

Thor havvindmøllepark visualiseringsrapport

RWE

NIRAS

Indledning

Der er for Thor havvindmøllepark udarbejdet denne visualiseringsrapport. Rapporten viser eksempler på mulige visuelle konsekvenser til brug for miljøvurderingen af projektet. Visualiseringerne tager udgangspunkt i et layout for 72 stk. 14MW vindmøller.

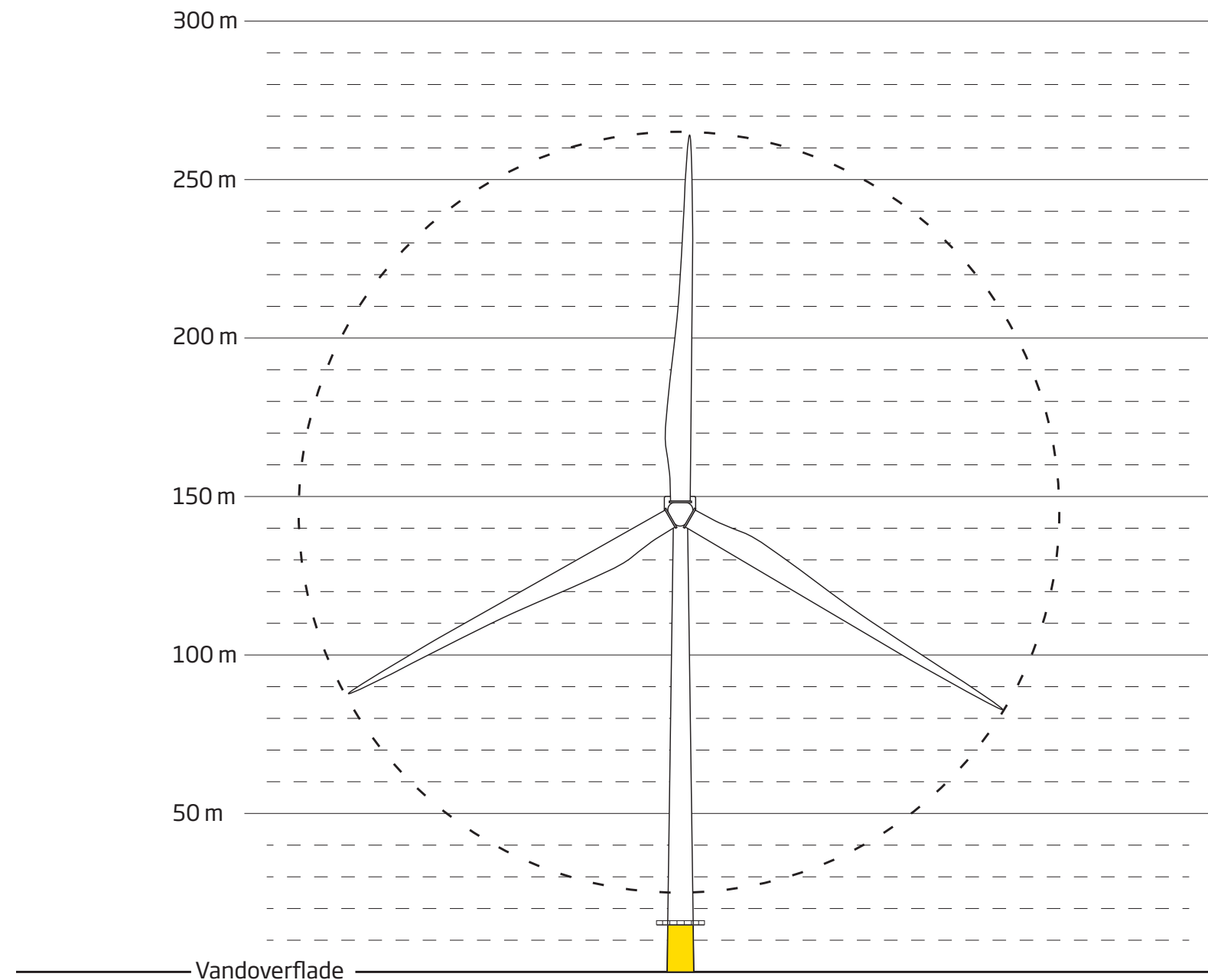
Visualiseringerne er udarbejdet på baggrund af fotostandpunkter udvalgt på baggrund af analyser af projektets udstrækning, visibilitetsanalyser samt besigtigelser af området.

Visualiseringsrapporten fungerer som baggrundsrapport for de samlede miljøvurderinger for Thor havvindmøllepark. Rapporten er udarbejdet af NIRAS for Thor Wind Farm I/S i perioden Januar 2022 - September 2023.

Projekt ID: 10414579
Ændret: 08.09.2023
Revision: 4
Udarbejdet af: HASK
Kontrolleret af: JEBY/BRE
Godkendt af: RHO

14MW vindmølle (m)

Navhøjde over havoverfladen: 148
Rotor diameter: 236
Total højde: 266



Figur 1: Dimensioner på vindmøller, der er anvendt som eksempler for visualiseringerne

Indholdsfortegnelse

Indledning	Side 2
Fotostandpunkter	Side 4
Metodebeskrivelse	Side 7
3D visualiseringer	Side 15

