

Københavns Energi

Opstilling af vindmøller på Prøvestenen og Kalvebod Syd

Risikovurdering

Maj 2011

Københavns Energi

Opstilling af vindmøller på Prøvestenen og Kalvebod Syd

Risikovurdering

Maj 2011

Dokumentnr. 72598-A-3
Version 4.1
Udgivelsesdato 30. maj 2011

Udarbejdet PEFI
Kontrolleret EKK
Godkendt UVA

Indholdsfortegnelse

1	Indledning og sammenfatning	3
1.1	Indledning og oversigt	3
1.2	Sammenfatning af resultater	4
2	Tidligere udførte risikovurderinger af vindmøller	7
2.1	Risikovurderinger i Danmark	7
2.2	Risikovurderinger i Holland	8
3	Nyere vindmøllers sikkerhed	10
3.1	Godkendelse af vindmøller	10
3.2	Krav til vedligehold	11
3.3	Trends for vindmøllesikkerhed	11
4	Vurderinger udført i dette notat	14
4.1	Datagrundlag for vurderingerne	14
4.2	Konsekvensvurderinger	15
5	Vurdering af risiko	20
5.1	Risiko for køretøjer på Amagermotorvejen	20
5.2	Risiko i forbindelse med lækager på installationer på Prøvestenen	21
5.3	Stedbunden risiko	23
5.4	Risiko for den mest udsatte person	24
5.5	Samfundsrisiko	25
6	Reduktion af risiko	26
6.1	Forøget inspektion af møller	26
6.2	Driftsvinduer	28
6.3	Beredskabsforanstaltninger	29
6.4	Anbefalinger	29

7	Konklusion	31
8	Referencer	33
	Bilag 1	35

1 Indledning og sammenfatning

1.1 Indledning og oversigt

I forbindelse med VVM-processen for opstilling af vindmøller på Prøvestenen og Kalvebod Syd, har Københavns Energi ønsket en vurdering af forslag til placering af møllerne ud fra et sikkerhedsmæssigt synspunkt.

I dette notat har vi vurderet, hvilke konsekvenser det kan have for personer eller installationer, hvis de rammes af dele fra en havareret vindmølle eller af isstykker fra en vindmølle. Konsekvenserne er vurderet inden for det såkaldte nedfaldsområde. Nedfaldsområdet er defineret som en cirkel, hvor vindmøllen udgør centrum. Radius for nedfaldsområdet er den beregnede maksimale kastelængde for dele af en møllevinge, som havarerer, fordi møllen er løbet løbsk. Desuden er der vurderet sandsynligheden pr. år for, at sådanne uheld kan indtræffe, samt sandsynligheden for, at personer og installationer (herunder tanklagrene på Prøvestenen) kan blive ramt, hvis uheldene indtræffer. Hermed opnås et mål for den risiko, der er forbundet med færdsel og ophold inden for nedfaldsområdet.

Den øgede risiko ved at færdes og opholde sig inden for nedfaldsområdet er herefter sammenlignet med den risiko, der i øvrigt er forbundet med at befinde sig i de pågældende områder. Herved fås et mål for, hvor meget vindmøller vil øge den samlede risiko.

Udover en vurdering af, hvor meget vindmøller vil forøge risikoen for personer, er der foretaget en bedømmelse af risikoen i forhold til almindeligt anvendte kriterier for planlægning omkring farlige virksomheder. Bedømmelsen tager udgangspunkt i begreberne "stedbunden risiko" og "risiko for den mest udsatte person" (se box).

Myndighederne har ingen faste retningslinjer for, hvilken risiko fra anlæg det er acceptabelt at udsætte personer for. Der anvendes imidlertid i stigende omfang en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år som den risiko for dødsfald, der umiddelbart kan accepteres for boligområder. I /Ref. 9/ foreslås et kriterium på 10^{-6} pr. år for den mest udsatte nabo. Københavns Kommune anbefaler, at den stedbundne risiko ikke overstiger 10^{-6} pr. år i boligområder, og 10^{-5} pr. år i erhvervsområder.

Den stedbundne risiko fra et anlæg er her defineret som sandsynligheden for, at en person, som befinder sig uafbrudt og ubeskyttet på et bestemt sted, dør på grund af et uheld på anlægget.

En risiko på 10^{-6} pr. år betyder, at dødsfald for denne person kan forventes at indtræffe med en sandsynlighed på en milliontedel pr. år. En risiko på 10^{-5} pr. år er ti gange højere, nemlig ti milliontedele pr. år.

Den mest udsatte person er den person, der på grund af sit opholdsmønster inden for nedfaldsområdet udsættes for den største risiko. I modsætning til den stedbundne risiko indregnes også, at personen i perioder befinder sig uden for nedfaldsområdet, og at det kan være forskelligt hvor stor risiko personen udsættes for inden for området. Det vil både afhænge af afstanden til risikokilden og om personen opholder sig udendørs eller indendørs.

I denne rapport er afstandene til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år og til 10^{-5} pr. år estimeret og præsenteret i form af konturcirkler for de forskellige forslag til placering af vindmøllerne. En konturcirkel er en cirkel, der er tegnet med centrum i vindmøllen, og hvor afstandene til en bestemt stedbunden risiko udgør radius. Desuden er risikoen for den mest udsatte person estimeret både for virksomheder og for rekreative arealer.

Der er endvidere udført en kvalitativ vurdering af den totale personrisiko, også kaldet samfundsrisikoen, som udtrykker risikoen for at slå en eller flere personer ihjel ved et uheld på anlægget. Jo flere mennesker, der befinder sig i nedfaldsområdet, des større sandsynlighed er der for at ramme en eller flere af dem.

De her nævnte planlægningskriterier for stedbunden risiko, der retter sig mod bolig- og erhvervsområder, er ikke tidligere anvendt for planlagte rekreative aktiviteter og for færdsel på offentlige veje.

Den beregnede risiko for at personer eller installationer kan blive ramt af mølledele bygger på data fra før år 2000. Der er ikke fundet eksempler på, at den type mølle, som påtænkes opstillet her, er løbet løbsk med havari til følge. Med det betydelige antal driftsår denne type har haft indtil nu betyder det, at risikoen for at blive ramt af en møllevinge eller en del heraf, formentlig er overvurderet i denne rapport, og dermed at radius i konturcirklerne for den stedbundne risiko formentlig også er overvurderet. Det har ikke været muligt inden for tidsrammerne af denne opgave at få adgang til data fra vindmølleindustrien, der kan bekræfte dette.

Der er i rapporten skitseret mulige tiltag som vil reducere sandsynligheden for møllehaveri. Desuden foreslås etableret beredskabstiltag såfremt en vindmølle er i fare for at løbe løbsk, eller hvis den ikke kan stoppes under forhold, hvor der er risiko for isafkast.

1.2 Sammenfatning af resultater

Denne risikovurdering viser følgende:

- Den stedbundne risiko fra de foreslåede vindmøller for personer i køretøjer på Amagermotorvejen ligger inden for kriteriet som ofte anvendes for boligområder. Risikoen øges med ca. 3 %, når man passerer vindmøllerne, sammenlignet med den risiko, der i øvrigt er forbundet med at køre på en motorvej.
- Hyppigheden for, at en vindmøllevinge eller dele af den slynges af og rammer et af Prøvestenens lagre af brændstoffer og opløsningsmidler vurderes at være ca. 10^{-5} eller ti milliontedele pr. år.
- Konsekvensen af et nedslag i et tanklager kan være udslip af brændstoffer eller opløsningsmidler og efterfølgende brand, eksplosion eller miljøforurening.
- Sandsynligheden for at der forekommer udslip af brændstoffer eller opløsningsmidler som følge af, at en tank rammes af en mølledel, vurderes at være mere end 200 gange lavere end for andre årsager til udslip. Tilstedeværelsen af møllerne vil derfor kun bidrage marginalt til risikoen for brand, eksplosion og miljøforurening, i forhold til den risiko der i forvejen findes ved aktiviteterne på Prøvestenen.
- Den stedbundne risiko i de erhvervsområder der findes inden for vindmøllernes nedfaldsområder, overholder ikke København Kommunes anbefalinger. Risikoen kan dog accepteres under forudsætning af, at medarbejderne informeres om risikoforholdene, og at der etableres beredskabstiltag for uheldssituationer med møllerne.
- Med det foreliggende datagrundlag vurderes det ikke umiddelbart acceptabelt at placere rekreative arealer, hvor man kan forvente, at mange personer vil opholde sig, inden for konturcirklen for en stedbunden risiko på 10^{-6} eller en milliontedel pr. år. Specielt vækker placeringen af nyttehave tæt på møllerne på Kalvebod Syd bekymring. Før der kan gives tilladelse til rekreativ udnyttelse af områder inden for konturcirklerne, bør det vurderes, hvordan sikkerheden for personer på disse arealer kan øges - bl.a. ved at udarbejde beredskabstiltag for offentlige arealer.
- Såfremt uheldsdata vedrørende de nye store møller kan frigives fra vindmøllebranchen, er der mulighed for at det kan eftervises, at den stedbundne risiko er mindre omkring denne type møller, end vi forsigtighedsvis har vurderet i denne rapport. Det skyldes, at et ikke ubetydeligt antal driftsår er forløbet, øjensynligt uden at løbskkørsel er forekommet.

Baseret på princippet om, at risikoen altid skal reduceres så meget som praktisk muligt (ALARP - As Low As Reasonably Practicable), er der er foreslået en række tiltag til at reducere risikoen.

- 1 Der udføres forøget inspektion af vingerne og afprøvning af møllernes sikkerhedssystemer før de idriftsættes.

- 2 Der udføres hyppigere og mere omfattende eftersyn og overvågning af møllerne efter disse er sat i drift med særligt fokus på vinger, sikkerhedssystemer og bremses.
- 3 Det undersøges hvorvidt installation af is-detektorer på møllerne, kan nedbringe risikoen for isafkast.. Der kan evt. indføres driftsvinduer i forhold til risikoen for isafkast, afhængigt af erfaringerne med is-detektorerne.

Det er COWIs overordnede vurdering, at risikoniveauet for de foreslåede møller er acceptabelt, såfremt de beredskabsmæssige og risikoreducerende tiltag, som er nævnt i de ovenstående punkter, indføres.

