde for installation af vindmøller betyder, at det ikke er muligt at placere vindmøllerne til havs langs adgangsvejen.



Figur 4 Flydekranen Gulliver

En skitse med et overordnet forslag til placering af 3 vindmøller, hvor vanddybden er ca. 6-7 m, er vist i nedenstående Figur 5.



Figur 5 Overordnet forslag til placering af 3 vindmøller (røde prikker).

Opstilling af tre vindmøller til vands vil have en minimal påvirkning af vandgennemstrømningen i Langelandsbæltet, da fundamenternes areal der påvirker strømningen er meget lille ift. den fremskudte havn med tilhørende adgangsvej.

Det vurderes, at anlægsomkostningerne især til mobilisering/demobilisering og anvendelse af en stor flydekran for at etablere 3 vindmøller til vands, gør dette til en økonomisk urentable løsning. En mere økonomisk attraktiv løsning vurderes at være opstilling af 3 vindmøller på land, f.eks. i forbindelse med den eksisterende vindmøllepark, Sandby.

4 Økonomiske overvejelser

De eksisterende færger kan ombygges til elfærger, da der er tilstrækkelig plads til at kunne indbygge batterier og samtidig bibeholde et par dieselmotorer, der kan bruges i nødsituationer. Alternativt kan der indkøbes nye elfærger til overfarten.

Det er i vurderingen antaget, at 5% af det krævede energibehov kan importeres fra distributionsnettet. Uden import af elektricitet vil det være meget udfordrende at opnå fuld færgedrift, idet der kan være tidspunkter, hvor der hverken er tilstrækkelig vind eller lagret tilstrækkelig energi i batterierne på havnen, og en forøgelse af batteristørrelsen vil påvirke omkostningerne betydeligt.

En væsentlig større ø eller ekstra dæmninger til opstilling af vindmøller vil give anledning til meget større anlægsomkostninger, og det vurderes derfor, at disse løsninger vil være økonomisk urentable.

En anden mulighed er at placere de tre vindmøller til vands på en linje vinkelret på den dominerende vestlige vindretning eller alternativt som en lille offshore vindmøllepark tæt på havnen. Opsætning af 3 vindmøller er forholdsvis dyrt, da de totale omkostninger til flydekran skal fordeles over kun 3 vindmøller frem for et større antal vindmøller normalt samlet i en havvindmøllepark. Denne løsning vurderes derfor at være økonomisk urentabel.

En mere økonomisk løsning vil være enten af aftage strøm direkte fra den nærliggende og eksisterende landbaserede vindmøllepark, Sandby, eller opstille tre nye vindmøller ifm. denne vindmøllepark. Opstilling af landvindmøller er væsentligt billigere end opstilling af havvindmøller.

5 Konklusion

Muligheder for introduktion af elfærger på færgeruten mellem Spodsbjerg og en fremskudt færgehavn ved Tårs er blevet undersøgt på et overordnet niveau. Endvidere er det på et overordnet niveau undersøgt hvad der kræves for at kunne oplade elfærgerne med strøm fra vindmøller opstillet på eller ved den fremskudte færgehavn.

5.1 Elfærger

Elfærgedrift er meget oplagt til korte indlands færgeruter, da sejl- distancen typisk er af størrelsesordenen 10 sømil og farten typisk er 10-15 knob. Dette betyder, at den elektriske energimængde batterierne skal oplades med, vil kunne ske via en opladning på 10-15 minutter.

Analyser af krav til elfærger og den elektriske infrastruktur er baseret på en sejl- tid på 22 min., hvilket kan opnås med en servicehastighed på 15,4 knob. Endvi- dere er der anvendt en samlet ladetid på 8 min. inklusiv tilkobling af elkabel til elfærgeren. Endelig er analyserne baseret på halvtimes drift med i alt 36 daglige opladninger i både Spodsbjerg og Tårs svarende til halvtimesdrift.

Den nødvendige ladeeffekt er beregnet til 11,6 MW og er foretaget for et batteri med en kapacitet på 2.253 kWh, hvilket svarer til en vægt på 18-27 t afhængig af batterifabrikant og anses for en normal størrelse. En ladespænding på 10 kV er anvendt.

5.2 Elektrisk infrastruktur

På Lollands-siden er der adgang til en 10 kV-forbindelse dels i den eksisterende færgehavn og dels ved den nærliggende Sandby vindmøllepark, der ligger ca. 1,4 km fra det planlagte landgangspunkt for adgangsvejen.

Det årlige energibehov i den fremskudte havn ved Tårs vil være 17.750 MWh. Tre V117 vindmøller forventes at kunne producere 22.500 MWh og vil altså give et overskud på ca. 4.750 MWh. Det er i vurderingen antaget, at elektricitet kan importeres fra distributionsnettet, en andel på 5% af det krævede energibehov er antaget importeret. Uden import af elektricitet vil det være meget udfor- drende at opnå fuld færgedrift, idet der kan være tidspunkter, hvor der hverken er tilstrækkelig vind eller lagret tilstrækkelig energi i batterierne på havnen, og en forøgelse af batteristørrelsen vil påvirke omkostningerne betydeligt.