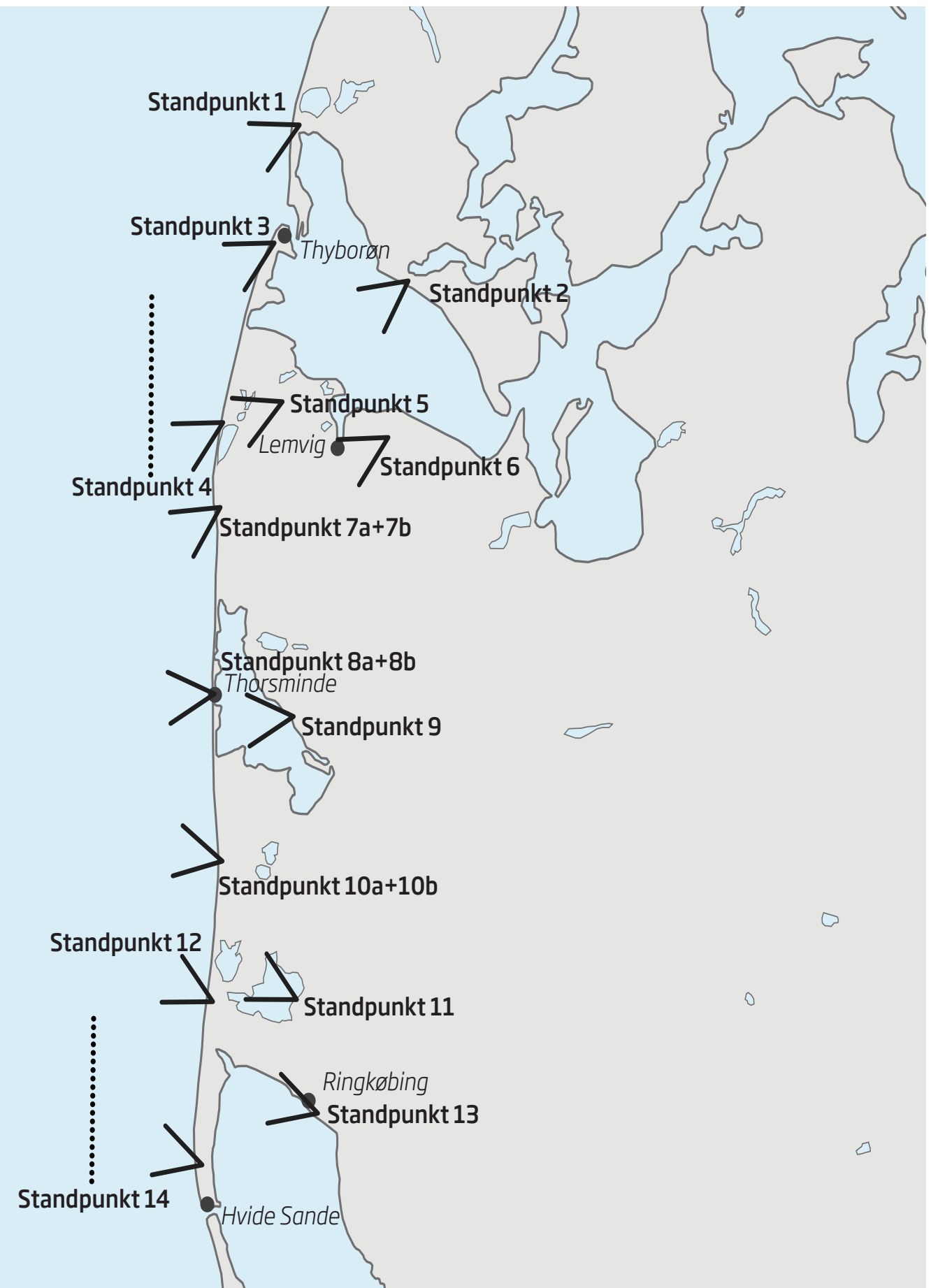
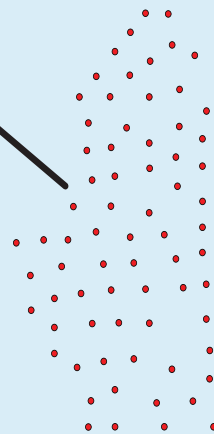
Fotostandpunkter

	Kommune	Sted	Placering	Foto-match		Formål	Interesser
				Dag	Nat		
01	Thisted	Agger	På stranden	X	X	Synlighed fra Nationalpark Thy med Vesterhav Nord i forgrunden.	Nationalpark og udpegede landskabsinteresser
02	Struer	Lyngs	Rasteplads ved hovedvejen	X		Synlighed på tværs af Nissum Bredning og klitlandskabet og i sammenhæng med Vesterhav Nord.	Udpegede landskabsinteresser.
03	Lemvig	Thyborøn	Klitterne ved stranden	X	X	Synligheden fra stranden og i samspil med Vesterhav Nord i forgrunden.	Udpegede landskabsinteresser.
04	Lemvig	Vejlby Klit	Klitterne ved stranden	X		Synlighed fra klitlandskabet og i sammenhæng med Vesterhav Nord.	Udpegede landskabsinteresser, sommerhusområde.
05	Lemvig	Hygum Bakke	Top af udsigtspunkt	X		Synlighed fra et af de højeste punkter i området, hvor der er panoramaudsigt. Sammenhæng med øvrige vindmøller i landskabet og Vesterhav Nord.	Udsigtspunkt/oplevelse, udpegede landskabsinteresser.
06	Lemvig	Nissumvej	Langs indfaldsvej mod Lemvig	X		Synlighed fra en markant højderyg (randmoræne) øst for Lemvig, hvorfra der er udsigt mod Vesterhavet med kystlandskabet i forgrunden. Sammenhæng med øvrige vindmøller i landskabet.	Udpegede landskabsinteresser.
07	Lemvig	Bovbjerg Fyr	Foran fyr samt udsigtsplatform i toppen af fyret	X	X	Synlighed fra det højeste punkt på kysten, der dels er udsigtspunkt og dels giver et anderledes perspektiv ud over havet. Projektets synlighed fra nordøst.	Udsigtspunkt, oplevelse/turisme, udpegede landskabsinteresser.