2 Tidligere udførte risikovurderinger af vindmøller

2.1 Risikovurderinger i Danmark

Der er tidligere udført risikovurderinger af opstilling af vindmøller i Danmark, f. eks. ved Avedøre Holme /Ref. 2/ og ved Kappel /Ref.3/.

I begge tilfælde har metoden været, at den maksimale kastelængde for en hel vinge, for dele af en vinge og for isstykker beregnes, så man får defineret et nedfaldsområde for vindmøller med et driftsvindue op til 25 m/s vindhastighed. I disse risikovurderinger er de maksimale kastelængder beregnet til at være 800 - 820 m for møller, der er sammenlignelige med de møller, som Københavns Energi overvejer at stille op.

Herefter udregnes sandsynligheden for, at en person, der befinder sig i nedfaldsområdet, rammes. Hvis man kombinerer denne sandsynlighed med sandsynligheden for et havari, får man et mål for den stedbundne risiko. Følgende afstande til en stedbunden risiko på henholdsvis 10^{-5} og 10^{-6} pr. år er fundet.

	10^{-5} pr. år	10^{-6} pr. år
Avedøre Holme, Ny mølle /Ref.2/	272 m	326 m
Kappel, Ny mølle type 1 /Ref.3/	281 m	365 m

Tabel 2-1 Afstand til stedbunden risiko fra tidligere studier

Endelig er der tegnet konturcirkler, som viser afstanden fra møllen til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år.

Konturcirklerne anvendes til at vurdere placeringen af møllerne. Udgangspunktet er, at der ikke bør findes arealer, hvor der ofte opholder sig personer indenfor den konturcirkel, der markerer en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år.

Dette kriterium er et udtryk for, at risikoen for at slå en person ihjel skal begrænses af hensyn til samfundsrisikoen. Jo flere mennesker, der færdes i nedfaldsområdet, des større samfundsrisiko. Risikoen for det enkelte individ - og

for den mest udsatte person - kan imidlertid stadig være lav, da en og samme person kun vil befinde sig i området en gang imellem.

I Miljøprojekt 112 /Ref. 9/ anbefales det at anvende 10^{-6} pr. år som acceptkriterium for den mest udsatte nabos risiko for dødsfald. Risikoen for den mest udsatte nabo er ikke det samme som den stedbundne risiko. Ved beregningen af den stedbundne risiko antages det nemlig, at personen uafbrudt befinder sig ubeskyttet i det fri. I beregningen af risikoen for den mest udsatte nabo indregnes det derimod også, at denne person noget af tiden vil befinde sig indendørs, hvor risikoen er mindre, og i nogle perioder vil personen slet ikke vil være til stede i nedfaldsområdet. Den stedbundne risiko vil derfor være større end risikoen for den mest udsatte nabo, som befinder sig i samme afstand fra en kilde til et større uheld.

Risikovurderingerne baserer sig blandt andet på historiske data for havari af vindmøller til og med 1999. Kun data fra disse ældre typer af vindmøller har været tilgængelige, hvilket der også gøres opmærksom på i de pågældende risikovurderinger. Nyere mølletyper er større, men har indbyggede bremse- og sikkerhedssystemer, der bedre end de gamle beskytter møllerne mod løbskkørsel. Derfor kan nyere møller medføre en lavere sandsynlighed for havari.

2.2 Risikovurderinger i Holland

I Holland er der udgivet en vejledning i risikovurdering af vindmøller /Ref. 4/ og /Ref.5/. Beregningerne af kastelængder for vinger og vingedele bygger grundlæggende på de samme modeller som de danske risikovurderinger. Principperne for udregning af den stedbundne risiko er også de samme. Imidlertid er kastelængderne i de hollandske risikoberegninger henholdsvis 1,25 gange og 2 gange omdrejningstallet ved normal drift. I de danske beregninger anvendes 1,25 og 3 gange omdrejningstallet ved normal drift. Dette resulterer i store forskelle hvad angår maksimal kastelængde, størrelsen af nedfaldsområdet og afstanden til en bestemt stedbunden risiko.

I den hollandske håndbog angives følgende generelle værdier for maksimal kastelængde og stedbunden risiko for en mølle, der er sammenlignelig med de møller, som Københavns Energi planlægger at stille op.

	Maksimal kastelængde	10^{-5} pr. år	10^{-6} pr. år
2,75 MW, IEC klasse 2	369 m	46 m	155 m

Den hollandske håndbog anbefaler imidlertid, at der anvendes en maksimal kastelængde på 500 m, fordi en sådan kastelængde er forekommet i virkeligheden. De hollandske tal inkluderer ikke risikoen fra is, der kan kastes af fra vingerne. Dette skal sammenlignes med en maksimal kastelængde på 800 - 820 m og en afstand på 326 - 365 m (300-360 m uden risiko fra isafkast) til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år i de danske risikovurderinger for møller af sammen-

lignelig størrelse. Frekvenserne for svigt for de forskellige vingedele er baseret på de samme historiske data som de danske risikovurderinger. Forskellen mellem de danske og de hollandske resultater kan derfor ikke tilskrives forskelle i disse data.

3 Nyere vindmøllers sikkerhed

3.1 Godkendelse af vindmøller

For at minimere risikoen for havarier af vindmøller som opstilles i Danmark skal store vindmøller og deres fundamenter være godkendt i henhold til Energi-styrelsens godkendelsesordning. Godkendelsesordningen, der har været gældende i snart 20 år, omfatter design, fremstilling og opstilling af vindmøller. Godkendelsen dokumenteres ved udstedelse af en typegodkendelse for møllen. Denne typegodkendelse skal udstedes af et akkrediteret certificeringsselskab som f.eks. Det Norske Veritas eller Germanischer Lloyd.

For at opnå typegodkendelse skal møllen opfylde forskellige design krav og være forsynet med styrings- og overvågningssystemer som sikrer, at vindmøllen er designet i overensstemmelse med gældende internationale sikkerhedsmæssige krav til mekanisk og strukturel sikkerhed, personsikkerhed samt elektrisk sikkerhed (IEC 61400-1). Desuden sikrer typegodkendelsen, at kvalitetsmæssige forhold som har betydning for levetid, ydeevne, pålidelighed og støj emission er korrekt belyst og dokumenteret.

Det er langt fra alle lande med vindmøller, der stiller så store krav.

Typegodkendelsen kan udstedes på tre forskellige niveauer:

C godkendelse der tillader opstilling af en prototype udgave af møllen hvor de væsentligste parametre vedrørende sikkerhed skal være dokumenteret.

B godkendelse der udstedes til de første seriefremstillede møller og hvor der skal foreligge detaljerede beregninger vedrørende mølle konstruktionens holdbarhed og dokumentation for styre- og sikkerhedssystemer.

A godkendelse der udstedes til en kommercielt tilgængelig udgave af møllen. Der kræves yderligere dokumentation i form af fuld skala test af hele møllekonstruktionen samt af de enkelte hovedkomponenter. Desuden skal fabrikanten dokumentere et kvalitetsstyrings system for produktion og test af møllen.

I forbindelse med udstedelse af type A godkendelse omfatter afprøvning bl.a.:

- møllens sikkerhedssystemer. Omfatter simulering af alle tænkelige fejlsituationer som strømudfald, løbskkørsel osv. Under testen skal det demonstreres, at

møllen stopper sikkert under disse situationer og under de værste tænkelige vindforhold.

- vindmøllens vinger. Omfatter en statisk belastning af vingen svarende til de forventede 50-års ekstremlaster samt en udmattelsestest svarende til de belastninger, som møllen vil opleve i en tyveårig levetid. Desuden foretages en inspektion under fremstilling af vingerne.

De nyere store møllers bremsesystem består typisk af et luftbremssystem (drejelige vinger) og en mekanisk bremsesystem (skivebremser). Det er et krav, at bremsesystemet skal kunne stoppe møllen ved alle vindhastigheder op til maksimal driftsvindhastighed (normalt 25 m/s), hvis der opstår en enkelt fejl i bremsesystemet (f.eks. at kun to vinger drejes til nedbremsning).

3.2 Krav til vedligehold

Effektiviteten af sikkerhedssystemerne er ikke blot et spørgsmål om det fysiske sikkerhedssystem, der indbygges i konstruktionen. Det handler også om, hvilket vedligeholdelsessystem der anvendes for at sikre pålideligheden af systemet. Siden 2008 er der således i Danmark stillet krav til at vindmøller regelmæssigt serviceres og vedligeholdes af godkendte firmaer som en del af oprettholdelsen af typegodkendelsen.

3.3 Trends for vindmøllesikkerhed

Som omtalt i afsnit 2 bygger de danske og hollandske vurderinger på data for havari af vindmøller fra før år 2000. COWI har undersøgt, om der er sket en udvikling i vindmøllesikkerheden siden 2000. Det fremføres i /Ref.2/ og /Ref.3/ at moderne vindmøller må formodes at være mere sikre end ældre møller, fordi sikkerheds- og vedligeholdelsessystemer for møllerne er forbedret gennem årene. Der findes desværre ikke offentligt tilgængelige data for hverken vindmølleuheld eller antallet og arten af installerede møller siden 2000.

Et skotsk borgerinitiativ, Caithness Windfarm Information Forum, som er bekymret for udbredelsen af vindmøllefarme i Skotland, har oprettet en database /Ref. 10/ over vindmølleuheld, som rækker tilbage til 1975 og frem til nu. Med forbehold for, at data er opsamlet af en interesseorganisation, og at oplysninger om de enkelte uheld er indsamlet fra beretninger i pressen og fra andre interesseorganisationer med samme bekymring, virker databasen gennemarbejdet. Den er således det bedste materiale, COWI har kunnet få adgang til, hvad angår vindmølleuheld.