Det er muligt at eksportere elektricitet til distributionsnettet, men der skal på forhånd indgås en aftale med elforsyningselskabet om muligheden for at ek- sportere overskydende elektricitet. Alternativt skal vindmøllerne nedrosles eller lukkes ned i tilfælde af overskydende strøm.

5.3 Placering af vindmøller

Tre placeringer af vindmøller på eller ved den fremskudte havn er analyseret.

5.3.1 Landbaseret på kunstig ø

For at minimere skyggeeffekten mellem vindmøller placeres disse med en mindsteafstand på 5 gange rotordiameteren, svarende til 585 m. Med dette krav vil en placering af 3 vindmøller på den kunstige ø kræve, at øen udvides med et meget stort ekstra areal, der er mange gange større end arealet krævet for havn med tilhørende landfaciliteter.

En sådan udvidelse af den kunstige ø vil give anledning til en væsentlig forøget blokering af strømmen i området og dække et stort areal af havbunden og derved give en væsentlig påvirkning af havmiljøet. En større ø vil også give anledning til større anlægskostninger, og det vurderes derfor, at en stor udvidelse af øen vil være økonomisk urentabel.

5.3.2 Landbaseret ved adgangsvejen

Placeres de tre vindmøller langs adgangsvejen, skal disse etableres i en sikkerhedsafstand på minimum en gange totalhøjden, dvs. ca. 145 m for en V117 vindmølle, iht "Vejledning om planlægning for og tilladelse til opstilling af vindmøller, januar 2022, Bolig og Planstyrelsen".

Hvis vindmøllerne skal være landbaserede, skal der bygges ekstra dæmninger vinkelret på selve adgangsvejen for at opstille vindmøllerne. Disse tre ekstra dæmninger vil have en betydende indflydelse på strømningerne i området. Endvidere vil ekstra dæmninger være forbundet med ekstra anlægskostninger, og det vurderes derfor, at en sådan udvidelse med dæmninger til placering af de 3 vindmøller vil være økonomisk urentabel.

5.3.3 Til vands

De tre vindmøller kan placeres til vands på en linje vinkelret på den dominerende vestlige vindretning eller alternativt som en lille offshore vindmøllepark tæt på havnen.

Installation af vindmøllerne kan være en udfordring pga. den forholdsvis lave vanddybde i området og vil kræve en stor flydekran til at løfte de tunge gravitationsfundamenter. En minimums vanddybde for installation af vindmøller er derfor ca. 6,0 m.

Kravet til minimums vanddybde for installation af vindmøller betyder, at det ikke er muligt at placere vindmøllerne til havs langs adgangsvejen.

Opstilling af tre vindmøller til vands vil have en minimal påvirkning af vandgenemstrømningen i Langelandsbæltet, da fundamenternes areal der påvirker strømningen er meget lille ift. den fremskudte havn med tilhørende adgangsvej.

Det vurderes, at anlægsomkostningerne især til mobilisering/demobilisering og anvendelse af en stor flydekran for at etablere 3 vindmøller til vands, gør dette til en økonomisk urentable løsning.

5.4 Økonomiske overvejelser

En væsentlig større ø eller ekstra dæmninger til opstilling af landbaserede vindmøller vil give anledning til meget større anlægsomkostninger, og det vurderes derfor, at disse løsninger vil være økonomisk urentable.

En anden mulighed er at placere de tre vindmøller til vands på en linje vinkelret på den dominerende vestlige vindretning eller alternativt som en lille offshore vindmøllepark tæt på havnen. Opsætning af 3 vindmøller er forholdsvis dyrt, da de totale omkostninger til flydekran skal fordeles over kun 3 vindmøller frem for et større antal vindmøller normalt samlet i en havvindmøllepark. Denne løsning vurderes derfor at være økonomisk urentabel.

En mere økonomisk løsning vil være enten af aftage strøm direkte fra den nærliggende og eksisterende landbaserede vindmøllepark, Sandby, eller opstille tre nye vindmøller ifm. denne vindmøllepark, der ligger ca. 1,4 km fra det planlagte landgangspunkt for adgangsvejen. Opstilling af landvindmøller er væsentligt billigere end opstilling af havvindmøller.

6 Referencer

Følgende tekniske notater udarbejdet i forbindelse med analyser af den frem-skudte havn ved Tårs er anvendt i dette sammenfattende notat om elfærger og vindmøller:

A258774-HAV-TEK-01_Ver1.0 Elfærger

A258774-HAV-TEK-03_Ver1.0 Wind Turbines–Electrical infrastructure