Figur 2: Beskrivelse af fotostandpunkter

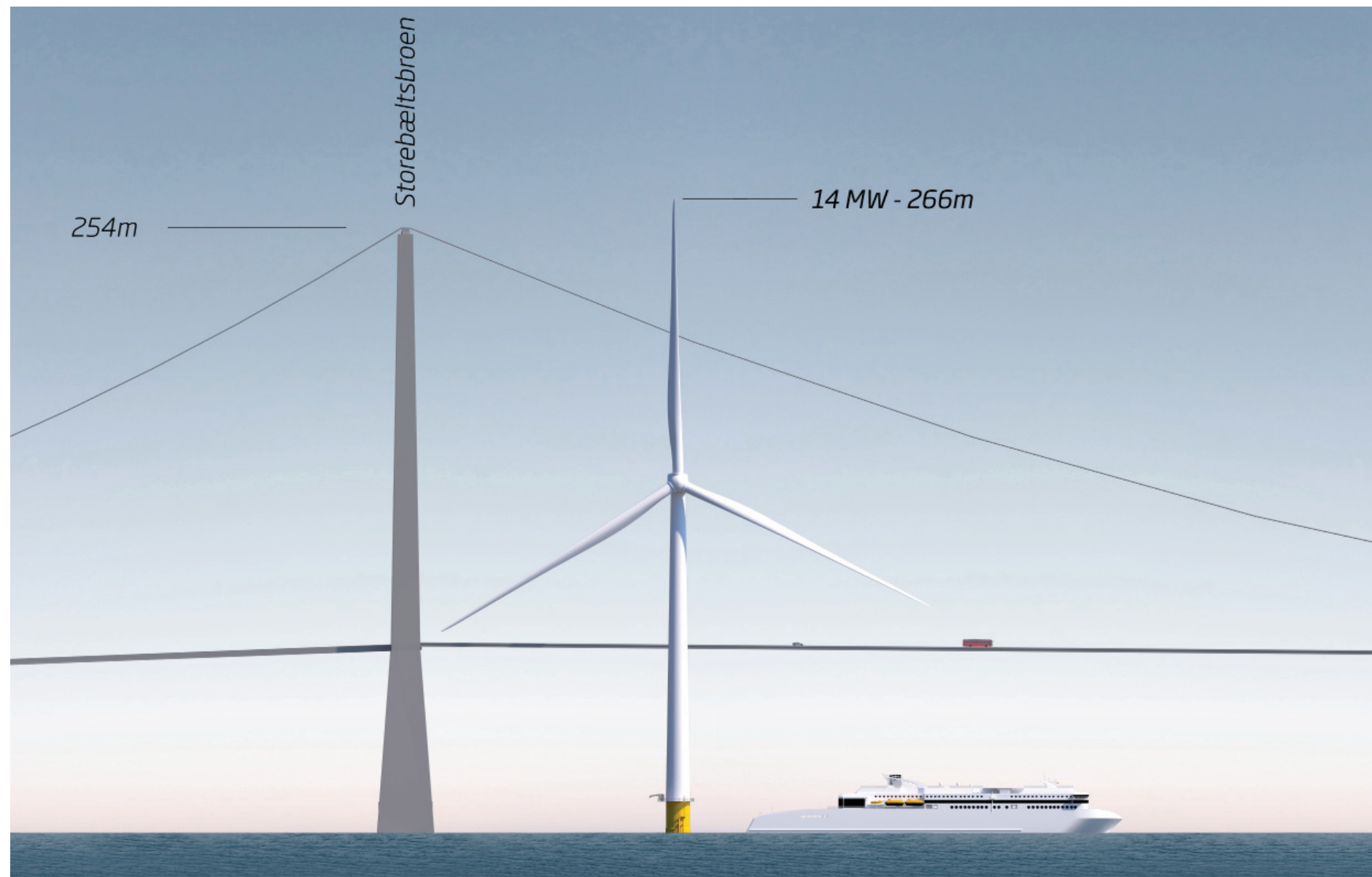
	Kommune	Sted	Placering	Foto-match		Formål	Interesser
				Dag	Nat		
08	Holstebro	Thorsminde	Fra toppen af Strandingsmuseet samt på Nordmolen	X	X	Synlighed fra kysten nærmest projekt set fra øst.	Udpegede landskabsinteresser, sommerhusområde.
09	Lemvig	Harpøt Havn	Foran havnen med udsigt over Nissum Fjord	X		Synlighed udsigten på tværs af Nissum Fjord, Thorsminde og kystlandskabet.	Udpegede landskabsinteresser, rekreative forhold.
10	Ringkøbing-Skjern	Vedersø Klit	Klitterne ved stranden	X	X	Synlighed fra klitterne og kysten sydøst for projektet.	Udpegede landskabsinteresser, sommerhusområde.
11	Ringkøbing-Skjern	Hindø	Starten af broen ved Hindø	X		Synlighed på tværs af fjordlandskabet ved Stadil Fjord.	Udpegede landskabsinteresser, udflugtsmål.
12	Ringkøbing-Skjern	Søndervig	På stranden	X	X	Synlighed fra kysten ved Søndervig.	Udpegede landskabsinteresser, sommerhusområde.
13	Ringkøbing-Skjern	Ringkøbing	Sorte Bakker Strand, top af skrænt	X		Synlighed fra et bynært, rekreativt område, herunder synlighed i udsigterne på tværs af Ringkøbing Fjord mod projektet henover klitlandskabet.	Udpegede landskabsinteresser, rekreative forhold.
14	Ringkøbing-Skjern	Lyngvig Fyr	Udsigtsplatform i toppen af fyret	X		Synlighed i udsigten fra toppen af fyret, hvor der er vid udsigt over havet. Synlighed i sammenhæng med Vesterhav Syd.	Udsigtspunkt, udpegede landskabsinteresser, udflugtsmål/turisme.