For at få en indikation af hyppigheden af afkast af vinger eller dele heraf pr. mølle pr. år, og hvordan denne hyppighed varierer over en årrække, er det nødvendigt at kende antallet af vindmøller gennem årene. Der findes ikke sådanne historiske data tilgængelige med en ønskelig præcision. Derimod kendes den totale installerede kapacitet i MW fra vindmøller fra årene 2001-2009 med en forventet kapacitet for 2010 /Ref. 16/. For Danmark findes der præcise tal for både antallet af vindmøller og den installerede kapacitet for perioden 2003 -

2010. De danske tal viser, at den gennemsnitlige vindmølles ydelse er steget jævnt fra i gennemsnit 0,58 MW pr. mølle i 2003 til 0,76 MW pr. mølle i 2010. Disse tal kan bruges til at estimere det totale antal møller på verdensplan i de enkelte år, ud fra den installerede kapacitet i MW. I nedenstående Tabel 3-1 er det antaget, at den gennemsnitlige mølle yder 1 MW. Bruges dette tal giver det en højere hyppighed af fejl end hvis de danske gennemsnitstal blev anvendt, da det er valgt at lave et forsigtigt estimat af fejlfrekvens. I Tabel 3-1 er antallet af vindmøller på verdensplan sammenstillet med antallet af vindmølleuheld med tab af møllevinger eller dele heraf fra /Ref.10/ og antal driftsår pr. uheld er udregnet.

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Antal møller	24322	31181	39295	47693	59024	74122	93930	120903	159213	203500 ¹
Antal uheld med tab af møllevinger eller dele heraf	5	11	8	14	9	15	17	9	12	9
Antal driftsår pr. uheld	4864	2835	4912	3407	6558	4941	5525	13434	13268	22611

Tabel 3-1 *Udvikling i antal driftsår pr. uheld baseret på en gennemsnitlig ydelse på 1 MW pr. mølle.*

Det fremgår, at antallet af driftsår pr. uheld er stigende i perioden, hvilket indikerer en forbedret sikkerhed på møllerne. Tallene skal imidlertid bruges med forsigtighed til estimering af absolutte tal, da antallet af uheld fra /Ref.10/ måske kun er en del af det faktiske antal uheld, ligesom estimeringen af antallet af møller er behæftet med usikkerhed. COWI vurderer dog, at tallene kan bruges til at belyse tendenser i udviklingen af sikkerheden på møllerne, da der gennemgående er anvendt forsigtige estimater. Hvis der på trods af de forsigtige estimater kan ses en forbedring i møllesikkerheden, er det rimeligt at antage, at denne forbedring også repræsenterer en faktisk forbedring.

Til at understøtte denne konklusion er der foretaget en udregning af den gennemsnitlige hyppighed af mølleuheld med afrevne vinger eller dele heraf for perioden 2005 - 2010. Den gennemsnitlige hyppighed er udregnet til at være $1,5 \cdot 10^{-4}$ ved 95 % konfidens (øvre grænse). Denne hyppighed skal sammenlignes med en hyppighed på $1,1 \cdot 10^{-3}$, som er anvendt i de hollandske beregninger, og $9,4 \cdot 10^{-4}$ i de danske beregninger, udregnet på baggrund af uheldstal fra før 1999. Der er altså tale om en reduktion i fejlfrekvensen på 6- 7 gange. COWI vurderer, at det er forsvarligt at antage, at vindmøllerne i perioden 2005 - 2010 i gennemsnit har en fejlfrekvens, der er mindst 3 gange lavere end møller fra før 2000. Vurderingen er sket med forbehold for, at den nye udregning kun medtager afrevne møllevinger og dele heraf, men ikke havarerede mølletårne og naceller. Antagelsen er anvendt i COWIs korrigerede beregninger.

/Ref.10/ anfører også oplysninger om dødsfald og tilskadekomst i forbindelse med vindmølleuheld. Ser man kun på offentligheden, og ikke på arbejdere med direkte tilknytning til vindmøllerne, er der registreret dødsulykker og alvorlig tilskadekomst i forbindelse med eksempelvis små fly og faldskærmsudspringere, der kommer for tæt på vindmøller, samt i forbindelse med bilister, der kører

¹ Forventet installeret kapacitet

ind i vindmølletransporter eller kører galt, fordi de angiveligt distraheres af vindmøller. Der er imidlertid ikke registreret dødsfald eller alvorlig personskade som følge af møllehavari.

Det kan tilføjes, at vi ikke har kunnet finde oplysninger om uheld med løbskørsel med de nyere typer store vindmøller, som er beskrevet sidst i afsnit 3.1, og heller ikke om havari med hele afrevne vinger. Derimod er der forekommet afkast af flager fra møllevinger, der muligvis kan skyldes defekter under fremstilling, herunder limning.

4 Vurderinger udført i dette notat

4.1 Datagrundlag for vurderingerne

4.1.1 Maksimal kastelængde

I dette notat anvendes en maksimal kastelængde, som er baseret på beregningerne for Ny mølle type 1 (rotorradius 63 meter, navhøjde 93 meter, totalhøjde 156 m) i /Ref. 3/.

I beregningerne i /Ref.3/ har man anvendt en maksimal normal vingespids-hastighed på 70 m/s. På baggrund af oplysninger om den planlagte mølletype /Ref.17/ som angiver en maksimal normal rotationshastighed på 16,1 pr. minut, hvilket giver en vingespids-hastighed på ca. 76 m/s, er den maksimale kastelængde imidlertid korrigeret for denne højere vingespids-hastighed. Den maksimale kastelængde er 890 m og fremgår af kortene i bilag 1.

4.1.2 Stedbunden risiko

I dette notat anvendes afstande til den stedbundne risiko på 10^{-6} pr. år og 10^{-5} pr. år. Afstandene er baseret på beregningerne for Ny mølle type 1 i /Ref. 3/ og korrigeret for den lavere sandsynlighed for havari og den større maksimale kastelængde. Disse afstande bliver 325 m og 200 m, når risikoen for isafkast er medtaget på samme måde som i /Ref.3/. Hyppigheden af overisning er vurderet til 5 gange pr. år. Afstanden til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år og 10^{-5} pr. år fremgår af konturcirklerne på kortene i bilag 1.

Hvis man tager i betragtning, at der endnu ikke er forekommet løbskkørsel med de nye typer vindmøller, trods et betydeligt antal driftsår, så er der grund til at forvente, at afstandene til disse risikoniveauer bliver mindre, når der gives adgang til datagrundlaget. De maksimale kastelængder er langt mindre ved den normale rotationshastighed end der her er regnet med (løbskkørsel), og sandsynligheden for løbskkørsel vil formentlig kunne nedsættes.

4.2 Konsekvensvurderinger

4.2.1 Konsekvensen af mølledele der rammer personer

Det antages at en person vil blive slået ihjel hvis han rammes af en mølledel eller af is, der kastes af en vinge i fart. Denne antagelse indgår i beregningen af stedbunden risiko.

4.2.2 Konsekvensen af mølledele der rammer køretøjer

Det antages, at et køretøj, der rammes af en mølledel, bliver beskadiget i en grad (f.eks. hvis forruden knuses), så de mennesker, der befinder sig i bilen, kan blive slået ihjel direkte eller ved et efterfølgende sammenstød. Forbipasserende køretøjer på Amagermotorvejen befinder sig inden for nedfaldsområdet, og personer i disse køretøjer kan derfor potentielt blive slået ihjel i tilfælde af et møllehavari. Isafkast vil kunne ødelægge forruden på køretøjer med et alvorligt trafikuheld til følge. Ved beregningen af risikoen for forbipasserende biler antages det konservativt, at en person, der befinder sig i en bil, der rammes af en mølledel eller isafkast, omkommer.

Det er ikke muligt at give et troværdigt estimat af, hvor mange personer der i værste fald kan blive slået ihjel i tilfælde af et møllehavari. Det vurderes, at risikoen for mange omkomne er størst i en situation med tæt trafik, hvor hastigheden på køretøjerne stadig er tæt på det maksimalt tilladte. Her er effekten af kollision med en mølledel størst, flere køretøjer kan blive ramt samtidig og hændelsen kan eskalere i form af biler, der kolliderer med hinanden.

Hvis mølledele rammer et køretøj med farligt gods, f.eks. en tankvogn med brandbart eller giftigt materiale, kan der opstå en lækage. Det antages konservativt, at der vil opstå en lækage, hvis et af disse køretøjer rammes. Isafkast skønnes derimod ikke at forårsage lækage.

Konsekvensen af en lækage kan være brand, eksplosion eller spredning af giftige dampe. I en situation med tæt, langsomkørende trafik, evt. helt stillestående trafik, kan det medføre mange dødsfald i køretøjerne tættest på tankbilen.

4.2.3 Konsekvensen af mølledele der rammer tanke og rørsystemer på Prøvestenen (vådbulkområdet)

Det vurderes, at mølledele, der slynges rundt i omgivelserne, kan forårsage lækage, hvis de rammer en tank. Om der forekommer en lækage, og hvor stor lækagen bliver, afhænger af mølledelens størrelse, dens hastighed og hvor på tanken den rammer.

Taget er den svageste del på tanken, og det vurderes, at mølledele, der vejer et par hundrede kilo og opefter, kan slå hul i taget. På siden af en tank findes der forskelligt udstyr i form af prøveudtag, termolommer, rørføringer osv., som også er forholdsvis sårbar over for mekaniske påvirkninger. En mølledel, der rammer tanksvøbet, vil mest sandsynligt ikke ramme vinkelret på svøbet. En

lækage af denne årsag er derfor mindre sandsynlig (mølledele kan populært sagt "slå smut" hen over svøbet) end de førnævnte årsager, men dog stadig mulig.

Der kan også opstå lækage, hvis rørsystemer, hvor der pumpes væsker, bliver ramt af mølledele. I modsætning til tankene besidder lange rørføringer en vis elasticitet og er derfor temmelig modstandsdygtige over for mekaniske påvirkninger. Eksempelvis er rørbroer på Prøvestenen blevet påkørt, senest af en mobilkran i marts 2010. Det medførte omfattende skader på rørbroen uden at der forekom et egentligt rørbrud.

Isafkast vil næppe kunne udgøre en fare for beskadigelse af tankinstallationer med den aktuelle afstand mellem de påtænkte møller og tankinstallationerne.

Hvis der opstår lækager på tanke og rørsystemer på Prøvestenen som følge af, at mølledele rammer disse installationer, kan der forekomme en række konsekvenser. Nogle af disse konsekvenser kan nå uden for Prøvestenens område.

Konsekvenserne af sådanne hændelser er tidligere beskrevet i en rapport udarbejdet for Københavns Kommune /Ref. 7/. Detaljer fra dette arbejde skal holdes fortrolige. Derfor kan vi i denne rapport kun gengive de konklusioner, der fremgår af det ikke-tekniske resume /Ref. 8/ som er offentligt tilgængeligt.