Visualiseret layout



Figur 3: Oversigtskort for fotostandpunkter

Metodebeskrivelse

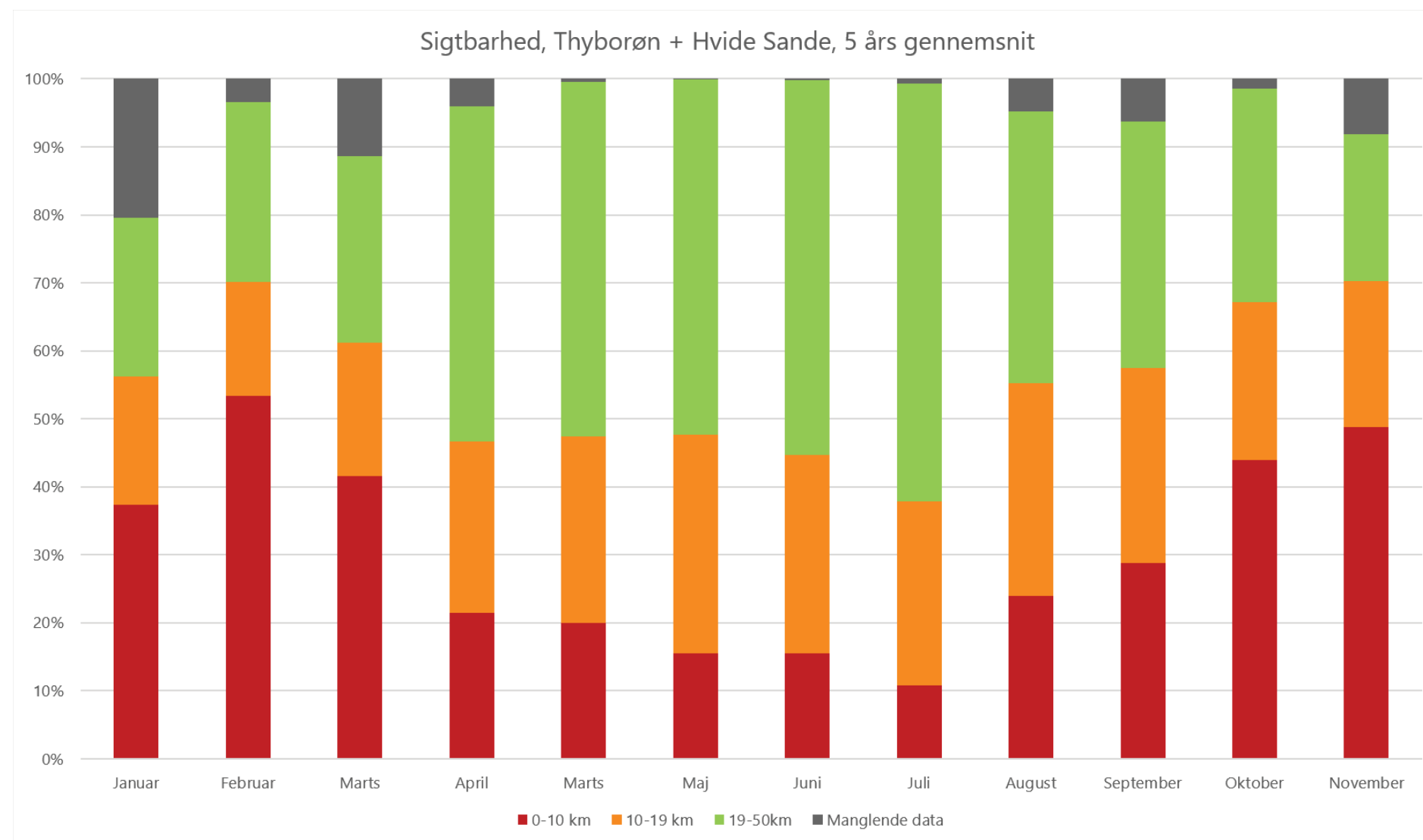


Figur 4: 14 MW vindmøller vist i skala sammen med Storebæltsbroen

Thor havvindmøllepark omfatter et område til vindmøller på ca. 220 km² placeret ca. 22 km vest for Thorsminde. Projektet omfatter 72 havvindmøller med samlet en effekt på ca. 1.000 MW. Havvindmøllerne har en totalhøjde på 266 meter og en rotordiameter på 236 meter. Dimensionerne for disse kan ses på figur 1.

Fotos for visualiseringerne er optaget med kamera på stativ, således at billedet svarer til en omtrentlig øjenhøjde på 1,6-1,7 meter over terræn. Der er benyttet libelle på stativ samt kameraets interne vaterpas, for at sikre en vandret horisont. Alle fotos er taget med full-frame kamera med en optik svarende til ca. 50 mm. For alle fotos er opmålt kamera samt en række referencepunkter i billedet ved brug af højpræcisions RTK-GNSS landmåler GPS. Referencepunkterne består af eksisterende elementer som skilte og større genkendelig objekter samt indsatte elementer (se eksempel på figur 6), som efterfølgende redigeres væk i Photoshop. GPS'en måler punkterne med en høj præcision (ned til 1,5 cm), der sammen med en række kendte punkter i fotografiet er med til at give en stor sikkerhed for præcision i visualiseringerne. For hvert enkelt fotostandpunkt er der taget en serie fotografier til hver side. Disse fotos benyttes ydermere til at matche nye 3D elementer i de optagede fotos til eksisterende elementer. For visualiseringerne er benyttet en optik på ca. 50 mm, svarende til 38-41 graders synsfelt. For de enkelte panoramavisualiseringer er disse sammensat af ét primært fotografi i midten markeret med to hvide streger samt ekstra fotos i siderne. De ekstra fotos er taget med stort overlap til midten, for at sikre så høj en præcision som muligt. Synsfeltet for panoramavisualiseringerne svinger fra ca. 59-63 grader.