Brand

Lækager på tanke og rørsystemer kan forårsage omfattende brande på Prøvestenen. For at en brand kan opstå, skal der udover den brandbare væske også være en tændkilde (gnist) til stede. Derudover skal dampene fra den brandbare væske være blandet op med luft i et forhold, der ligger inden for antændelsesgrænserne.

En lækage som følge af, at dele fra en vindmølle slår hul i en tank eller et rørsystem, vil sandsynligvis ikke i sig selv medføre en brand. Det skyldes det forhold, at det er meget lidt tænkeligt, at der dannes gnister som følge af nedslaget. Møllevinger er lavet af materiale (hovedsaglig kul- og glasfibermaterialer, som ikke fremkalder gnister. En undtagelse er dog flangen, hvor møllevingen er fastgjort til navet. Nacelle og mølletårn indeholder metal, der kunne give en gnist, men det vurderes ikke, at disse dele kan nå tilstrækkeligt langt til at ramme den nærmeste tank (ca. 360 m). En anden mulighed for antændelse kan være, hvis der ved kollisionen mellem mølledele og tank/rørsystem lokalt opstår temperaturer, der overstiger den brandbare væskes selvantændelsestemperatur. Dette vurderes dog heller ikke at være en mulighed. Antændelsen må derfor ske ved en anden tændkilde, f.eks. varmt arbejde, defekte elektriske installationer i området eller motorkøretøjer i nærheden.

Hvad angår de brandbare dampe, så vil der kun være tilstrækkeligt med af-dampning fra væsken til at dampene kan brænde ved fareklasse 1-produkter. En brand er derfor mest sandsynlig i de tanke inden for nedfaldsområdet, hvor der opbevares fareklasse 1-produkter. De nærmeste af disse tanke står ca. 580 m fra de planlagte møller.

Hvis der opstår en tankbrand, kan den brede sig til andre tanke, hvis ikke det lykkes at få den under kontrol. Risikoen for brandspredning er belyst i en rapport udarbejdet for Copenhagen Malmö Port /Ref. 22/. Risikoen for en tankbrand og efterfølgende brandspredning vurderes i denne rapport at være størst på den nordlige del af Vådbulkområdet. Det er det område, hvor der oplagres de største mængder fareklasse 1-produkter, herunder store oplag af benzin. Dette område ligger uden for nedfaldsområdet og vil derfor ikke blive ramt af mølledele fra en havareret vindmølle. Inden for nedfaldsområdet, hvor der også oplagres fareklasse 1-produkter, men i mindre mængder end den nordlige del og ingen benzin, er brandspredning også mulig. Sandsynligheden er dog mindre end for den nordlige del.

Tankbrande kan medføre alvorlige personskader og store materielle ødelæggelser, men der vil ikke være fatale konsekvenser uden for Prøvestenen. Det kan dog eventuelt blive aktuelt at evakuere områder uden for Prøvestenen, hvis de er truet af brandrøg.

Ekspllosion

To typer af eksplosioner er mulige i forbindelse med oplagene af brandfarlige væsker. For begge typer gælder det, at der kun er sandsynlighed for eksplosion for fareklasse 1-produkter.

En tankeeksplosion opstår, når der findes brandbare dampe i den rette koncentration i luftrummet over væsken inde i en tank. En gnist kan udløse en eksplosion, der typisk vil flå taget af tanken og sandsynligvis også starte en tankbrand. Som nævnt ovenfor vurderes det ikke, at en kollision med en mølledele kan skabe den gnist, der er nødvendig for at udløse en eksplosion. Skulle det alligevel være muligt at danne en gnist, vil dampene i luftrummet over væsken i tanken i de fleste tilfælde være for koncentrerede til at kunne antændes. En tankeeksplosion som følge af, at den rammes af en mølledele, vurderes derfor at være meget lidt sandsynlig.

En anden type eksplosion er en gasskyeksplosion, hvor væske fra en lækage strømmer ud og efterhånden danner en stor gassky, som på et tidspunkt antændes. Under særlige omstændigheder kan gasskyeksplosioner blive meget voldsomme. Det er bedst dokumenteret og undersøgt ved en eksplosion i England i 2005 (Buncefield-ulykken). COWI vurderer, at det er tvivlsomt, om der kan forekomme eksplosioner med samme effekt som i Buncefield, hvis en af de tanke på Prøvestenen, der ligger inden for nedfaldsområdet, og som indeholder fareklasse 1-produkter, rammes af en del fra en møllevinge. For at få sådanne effekter kræves det, at der dannes en meget stor gassky, fordi store mængder produkt løber ud over tanktoppen i længere tid, og at der forekommer en plaskeeffekt, når produktet løber ned ad tanksvøbet. Plaskeeffekten opstår f. eks. når væsken på sin vej løber ud over et fremspring (for eksempel en vindafstivning). Sådanne fremspring findes ikke på de fareklasse 1-tanke, der kan rammes af mølledele. Derudover er det meget lidt sandsynligt, at man skulle fortsætte med at pumpe store mængder produkt ind i en tank, der har fået en lækage ved kollision med en mølledele. Hvis lækagen opstår på svøbet eller ved, at en tilslutning brækker af, kan der løbe store mængder produkt ud. Eventuelt kan hele tanken tømmes, uden at det kan stoppes. Den mængde produkt, der

kan løbe ud, er bestemt af, hvor stor en væskemængde der står over det sted, hvor lækagen opstår. Lækager nederst på tanken, ved f.eks. en overrevet fyldeledning, vil give det største spild. Plaskeeffekten er imidlertid begrænset, og faldhøjden er reduceret i forhold til et udslip over toppen af tanken. Gasskyer vil stadig kunne opstå, antændes og forårsage en eksplosion. Det er dog COWIs vurdering, at konsekvenserne ikke vil være af Buncefield-omfang, da samme kritiske forhold som omkring Buncefield-eksplosionen ikke er til stede.

Tændkilden kan være defekte elektriske installationer eller varmt arbejde/køretøjer. Elinstallationer skal være sikrede i henhold til Atex områdeklassifikationen, og varmt arbejde/køretøjer bør stoppes i forbindelse med erkendelse af lækagen. Disse sikkerhedstiltag er imidlertid ikke ufejlbarlige.

Overtrykket fra en eksplosion af Buncefield-lignende omfang kan forårsage alvorlige personskader og materielle ødelæggelser inden for en afstand på op til 500 m (afstanden til 50 mbar overtryk).

Spredning af sundhedsskadelige dampe

Hvis lækager som ovennævnte ikke antændes, kan sundhedsskadelige dampe fra de lækkende produkter (primært forskellige opløsningsmidler) spredes i omgivelserne. Dampene vil kunne forårsage sundhedsskader på personer på Prøvestenen, men ikke udenfor.

Miljøpåvirkninger

Lækager i tankgårdene udgør ikke umiddelbart en fare for miljøet, da alle tankene er omgivet af tankgårde, som er store nok til at rumme hele indholdet af en tank. For at produktet kan løbe ud i omgivelserne og i vandmiljøet, skal tankgården beskadiges samtidig med, at tanken rammes. Dette er muligt, hvis tanken rammes af en hel møllevinge eller en stor mølledel. Alternativt kan tankmuren svigte, efter at produktet er løbet ud. For eksempel kan tankmuren være utæt eller tankgårdsdræn kan være efterladt åbne. Lækager på rørsystemer kan også forurene vandmiljøet, hvis lækagen opstår nær vandet.

Ved udslip til vandmiljøet kan der ske en spredning langs kysten og i havnen og ud over Øresund, hvor der findes et EU-habitatområde ved Saltholm ca. 4 km fra Prøvestenen. Ved det seneste større olieudslip fra Prøvestenen i januar 2008, på ca. 200 m³, drev der olie helt til Helsingborg, men olien ramte ingen miljøfølsomme områder.

Jordforurening er også en væsentlig mulig konsekvens i tilfælde af, at en møllevinge rammer tanke eller rørsystemer på Prøvestenen.

Skader på skibe

Skibe, der ligger på kaj 840 - 844, hvor store mængder benzin- og olieprodukter håndteres, ligger uden for nedfaldsområdet og kan derfor ikke rammes af dele fra en havareret vindmølle. Mindre mængder fareklasse 1-produkter håndteres på kajerne 849-854. Disse kajer ligger i en afstand på 550-770 m fra de planlagte møller og derfor inden for nedfaldsområdet. Der er ikke udført konsekvensberegninger på effekten af, at mølledele rammer et skib, men det antages konservativt, at der kan forekomme de samme konsekvenser som ved lækager på

tanke på land. Gasskyeksplosioner er dog mindre sandsynlige, da gasskyen vil skulle brede sig ind over land i områder med bygninger og andre strukturer, for at der kan være den nødvendige indeslutning til, at en kraftig eksplosion kan forekomme. I lighed med lækager på land på tanke og rørsystemer er der ikke store konsekvenser i bebyggede områder uden for Prøvestenen.

En lækage på et skib har potentiale til en omfattende miljøforurening af vandområder, svarende til det førnævnte.

5 Vurdering af risiko

5.1 Risiko for køretøjer på Amagermotorvejen

Den i /Ref. 5/angivne sandsynlighed for, at et køretøj, der passerer en række vindmøller, rammes af en mølledel, anvendes konservativt for en bil eller tankbil på Amagermotorvejen. Denne er $6.2 \cdot 10^{-11}$ pr. kørt kilometer.

Ifølge Vejdirektoratets hjemmeside /Ref. 6/ er risikoen for at blive slået ihjel, når man kører bil på en dansk motorvej $2 \cdot 10^{-9}$ pr. kørt kilometer (2009-data). Er sandsynligheden for at blive ramt af en mølledel når man passerer vindmøllerne $6.2 \cdot 10^{-11}$ pr. kørt kilometer (se afsnit 5.1), og antages det at en sådan hændelse fører til et dødsfald, så vil sandsynligheden for dødsfald forøges med $6.2 \cdot 10^{-11}$ pr. kørt kilometer. Med andre ord øges risikoen for dødsfald med 3 % i forhold til den generelle risiko for bilkørsel på motorvej for hver passage af vindmølleparken ved Amagermotorvejen. Hvis man antager, at der i gennemsnit forekommer mere end et dødsfald i forbindelse med et havari af en vindmølle, øges risikoen tilsvarende. Det skal bemærkes, at risikovurderingen er baseret på den konservative antagelse, at køretøjer, der rammes af mølledele, altid medfører dødsfald, uanset størrelsen af mølledelen og hastigheden af køretøjet.

Ifølge "Purple Book" /Ref. 11/ er der generelt en sandsynlighed for lækage på tankbiler på $4,32 \cdot 10^{-9}$ pr. kørt kilometer. Risikoen for at blive ramt af mølledele er $6.2 \cdot 10^{-11}$ pr. kørt kilometer, som nævnt i afsnit 5.1. Under antagelse af at dette altid medfører en lækage på tankbilen, så øges risikoen for lækage med 1,4 %, når man passerer vindmølleparken ved Amagermotorvejen. Hvis man antager, at en lækage altid medfører et dødsfald, svarer det også til en forøgelse af risikoen for dødsfald på 1,4 %. I lighed med ovenstående øges risikoen, hvis det antages, at der i gennemsnit omkommer mere end en person ved en lækage på en tankbil. I realiteten er det ikke i alle tilfælde, at en mølledel forårsager en lækage. Det er heller ikke i alle tilfælde, at mennesker omkommer som følge af lækagen, så en risikoforøgelse på 1,4 % vurderes at være konservativ.

Der foregår også kørsel på Prøvestenens område, men denne trafik er meget mindre intens end på Amagermotorvejen, og den maksimalt tilladte hastighed er meget lavere. Risikoen i forbindelse med kørsel vurderes derfor at være væsentlig mindre på Prøvestenen end på Amagermotorvejen. Dette gælder både den generelle risiko for dødsfald og den del af risikoen, der kan tilskrives vindmøllerne.

5.2 Risiko i forbindelse med lækager på installationer på Prøvestenen

Det fremgår af afsnit 4.2, at der kan forekomme ret dramatiske konsekvenser som følge af lækager på installationer på Prøvestenen. Det fremgår også, at alvorlige konsekvenser for mennesker er begrænset til personer, der opholder sig på Prøvestenen, og at konsekvenserne er alvorligst i den del af Vådbulkområdet hvor der håndteres brandfareklasse 1-produkter. Vådbulkområdet er indhegnet med adgang via en port med bomme ved indkørslen til området. Porten er kameraovervåget, men kan let passeres af gående uden ærinde. Der er fri adgang til den øvrige del af Prøvestenen.

I en risikovurdering skal de ovennævnte konsekvenser holdes op imod sandsynligheden for, at konsekvenserne forekommer. Nedenstående tabel viser de betingelser, der skal være opfyldt for, at en af de undersøgte konsekvenser kan forekomme.

Miljøskade	Miljøskade	Brand	Tankekspllosion	Gasskyekspllosion
Tank og tankmur rammes samtidig	Tank rammes	Tank rammes på svøbet	Tanktaget med sikkerhedsventiler rammes	Tank rammes
Lækage opstår og produkt løber ud da tankmuren er ødelagt	Lækage opstår	Lækage opstår	Atmosfæren inde i tanken er i det antændelige område	Lækage opstår
	Tankmur fejler og produkt løber ud	Lækage antændes og brand opstår	Gnist opstår, når der slås hul og tank eksploderer	Gassky dannes og udbredes i et større område
				Gassky antændes med gasskyekspllosion til følge.

Som det fremgår, skal færrest betingelser opfyldes for at konsekvensen bliver en miljøskade, mens der skal opfyldes flest betingelser for, at en gasskyekspllosion bliver konsekvensen. De forskellige betingelser har ikke alle den samme sandsynlighed. Derfor kan det ikke direkte udledes, at miljøskade er den mest sandsynlige konsekvens og, at en gasskyekspllosion er den mindst sandsynlige.

Det er dog under alle omstændigheder COWIs vurdering, at sandsynligheden for, at én af konsekvenserne forekommer, er lavere end sandsynligheden for, at en tank rammes. Selvom det konservativt antages, at når en tank rammes, vil der opstå en lækage uanset størrelsen af mølledelen og uanset, hvordan den

rammer tanken, skal der stadig opfyldes mindst én betingelse mere. En undtagelse er den situation, hvor både tanken og tankmuren rammes på samme tid. Her er betingelsen imidlertid indirekte, at mølledelen skal være så stor, at den kan beskadige tank og tankmur på samme tid, og sandsynligheden for dette er lavere, end hvis blot en tank skal rammes. For at belyse, hvilke størrelsesordener af sandsynligheder der er tale om, diskuteres nedenfor:

- Sandsynligheden for at en tank rammes
- Sandsynligheden for at en lækage opstår
- Sandsynligheden for lækagen antændes.

5.2.1 Sandsynligheden for at en tank rammes

Sandsynligheden for, at en tank bliver ramt af en mølledel, kan estimeres ud fra følgende betragtninger:

1. En afrevet møllevinge eller en del af den lander inden for en radius af 890 m (den maksimale kastelængde) fra en mølle. Det svarer til et areal af nedslagsområdet på 2,49 km².
2. Inden for dette areal er der tankanlæg, som optager et areal på ca. 0,084 km². I dette areal er medtaget arealet mellem tanke i den samme tank farm. Tankarealet udgør 3,36 % af arealet af nedslagsområdet.
3. Hyppigheden af vingeafkast er i afsnit 3 vurderet til $1,5 \cdot 10^{-4}$ pr. mølleår, hvilket svarer til 1 uheld pr. 6.500 mølleår. To møller (forslag A) giver 1 uheld pr. 3250 mølleår, hvis det konservativt antages, at vingedele fra begge møller kan ramme alle tankene. Af de tre møller i forslag B kan de enkelte tanke typisk kun rammes af vingedele fra to af møllerne.
4. Da tankarealet udgør 3,36 % af nedslagsområdet, er hyppigheden derfor 3,36 % af 1 uheld pr. 3250 mølleår, hvilket er ca. 1 gang pr. 97.000 mølleår eller $1,04 \cdot 10^{-5}$ pr. år.

5.2.2 Sandsynligheden for at en lækage opstår

Den mest konservative antagelse man kan gøre, er at der altid opstår en lækage, når en møllevinge eller en mølledel rammer en tank. Den virkelige sandsynlighed er lavere, men er ikke estimeret i denne rapport.

Der findes erfaringstal for, hvor ofte lækager opstår på tankanlæg /Ref. 23/. Af Table 2.1 i denne reference ses det, at lækagefrekvensen for "Liquid spill outside tank" er estimeret til $2,8 \cdot 10^{-3}$ pr. år pr. tank, hvilket er ca. 270 gange højere end den udregnede sandsynlighed for, at en tank rammes af en del af en møllevinge. Ud fra dette erfaringstal vurderes det derfor, at sandsynligheden for, at en tanklækage opstår som følge af, at den rammes af en møllevinge, er i hvert fald 200 gange lavere end af andre årsager.

5.2.3 Sandsynligheden for at lækagen antændes

Den mest konservative antagelse man kan gøre, er at en lækage altid antændes, når en møllevinge eller en mølledel rammer en tank. Den virkelige sandsynlighed er lavere, men er ikke estimeret i denne rapport.

Der findes erfaringstal for, hvor ofte lækager antændes ved udslip fra tankanlæg /Ref. 24/. Af Scenario 13 i denne reference ses det, at sandsynligheden for antændelse maksimalt 0,015 ved en udsliprate på 300 t/h, som er den maksimale pumperate på Prøvestenen. Det betyder, at gennemsnitligt 3 ud af 200 udslip af denne størrelse antændes.

5.2.4 Konklusion på sandsynligheden for konsekvenser

Sandsynligheden for, at en tank på Prøvestenen bliver ramt af en mølledel, er anslået til at være $1,04 \cdot 10^{-5}$ pr. år (afsnit 5.2.1). Selv hvis det antages, at en kollision med en mølledel altid medfører lækage, er sandsynligheden for en lækage af andre årsager mindst 200 gange større.

En stor lækage, der ikke antændes umiddelbart som følge af kollisionen, har en sandsynlighed for antændelse på omkring 1,5 %.

Risikobidraget fra kollision med en mølledel vurderes derfor at være mindre betydende set i forhold til risikobidraget fra andre årsager.

5.3 Stedbunden risiko

Konturcirkler for en stedbunden risiko på 10^{-5} og 10^{-6} pr. år fremgår af kortene i bilag 1, hvor de foreslåede placeringer af møllerne er angivet for Kalvebod Syd ved Amagermotorvejen og på Prøvestenens tørbulk-område.

5.3.1 Kalvebod Syd

På Kalvebod Syd ses det, at afstanden til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år lige netop når Amagermotorvejen for alle tre forslag. Med de konservative antagelser, der er lagt i beregningerne, er det forsvarligt at konkludere, at personer, der bruger denne strækning, ikke udsættes for en stedbunden risiko på over 10^{-6} pr. år.

Inden for konturcirklerne for en stedbunden risiko på 10^{-5} findes der erhvervsområder, og Københavns Kommunes anbefaling kan derfor ikke umiddelbart overholdes. Risikoen kan dog accepteres, hvis der etableres passende sikkerhedsforanstaltninger. Det kunne f.eks. være beredskabsplaner, der fastlægger, hvordan man forholder sig i tilfælde af fare for løbskkørsel og for overisning af møllevingerne.

Der er planlagt rekreativ anvendelse af arealer inden for konturcirklerne i form af søsportsaktiviteter, nyttehaver, boldbaner mv. Dette er ikke umiddelbart foreneligt med et kriterium på en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år for områder, der benyttes af offentligheden, som foreslået i anbefalingerne i /Ref.1/.

Hvis disse planer ønskes realiseret, bør det derfor vurderes, hvordan risikoen kan nedbringes og, hvilke beredskabsforanstaltninger der kan gennemføres.

5.3.2 Prøvestenen

På Prøvestenen ses det, at afstanden til en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år når ud over de områder, der i dag er offentligt tilgængelige. Inden for konturcirklerne for en stedbunden risiko på 10^{-5} findes der erhvervsområder, og Københavns Kommunes anbefaling kan derfor ikke umiddelbart overholdes. Risikoen kan dog accepteres, hvis der etableres passende sikkerhedsforanstaltninger. Det kunne f.eks. være beredskabsplaner, der fastlægger, hvordan man forholder sig i tilfælde af fare for løbskkørsel og for overisning af vindmøllevingerne.