Det menneskelige øje er i stand til at opfatte et bredt panorama, et normalt synsfelt har ca. 180 grader, samtidigt med at øjet kan stille skarpt på enkelte genstande. Vores syn er ikke skarpt i hele synsfeltet på 180 grader - men kun i et udsnit centreret omkring det vi stiller skarpt på. Derfor vil 180 graders visualiseringer ikke kunne gengive måden vi oplever omverdenen på, selv om øjet opfatter synsindtryk indenfor 180 grader. Øjet er i stand til at fokusere på et lille område meget klart. Den fokuserede oplevelse ville kunne genskabes ved anvendelse af et teleobjektiv, men herved mistes oplevelsen af vindmøllerne rumligt og i deres kontekst. Fotografier vil derfor aldrig kunne gengive den individuelle menneskelige synsopfattelse af et projekt, fordi vi som mennesker oplever vores omverden rumligt. Den valgte løsning er den, som mest realistisk vil gengive den visuelle oplevelse af et projekt i sin kontekst. Alle fotos er taget så vidt mulig med lys fra siden eller bagfra. Hermed benyttes lysforhold hvor vindmøllerne vil fremstå så tydeligt som muligt. Fotografierne er taget på dage med høj sigtbarhed, for at kunne gengive visualiseringerne i sin rette kontekst.



Figur 5: Statistik for gennemsnitlig sigtbarhed for Thyborøn og Hvide Sande for perioden 2017-2021 (Kilde: DMI frie data)



Figur 6: Eksempel på fotografering og elementer for opmåling

Det er ikke muligt at gengive eksisterende forhold 100% korrekt, da mange faktorer spiller ind i fotograferingen; eksempelvis lukketid, iso-indstillinger, f-stop og andre fototekniske indstillinger på kameraet. Derfor vil fotos altid være en efterligning af eksisterende forhold og ikke en 100% virkelighedstro kopi. Ydermere er det ikke muligt at gengive særlige lysforhold, hvor der over kort tid kan være store forskelle i oplevelsen af de enkelte områder, se eksempel på figur 7. Fotografierne repræsenterer en gengivelse af området på ét tidspunkt. Henover dage og måneder er der stor forskelle på hvordan et givent område tager sig ud, lysforhold og sigtbarhed ændrer sig konstant henover tid. Alle fotografier for visualiseringerne er taget henover 2 dage, 31.08.2022-01.09.2022 for at fotografierne lægger sig så tæt op af hinanden som muligt.

Alle fotografier er efterredigeret for, at give så retvisende en gengivelse af de eksisterende forhold. Samtidigt er fotografierne redigeret således, at vindmøllernes synlighed generelt overdrives lidt for en visning af den maksimale synlighed af vindmølleparkerne. Visualiseringerne opleves bedst på en printet A3 version af denne rapport, med den korrekte betragtningsafstand. For visualiseringerne er den optimale betragtningsafstand svarende til ca. 44 cm, for panoramavisualiseringerne er den optimale betragtningsafstand ca. 63 cm ved korrekt printet skala. Den forøgede betragtningsafstand skyldes lidt større print for panoramavisualiseringerne. Da panoramavisualiseringerne er sammensat af fotos med samme zoom som ikke-panorama visualiseringerne, er den relative betragtningsafstand den samme. Ses visualiseringerne på større afstand vil vindmøllernes visuelle påvirkning syne mindre, mens den på kortere afstand vil forstærkes. Der er for hvert enkelt foto foretaget en geometrisk opretning i special-software til formålet, da der altid vil være unøjagtigheder i kameraets optik. Oprettningen er med til at sikre præcisionen i hvert enkelt fotomatch.

Visualiseringerne er udarbejdet som fotomatch, hvor en serie fotografier matches op med en georefereret 3D model, ved hjælp af opmålinger med GPS. Metoden sikrer en høj præcision i gengivelsen af vindmøllerne. Visualiseringerne har som mål at gengive vindmøllerne så korrekt som muligt. For projektet er udarbejdet en georefereret 3D model, hvori vindmøllerne er placeret på deres korrekte position. Sammen med GPS-opmålinger er benyttet data fra kortforsyningen i form af ortofotos, tekniske grundkort, Danmarks højdemodel samt punktskyer. Disse data er benyttet til at matche fotografierne op med opmålinger og eksisterende forhold, for derved at sikre kvaliteten af hvert enkelt fotostandpunkt. For hvert enkelt fotostandpunkt er kompenseret for jordens krumning i visualiseringerne. Jordens krumning har stor indflydelse på synligheden af elementerne over vand, hvor elementer på grund af afstandene forsvinder bag horisonten (se figur 8).