Som for Kalvebod Syd gælder det, at der er planlagt rekreative anvendelser inden for konturcirklerne på den sydlige del af Prøvestenen i form af lystbådehavn, plads for autocampere og strandophold. Det er dog ikke alle aktiviteterne, der ligger inden for konturcirklerne, og i forslag A, der kun omfatter to vindmøller, er det kun et mindre område, der ligger indenfor. I lighed med Kalvebod Syd bør det vurderes, hvordan risikoen kan nedbringes, og hvilke beredskabsforanstaltninger, der kan gennemføres.

5.4 Risiko for den mest udsatte person

Den mest udsatte person på en arbejdsplads på Kalvebod Syd antages konservativt at arbejde udendørs 40 timer om ugen i 44 uger om året. Hvis det samtidig antages, at denne person gennemsnitligt befinder sig i et område, hvor den stedbundne risiko er 10^{-5} pr. år, ligger risikoen for den mest udsatte person i størrelsesordenen $2 \cdot 10^{-6}$ pr. år. Normalt accepteres en risiko i størrelsesordenen 10^{-5} pr. år for personer, der arbejder på en nabovirksomhed til en risikovirksomhed. Det er overholdt i dette tilfælde. Risikoaccepten forudsætter, at de pågældende medarbejdere er informeret om risikoforholdene og, at der findes beredskabsplaner for håndtering af potentielle uheldssituationer.

For personer, der udnytter de rekreative arealer, vurderes den mest udsatte person at være en flittig bruger af en nyttehaver. Hvis man eksempelvis antager, at en pensionist 8 måneder om året opholder sig 40 timer om ugen i og omkring en nyttehaver, i et område med en stedbunden risiko på 10^{-5} pr. år, ligger risikoen for den mest udsatte person i størrelsesordenen $1,6 \cdot 10^{-6}$ pr. år. Det er en mindre overskridelse af den almindeligt accepterede risiko på 10^{-6} pr. år for den mest udsatte nabo. En udnyttelse af en nyttehaver på 40 timer om ugen i 8 måneder kan siges at være en høj udnyttelsesgrad. Hvis personen i stedet opholdt sig der i 25 timer om ugen i 8 måneder om året, ville kriteriet netop være overholdt. Ud fra dette vurderes det umiddelbart, at de andre planlagte rekreative aktiviteter kan overholde kriterierne, eftersom den tid, der tilbringes i nedfaldsområdet, er væsentligt kortere end for personer, der udnytter nyttehaverne intensivt.

For vindmøllerne på Prøvestenen er risikovurderingen for den mest udsatte person på en arbejdsplads den samme som for Kalvebod Syd. Altså er den almin-

deligt accepterede risiko for en person på en nabovirksomhed til en risikovirksomhed overholdt.

For personer, der udnytter de rekreative arealer, vurderes den mest udsatte person at være en fastligger på lystbådehavnen, som benytter sin båd intensivt 7 måneder om året og i disse måneder befinder sig halvdelen af tiden et sted med en gennemsnitlig stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år. Denne person udsættes for en risiko i størrelsesordenen $3 \cdot 10^{-7}$ pr. år, hvilket er lavere end den almindeligt accepterede risiko. Der vil være mange personer, som i sommerhalvåret kortvarigt udsættes for en væsentligt højere risiko (solbadere, autocampere). Men set over et år vil deres samlede risiko ved ophold på Prøvestenen være lavere.

5.5 Samfundsrisiko

I vurderingen af risiko for de mest udsatte personer, som er foretaget i afsnit 5.3 og 5.4, er der ikke taget hensyn til, at forskellige eller flere personer kan udsættes for konsekvenser ved de enkelte uheld, eller til, hvor mange der kan omkomme. Selvom kriteriet for stedbunden risiko og/eller risikoen for den mest udsatte person er overholdt, er der andre kriterier for sandsynligheden for, at flere personer omkommer i det samme uheld, som kan tages i betragtning. I /Ref.9/ foreslås det, at det generelt er acceptabelt, hvis den akkumulerede sandsynlighed for uheld, hvor der omkommer 1 eller flere, 10 eller flere og 100 personer eller flere, er henholdsvis 10^{-4} , 10^{-6} og 10^{-8} pr. år. En vurdering efter disse kriterier kræver en større kvantitativ analyse, som ligger udenfor omfanget af denne rapport. På nuværende tidspunkt vurderes det i øvrigt, at der ikke er nok oplysninger om personopholdsmønsteret på de pågældende arealer til at kunne foretage en sådan analyse.

Med de oplysninger, der er tilgængelige på nuværende tidspunkt, vurderes det, at muligheden for at slå flere mennesker ihjel ved det samme uheld er størst ved følgende to scenarier: Ved et møllehavari på Kalvebod Brygge, hvor der er tæt og hurtig trafik på motorvejen, samt ved et møllehavari på Prøvestenen på en varm sommerdag, hvor det rekreative areal tæt på møllen er tæt besat med strandgæster.

6 Reduktion af risiko

Som det fremgår af afsnit 5 kan de anvendte kriterier for maksimal stedbunden risiko ikke overholdes i særlige tilfælde, hvor arealerne i møllernes umiddelbare nærhed ønskes anvendt til erhverv eller til særlige rekreative formål (som f.eks. nyttehave på Kalvebod Syd). Der er derfor behov for at vurdere, om risikoen i disse tilfælde kan nedsættes til et acceptabelt niveau gennem øget kvalitetskontrol og overvågning af vindmøllerne og beredskabsplaner for situationer, hvor der er risiko for løbskkørsel eller isafkast.

Risikoreduktion kan ske ved forskellige tiltag:

- 1) forebyggelse af defekter i møllerne
- 2) reduktion af driftsvindhastighed og isafkast ved at indføre driftsvinduer
- 3) etablering af beredskabsforanstaltninger for situationer med risiko for omgivelserne

I det følgende skitseres en række muligheder for risikoreduktion.

6.1 Forøget inspektion af møller

COWI vurderer, at der med den eksisterende godkendelsesordning for vindmøller der opstilles i Danmark, er en meget lav risiko for møllehavarier med skader på omgivelserne til følge.

En mulighed for yderligere at reducere risikoen for møllehavari som følge af fabrikationsfejl og komponentsvigt er beskrevet i de følgende afsnit. Ved at gennemføre disse aktiviteter vil risikoen for møllehavarier der kan tilskrives dårlig kvalitet af vingefremstilling samt fejlfunktion i møllernes sikkerhedssystemer tilnærmelsesvis være elimineret.

6.1.1 Før idriftsætning

Vinger

Defekter i møllevingers struktur medfører risiko for afkast af vinger eller dele af vinger. En mulighed for at reducere denne risiko som følge af fabrikationsfejl er, at der på hver enkelt vinge før disse monteres udføres en produktionskontrol. Dette kan gennemføres ved en detaljeret inspektion af vingens kvalitet ved hjælp af ultralyd scanning. Ultralyd scanning er en ofte benyttet frem-

gangsmåde til ikke-destruktiv stikprøvekontrol af om krav til typegodkendelse af vindmøller er opfyldt.

Scanning af vingerne kan med fordel udføres på fabrikken hvor vingerne fremstilles. Scanning udføres med udstyr der er specielt fremstillet til at udføre ultralyd scanning af vindmøllevinger. Før detailplanlægning af scanning program gennemgås QA dokumentationen for fremstilling og for fabrikstest af hver enkelt vinge. Herved kan den ekstra produktionskontrol rettes mod eventuelle specielle forhold som er observeret under den rutinemæssige kvalitetskontrol.

Ved hjælp af ultralyd scanning kan en vindmøllevinge undersøges for bl.a. følgende fejltypen:

- fejl i lamineringen i vingens bærende strukturer
- fejl i limninger
- porøse områder
- fejl i vedhæftning (f.eks. mellem vinge bjælke og vinge skaller)
- manglende vedhæftning mellem overflade lag (gel coat, maling)
- revner
- uregelmæssigheder i laminering inden i vingen og på overflade
- fejl ved bolteindstøbninger ved vingerod

På basis af resultaterne fra scanningen kan det vurderes om der er skjulte produktionsfejl i vingen som kan medvirke til en øget risiko for at der kan ske afkast fra vingen under drift.

Ultralyd scanning og rapportering af tre vinger placeret i fabrik vil vare af størrelsesordenen tre-fire dage.

Mølle

En grundig gennemgang af møllerne før idriftsættelse sikrer at møllerne fungerer korrekt. Gennemgang af møllerne er en normal procedure i forbindelse med entreprenørens aflevering af vindmøllerne.

6.1.2 Efter idriftsættelse

For at sikre sig imod at defekter i vingematerialet, der er så små at de ikke kan detekteres under scanningen før idriftsættelse, udvikler sig kritisk, foreslås det at udføre regelmæssige inspektioner af vingerne efter møllerne er idriftsat. En fornyet scanning vil ligeledes afsløre, om eventuelle uregelmæssigheder observeret før vingerne blev monteret, har udviklet sig. Samme inspektioner som udført på vingerne før monteringen kan også udføres efter vingerne er monteret.

Det er praksis at lave en generel gennemgang af vindmøller inden udløb af garantiperioden som typisk er op til fem år. Med henblik på at minimere risikoen for at der sker løsrivelse af segmenter fra vingerne foreslås udført en scanning af vingerne tidligere, f.eks. efter et års drift. Afhængig af resultatet heraf fastlægges tidspunkt for næste scanning. Såfremt der ikke observeres uregelmæssigheder ved 1 års scanningen foreslås næste scanning at blive gennemført ved udløb af garantiperioden for vingerne.

En ultralyd scanning af tre vinger monteret på vindmøllen varer mellem fem og syv dage inklusiv analyser og rapportering.

6.2 Driftsvinduer

6.2.1 Driftsvindue vedrørende vindhastighed

Vindmøller er normalt designet og godkendte til en driftsvindhastighed op til 25 m/s (10 min middelværdi). Møllernes sikkerhedssystemer er indrettet til at stoppe møllerne, når den maksimale driftsvindhastighed opnås.

For moderne typegodkendte vindmøller er der ikke eftervist nogen sammenhæng mellem risiko for løbskkørsel og driftsvindhastigheder. Ved eventuel løbskkørsel vil den maksimale kasteafstand blive længere med højere vindhastighed. Ved at reducere den maksimale driftsvindhastighed vil den maksimale kastafstand derfor også kunne reduceres, i de tilfælde hvor afkast ikke sker på grund af løbskkørsel.

Det skal anføres at antallet af timer hvor de høje vindhastigheder forekommer, er lav ved de givne placeringer.

6.2.2 Driftsvindue vedrørende overisning

Et aspekt ved drift af vindmøller er risikoen for overisning, der kan medføre isafkast fra vingerne. Risikoen for isafkast, der kan nå langt væk, med deraf mulige tings- og personskader kan elimineres ved at sikre at møller ikke kører, når der er isdannelse på vingerne. Ifølge reference "Icing in Europe" er antallet af dage hvor der er risiko for overisning i Danmark mellem 2-7 dage om året, eller i gennemsnit ca. 4 dage om året.

Dannelsen af is på møllevinger afhænger af samspillet mellem meteorologiske parametre og møllens driftsstatus, hvor overisning kan forekomme under en række forskellige betingelser.

Da overisning optræder under bestemte meteorologiske forhold kan det overvejes at introducere et driftsvindue for møllerne som sikrer, at møllerne ikke kører når bestemte meteorologiske forhold forekommer. Da overisning ikke altid optræder indenfor definerede intervaller for de forskellige parametre, vil møllerne ofte stoppes, selvom der ikke er opstået overisning.

I de møller der planlægges opstillet bør det overvejes evt. at indbygge is-detektorer i vingerne. Pålideligheden af disse detektorer er imidlertid endnu ikke fuldt dokumenteret. I starten af driftsperioden bør is-detektorernes pålidelighed derfor suppleres med visuel inspektion af vingerne med henblik på at konstatere om is-detektorerne er pålidelige.

6.3 Beredskabsforanstaltninger

Hvis en vindmølle trods alle forebyggende aktiviteter alligevel løber løbsk, eller hvis man ikke kan stoppe møllen ved fare for isafkast, kan risikoen for person- og tingsskader reduceres yderligere ved at indføre et beredskab til at evakuere truede områder, hvis denne situation skulle opstå.

Behovet for beredskabsindsats gælder især for de områder, hvor de anvendte kriterier ikke kan overholdes. Den bør dog omfatte alle arealer inden for nedfaldsområdet med arbejdspladser eller offentlig adgang, herunder Amagermotorvejen.

Beredskabsforanstaltningerne kan bestå i at evakuere personer indenfor nedfaldsområderne, i situationer hvor der er risiko for vinge- eller isafkast, f.eks. ved sirenevarsling eller lukning af Amagermotorvejen.

6.4 anbefalinger

Følgende tiltag til reduktion af risiko for person- eller tingsskader i forbindelse med drift af vindmøller ved hhv. Kalvebod Syd og Prøvestenen anbefales.

6.4.1 Begge lokaliteter

Inspektion af møllevinger

Det anbefales at der udføres produktionskontrol af alle vinger for alle møllerne der opstilles ved de to lokaliteter. Denne kontrol udføres ved ultralyd scanning af vingerne før disse monteres på møllerne. Denne kontrol vil sikre at kravene til vingernes kvalitet er opfyldt.

Efter et års drift laves en ny inspektion af møllevingerne med ultralyd scanning. Denne inspektion har til formål at afsløre om der er sket udvikling af oprindeligt acceptable defekter i vingerne på grund af belastninger som møllerne har været udsat for under første års drift.

På basis af resultaterne fra 1 års scanningerne planlægges omfang og intervaller for kommende scanninger af vingerne. Dog anbefales at der laves en fornyet scanning umiddelbart før udløb af garantiperioden for vingerne.

Det anbefales at udføre inspektioner af vingerne over møllernes levetid. Inspektionsintervallerne fastlægges på basis af de aktuelt observerede tilstande af vingerne.

Tilsyn af møller

I forbindelse med de planlagte servicetilsyn af møllerne udføres skærpet eftersyn af møllernes bremsesystemer. Omfanget af dette tilsyn planlægges med møllefabrikant.

Is detektorer Det anbefales at undersøge hvorvidt installering af is-detektorer i møllevingerne kan nedbringe risikoen for isafkast. Såfremt der installeres is-detektorer anbefales det at foretage visuel inspektion af vingerne i den første driftsperiode med henblik på at observere eventuel overisning og sammenholde dette med is-detektorernes funktion. Herved fås en indikation af is-detektorernes pålidelighed og på basis heraf vurderes om is-detektorerne er tilstrækkelige til at registrere isdannelse på vingerne og dermed stoppe møllerne. Såfremt is-detektorernes funktion er usikker anbefales det at overveje etablering af driftsvindue vedrørende overisning.

6.4.2 Kalvebod Syd

På samme måde som det i dag er muligt at lukke de store motorvejsbroer ved f.eks. overisning med isnedfald på vejbanen, anbefales at der etableres en beredskabsprocedure for at lukke Amagermotorvejen for trafik ved kritiske forhold i forbindelse med møllernes drift. Kritiske forhold kan være ved kraftig overisning af møllevingerne samtidig med at møllerne ikke kan stoppes og i tilfælde af at en vindmølle er løbet løbsk. Advarsel i forbindelse med risiko for trafikken ved mulig isafkast og/eller løbskkørsel af møllerne kan ske i form af skiltning.

6.4.3 Prøvestenen

For Prøvestenen anbefales at etablere en beredskabsprocedure der har til formål at evakuere de rekreative områder omkring møllerne ved kritiske forhold i forbindelse med møllernes drift. Kritiske forhold kan være ved kraftig overisning af møllevingerne og ved løbskkørsel af vindmøllerne. Advarsel ifm. med risiko for isafkast/løbskkørsel af møllerne kan bestå i opsætning af skilte der informerer om lukning af adgang til områder omkring møllerne. Skiltning kan suppleres med sirenevarsling.

7 Konklusion

Sammenfattende kan følgende konkluderes:

- 1 Risikoen for direkte dødsfald ved, at køretøjer på Amagermotorvejen rammes af mølledede fra en havareret vindmølle, når køretøjet passerer de planlagte vindmøller på Kalvebod Syd, øges med maksimalt 3 % i forhold til den risiko for dødsfald, der ellers er forbundet med kørsel på motorvej. Det kan ligeledes konkluderes, at risikoen for lækager på tankvogne og den deraf følgende risiko for brand og eksplosion eller giftige udslip øges med maksimalt 1,4 % ved passage af vindmøllerne i forhold til den risiko, der i øvrigt eksisterer for den type uheld.
- 2 Hyppigheden for skader på tankanlæg som følge af tab af vinger eller vingedele fra vindmøller på Prøvestenen er estimeret til ca. 10^{-5} pr. år eller 10 milliontedele pr. år. Konsekvensen kan være udslip af brandfarlige eller miljøfarlige væsker med brand, eksplosion eller forurening til følge.
- 3 Hyppigheden af udslip som følge af, at tankanlæg rammes af vinger eller vingedele, vurderes at være mere end 200 gange lavere end andre årsager til udslip. Risikoen for sådanne udslip forøges derfor kun marginalt som følge af opstilling af møllerne.
- 4 Den stedbundne risiko fra møllerne for motorvejen ved Kalvebod Syd overholder et kriterium på 10^{-6} pr. år.
- 5 Der findes erhvervsområder inden for 10^{-5} pr. år konturcirklerne for stedbunden risiko på både Kalvebod Syd og Prøvestenen. Københavns Kommunes anbefaling kan derfor ikke umiddelbart overholdes, men risikoen for disse områder vurderes at være acceptabel, såfremt medarbejderne informeres om risikoforholdene, såfremt der indføres risikobegrænsende foranstaltninger og, såfremt der indføres effektive beredskabstiltag.
- 6 På Kalvebod Syd kan det foreslåede kriterium på 10^{-6} pr. år ikke umiddelbart overholdes for personer, der opholder sig på de rekreative arealer, da samtlige rekreative arealer ligger inden for konturcirklen for en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år. Desuden vurderes kriteriet for den mest udsatte person ikke at kunne overholdes. I den sammenhæng er det de planlagte nyttehavere, der udgør et problem. Det skyldes en forventning om, at personer, der udnytter disse intensivt, kommer til at opholde sig væsentligt længere tid i risikoområdet end andre brugere af området.