Ved fotostandpunktet fra udkigsplatformen på Bovbjerg Fyr, standpunkt 7a, er afstanden til nærmeste vindmølle 24,6 km

og kameraet placeret i kote 60,4. For dette standpunkt skjules ca. 0,4 meter af møllerne bag horisonten. På standpunkt 7b hvor kameraet er placeret i 39,4 på terrænet foran Bovbjerg Fyr, skjules ca. 0,8 meter bag horisonten. Afstanden til horisonten samt højdekompensation for horisonten er beregnet for hvert enkelt fotostandpunkt for at give så præcist et billede af de fremtidige forhold som muligt. Da fotostandpunkterne peger ud over vandet og horisonten, er afstanden og højden af horisonten benyttet som ekstra sikkerhed i udarbejdelsen af de korrekte fotomatch.

I metodikken er det ikke muligt at genskabe et eventuelt skydække præcist. Hvor en række vindmøller ofte vil kunne stå med forskellige farver (se eksempel på figur 7), er vindmøllerne vist i én farve i hver enkelt visualisering. Farveforskellene er ikke forsøgt genskabt, da der er for mange usikre faktorer i at genskabe skydækket på tidspunktet for optagelsen af hvert enkelt fotografi. Visualiseringerne er bevidst udarbejdet, så vindmøllerne fremstår så tydeligt som muligt indenfor en realistisk ramme. For alle fotostandpunkter er eksisterende elementer i billedet så vidt muligt benyttet som reference for vindmøllernes farve og tydelighed. Lyssætningen for hvert enkelt standpunkt er sammenholdt med solens position på tidspunktet for fotografiets optagelse. Vindmøllerne fremstår tydeligere end man vil opfatte dem, idet der ikke er foretaget en degradering af synligheden over afstand for vindmøllerne som eksempelvis luftfugtighed. Da projektet er placeret så langt fra kysten med nærmeste vindmølle placeret ca. 22 km fra kysten, vil der være en degradering af synligheden når vindmøllerne opleves fra kysten. Her er sigtbarheden og luftfugtigheden faktorer der spiller ind i synligheden af projektet.

For hver enkelt vindmølle er benyttet en tilfældig rotation af vingerne, mens vindmøllerne peger mod det enkelte fotostandpunkt. For nattevisualiseringerne er vindmøllerne roteret 180 grader for at vise lysene bag på nacellen. Hermed er tilstræbt at vise "worst case scenario" for hvert enkelt visualisering. For standpunkterne hvor Vesterhav Nord og Vesterhav Syd vindmølleparkerne er synlig, er disse inkluderet som "eksisterende forhold" da begge er vedtaget og under opførelse.

Ved gennemlæsning af rapporten skal læseren være opmærksom på, at visualiseringerne kan opleves forskelligt da rapporten ofte vil blive læst på en skærm der ikke er farvekalibreret. Det samme gør sig gældende ved print, da de færreste printere er farvekalibrerede.

Markering af visualiseringer

For standpunkterne hvor møllerne er synlige over horisonten, er vist en markering under visualiseringen hvori møllerne er markeret med en rød farve. Denne markering er inkluderet for at give læseren mulighed for tydeligt at erkende vindmøllernes position i visualiseringen.



Figur 7: Eksempel på forskellig belysning af vindmøller over en kort afstand

Nattevisualiseringer

Nattevisualiseringerne er skabt på baggrund af fotografier taget om dagen. Da der ikke er markante synlige lysende elementer, som ved eksempelvis en skyline er dette muligt. Fotografierne er redigeret til formålet og vindmøllerne er matchet ind sammen med de nødvendige lysmarkeringer. Figur 9 og 10 viser lyset for Thor havvindmøllepark.

Vindmøllerne markeres om natten af et type B lys på toppen, med 2000 candela ved en sigtbarhed på under 5 km, 600 candela ved en sigtbarhed over 5 km og 200 candela ved en sigtbarhed over 10 km styret ved hjælp af sigtbarhedsmålere. Nærmeste mølle er placeret ca. 22 km vest for Thorsminde. Herved er visualiseringer af sigtbarhed under 10 km ikke relevante. For en sigtbarhed over 10 km vil der være lys med en styrke af 200 candela. 1 candela svarer til lysstyrken fra ét vokslys.

Ved beregning af lysets synlighed kan følgende formel bruges;

$$I = 3,43 \times 10^6 \times T \times D^2 \times K^{-D}$$

(kilde: "Bekendgørelse om søvejsregler", tillæg 1, punkt 8 "lysstyrke" samt "U.S. Department of Transportation, United States Coastguard, Navigation Rules, International-Inland", Annex I, §84.15 "Intensity of lights").

Hvor følgende gælder;

I er lysstyrken i candela

T er tærskelfaktoren 2×10^{-7} lux (0,0000002 lux), som er den teoretiske tærskelfaktor øjet kan opfatte

D er synsvidde (lysvidde) i sømil

K er atmosfærisk transmissionsevne. Denne er en konstant på $K = 0,8$ for vores breddegrader.

Lux er en måleenhed for belysningsstyrke, hvor et tal beskriver hvor meget lys rammer en bestemt flade eller et bestemt område. Ved at benytte formlen med de foreskrevne værdier og med en afstand til betragteren (synsvidde) svarende til den korteste

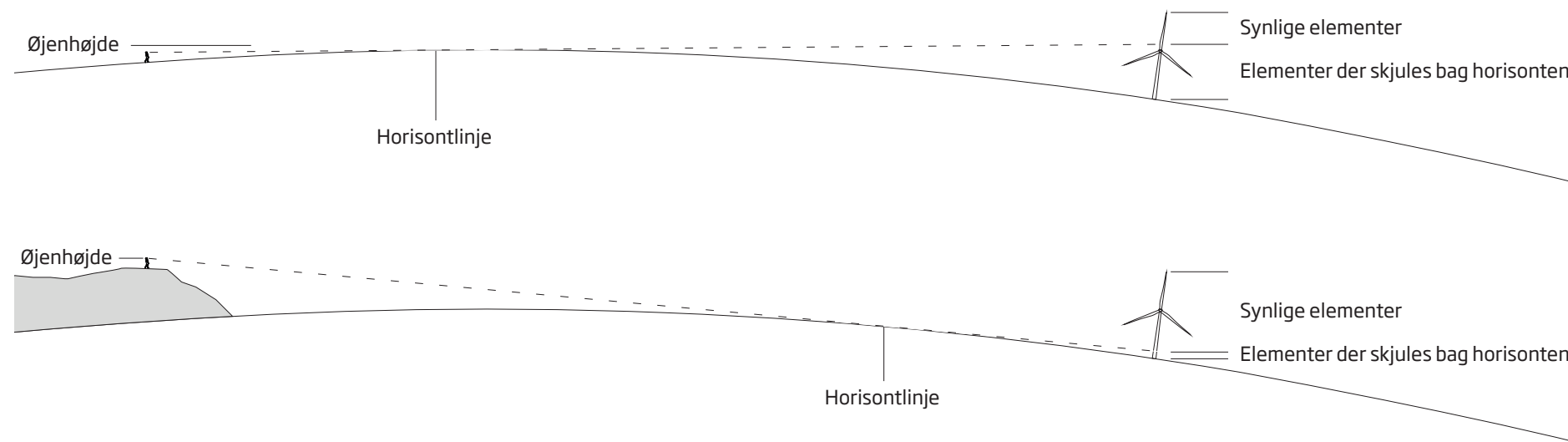
afstand fra land til havmølleparken på 22 km = 11,88 sømil får vi en candela værdi på 1371,67.

Dette betyder, at lysstyrken skal være på mindst 1371,67 candela, for at lyset kan ses fra en afstand på 22 km.

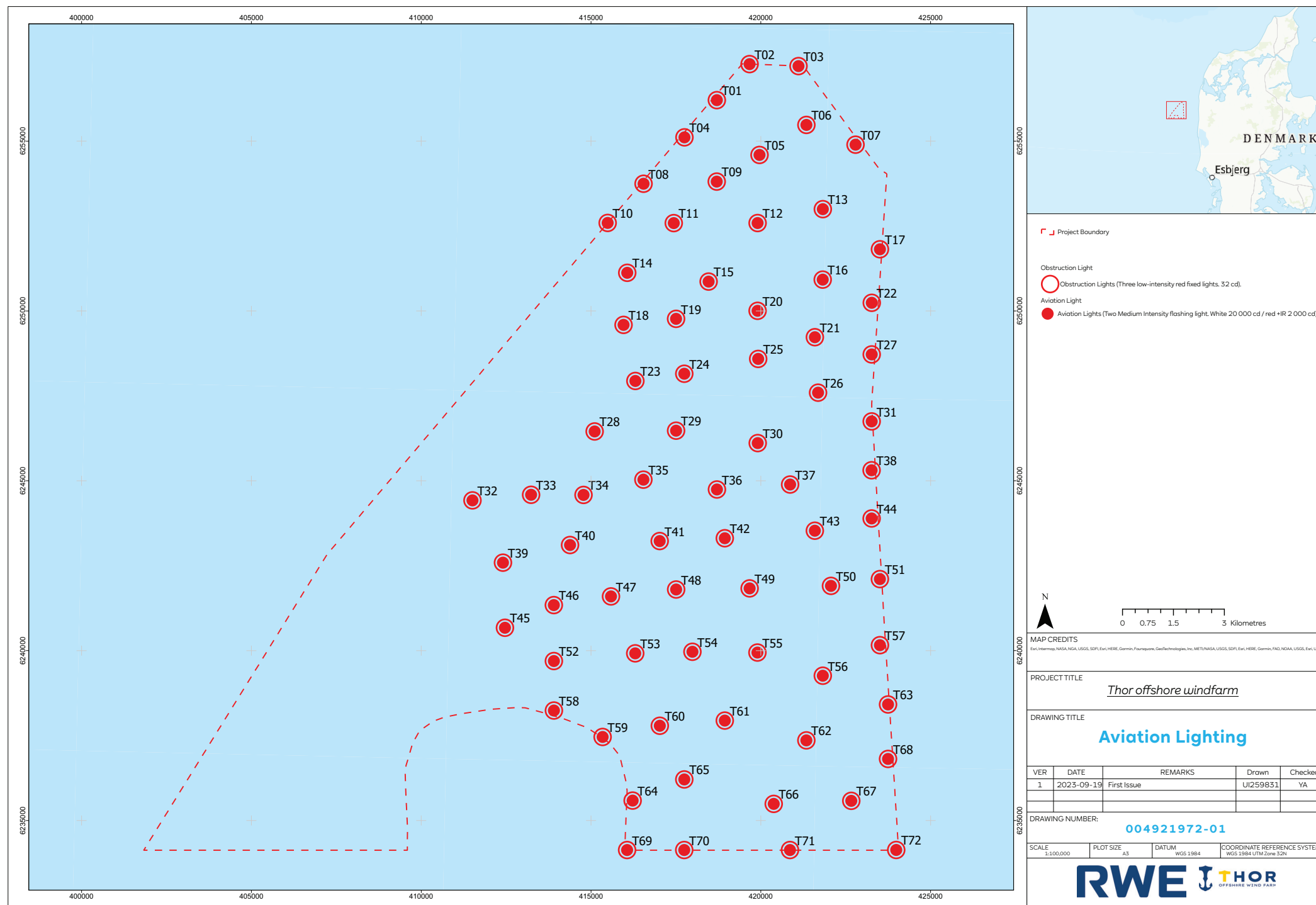
Da lysstyrken ved en sigtbarhed over 10 km kun er på 200 candela bør lyset ikke være synligt fra land.

De beskrevne belysninger er indarbejdet i nattevisualiseringerne for projektet. Ydermere er tilnærmet en lysmarkering på Vesterhav Nord og Vesterhav Syd Havmølleparker, som beskrevet i miljøvurderingerne for disse. I en oplevelse af vindmøllerne i sin færdige form, er der flere faktorer der gør sig gældende om natten; tidsperioden beskueren har opholdt sig i mørke, sigtbarhed, vejrforhold, årstid osv. Derfor vil visualiseringerne altid være en tilnærmelse af eventuelle fremtidige forhold.

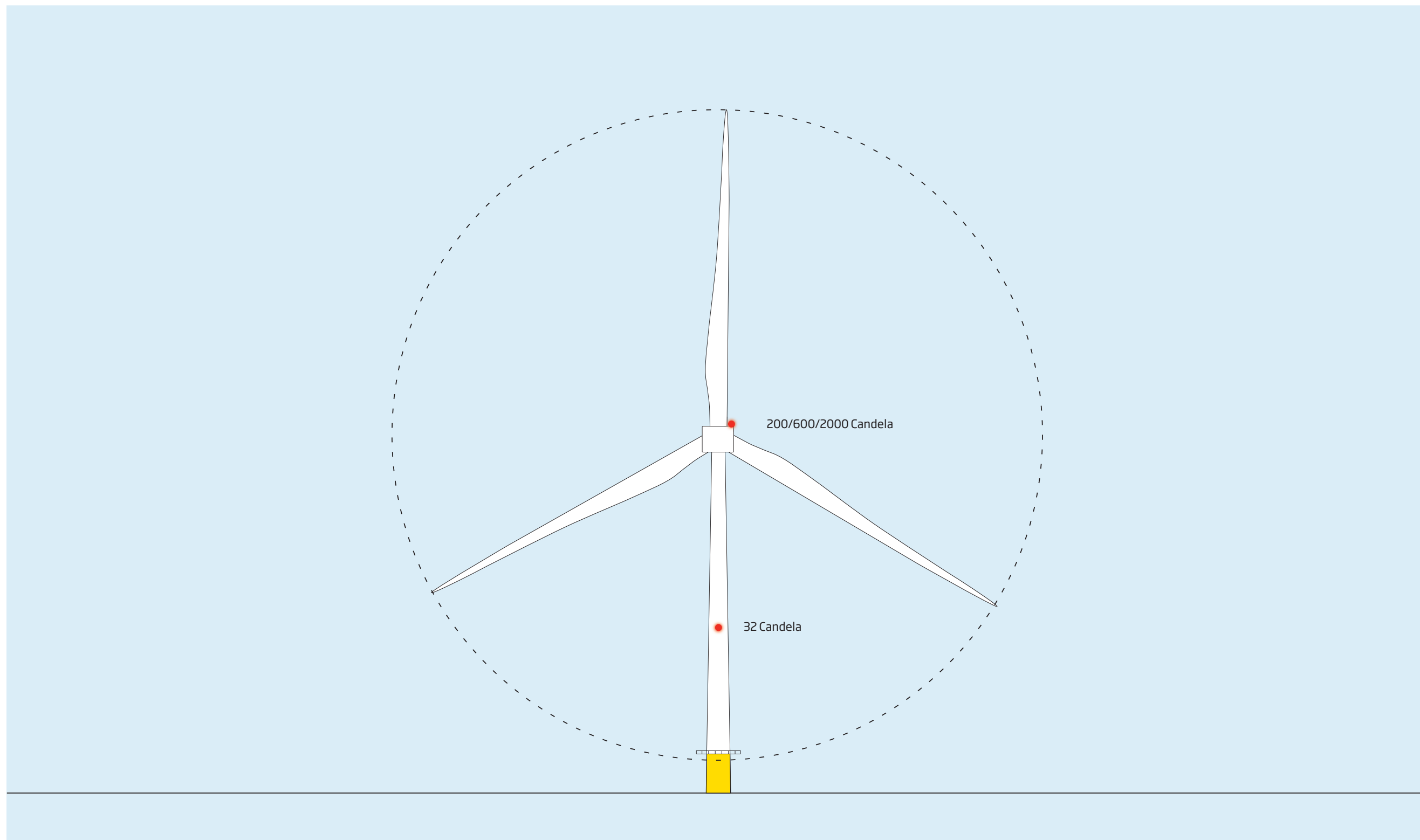
Selvom beregningen viser at lyset ikke bør være synligt fra land, så er der for illustrationens skyld vist et svagt men dog synligt lys på natvisualiseringerne



Figur 8: Diagram for jordens krumning



Figur 9: Oversigtskort for belysning af vindmøller



Figur 10: Lysmarkering for nat på vindmøllerne, for øverste lys gør sig gældende at effekten for dette skrues ned ved høj sigtbarhed.

3D visualiseringer

Standpunkt 1

Eksisterende forhold



Standpunkt 1

Visualisering



Standpunkt 1

Eksisterende forhold
NAT



Standpunkt 1

Visualisering
NAT



Standpunkt 2

Eksisterende forhold



Standpunkt 2

Visualisering



Standpunkt 3

Eksisterende forhold



Standpunkt 3

Visualisering



Standpunkt 3

Eksisterende forhold
NAT



Standpunkt 3

Visualisering
NAT



Standpunkt 4

Eksisterende forhold



Standpunkt 4

Visualisering



Standpunkt 5

Eksisterende forhold



Standpunkt 5

Visualisering



Standpunkt 6

Eksisterende forhold