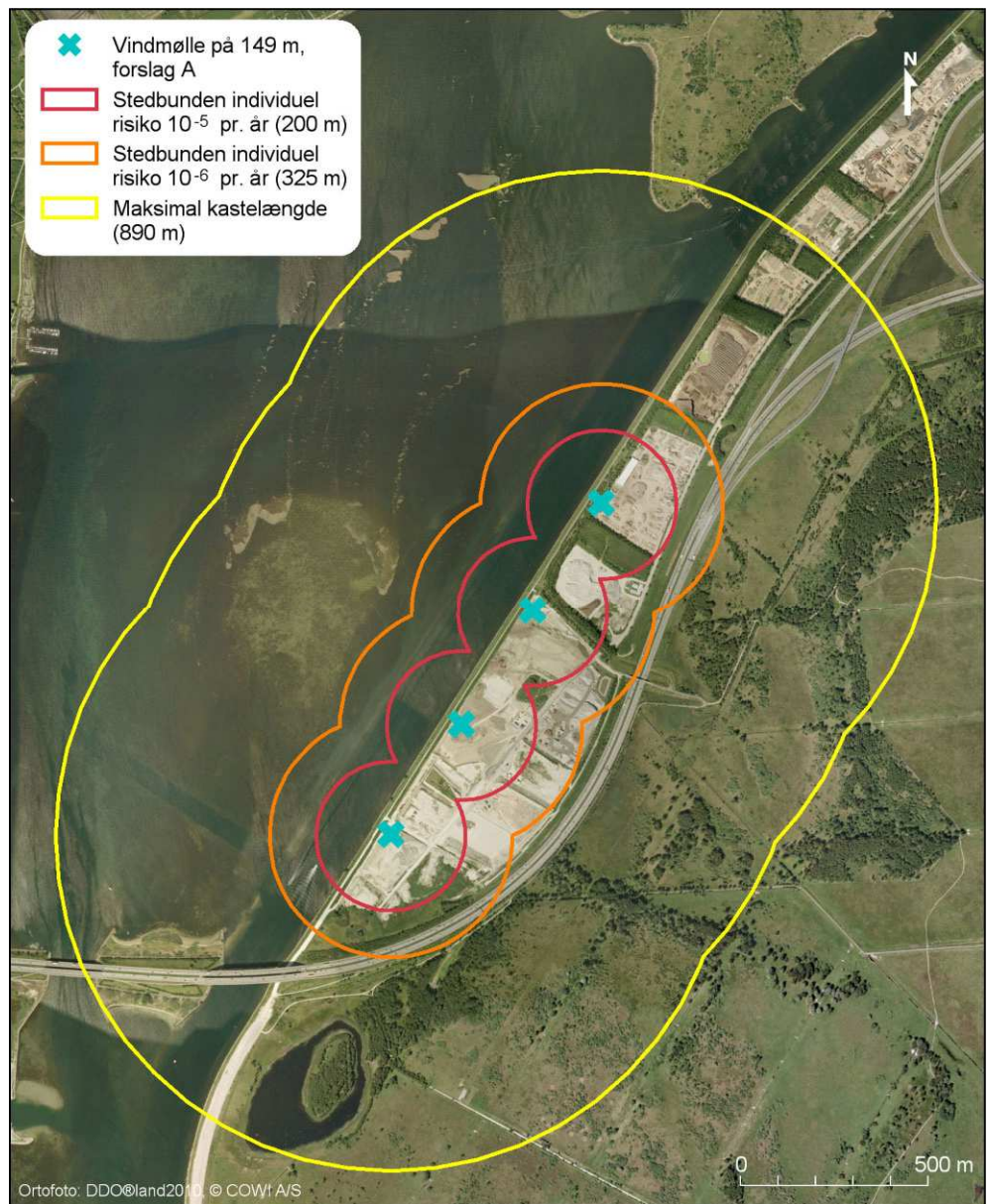
- 7 På Prøvestenen er lystbådehavnen og de rekreative arealer hovedsageligt planlagt uden for konturcirklen for en stedbunden risiko på 10^{-6} pr. år. I forslag B ligger store dele af de rekreative arealer imidlertid inden for denne konturcirkel. Risikoen for den mest udsatte person vurderes dog i alle tilfælde at kunne overholde det foreslåede kriterium.
- 8 I de tilfælde hvor kriterierne ikke umiddelbart kan overholdes, bør det vurderes, hvordan risikoen kan nedbringes ved indførelse af effektive beredskabstiltag i tilfælde af risiko for løbskkørsel og isafkast.
- 9 For generelt at nedbringe risikoen ved vindmøllerne til et niveau der er så lavt som praktisk muligt, bør der indføres forøget inspektion og tilsyn med møllerne, samt undersøges hvorvidt installering af is-detektorer kan nedbringe risikoen for isafkast, og evt. indføres driftsvinduer for overisning, baseret på erfaringerne med is-detektorerne.

8 Referencer

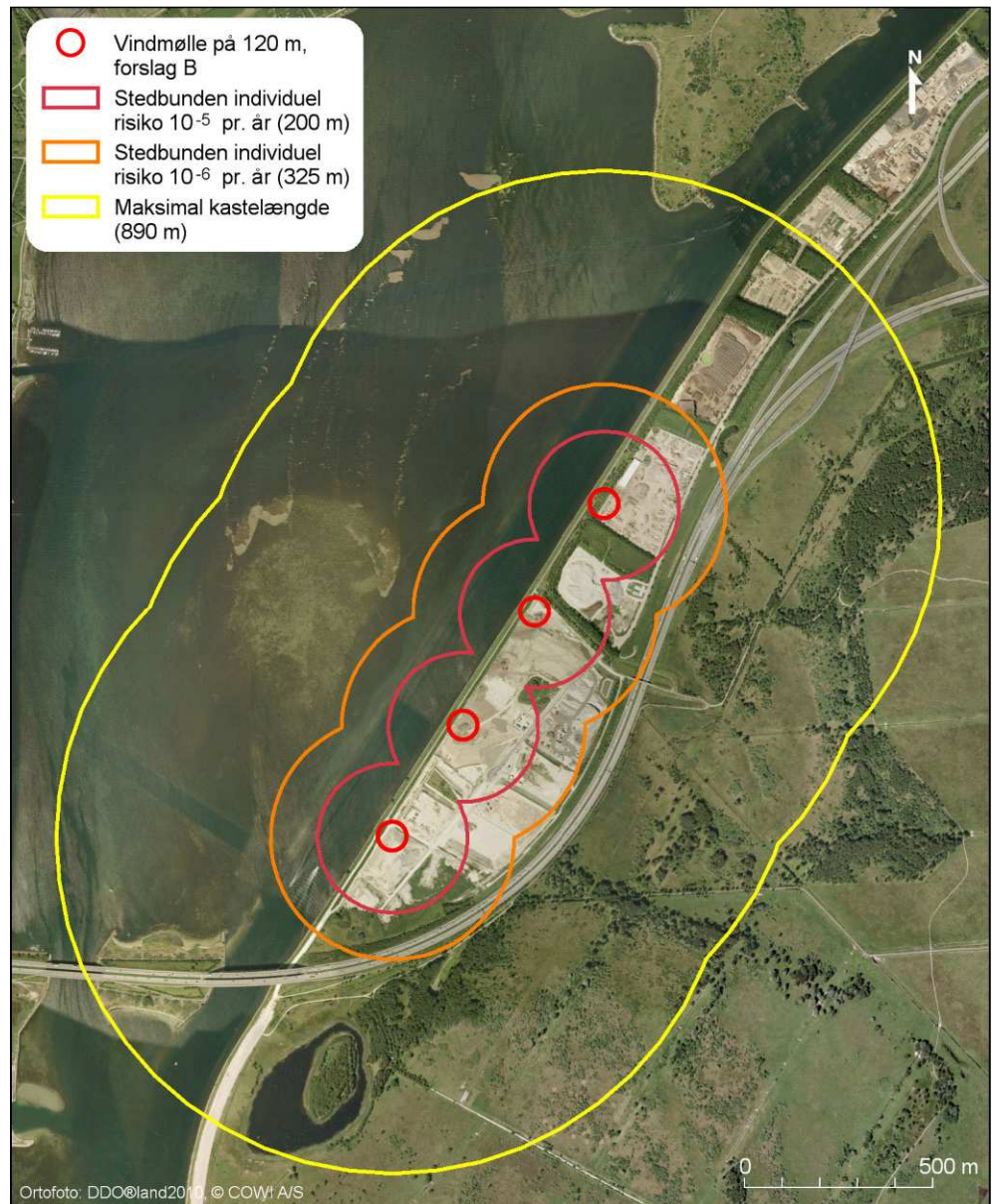
- /Ref.1/ Acceptkriterier i Danmark og EU, Arbejdsrapport fra Miljøstyrelsen Nr. 8, 2008.
- /Ref.2/ Risikovurdering ifm. opsætning af nye vindmøller ved Avedøre Holme, RISØ-DTU, April 2008.
- /Ref.3/ Risikovurdering ifm. opsætning af nye vindmøller ved Kappel, RISØ-DTU, Maj 2009.
- /Ref.4/ Handboek Risicozonering Windturbines, SenterNovem, Holland, 2. udgave, Januar 2005.
- /Ref.5/ Guidelines on the Environmental Risk of Wind Turbines in the Netherlands, Report ECN-RX--04-013, ECN Wind Energy, February 2004.
- /Ref.6/ Vejdirektoratet hjemmeside:
<http://webapp.vd.dk/uheldnykomm/UhRapport.asp?page=document&objno=105608>
Hentet 2. nov. 2010
- /Ref.7/ Sikkerhedsvurdering vedrørende Prøvestenen, Konsekvensanalyse og konsekvensreduktion, COWI, Januar 2009.
- /Ref.8/ Sikkerhedsvurdering vedrørende Prøvestenen, Konsekvensanalyse og konsekvensreduktion, Ikke-teknisk resumé, COWI, Januar 2009.
- /Ref.9/ Miljøprojekt 112, Kvantitative og kvalitative kriterier for risikoaccept, Miljøstyrelsen, 1989.
- /Ref.10/ Caithness Windfarms Information Forum 2011
Summary of wind turbine accidents data to 31 December 2010, Lokaliseret den 2. marts 2011 på:
<http://www.caithnesswindfarms.co.uk/fullaccidents.pdf>

- /Ref 11/ Purple Book, Guidelines for quantitative risk assessment, CPR 18E, VROM, Holland, 2005.
- /Ref. 12/ Reliability assessment of wind turbines in Germany, Results of the national 250 MW wind programme, B. Hahn, Institut für solare Energieverorgungstechnik, Verein an der Universität Kassel, European Energy Conference, Nice, 1999
- /Ref. 13/ Reliability of wind turbines, Experience of 15 year with 1500 WTs, B. Hahn, M. Durstewitz, K. Rohrig, Institut für solare Energieverorgungstechnik, Verein an der Universität Kassel, Germany
- /Ref. 14/ Electrical Subassemblies of wind turbines - a substantial risk for the availability, S. Faulstich, B. Hahn, P. Lydig, Fraunhofer Institute for wind energy and energy system technology – IWES, Kassel, Germany
- /Ref. 16/ World Wind Energy Report 2009, Lokaliseret den 7. maj 2010 på: <http://www.wwindea.org/home/index.php>
- /Ref. 17/ VESTAS, General Specifications, V90 - 3.0 MW VCS 50 Hz, Class 1, Dokumentnummer: 0000-5450 V04, 30. juni 2009.
- /Ref. 18/ The Danish Wind Industry Associations hjemmeside, Lokaliseret den 7. maj 2010 på: www.talentfactory.dk
- /Ref. 19/ Eiswurf bei Windenergieanlagen, Berechnung der Wurfweiten, Klaus Arnold zu Herr Pozybill, Stuttgart, Tyskland, 2009.
- /Ref. 20/ Morgan, C. & E. Bossanyi: Wind turbine icing and public safety, Conference paper Wind Energy Production in Cold Climates, 1996.
- /Ref. 21/ Wind Farms and Wind Turbines of the World
Lokaliseret den 7. maj 2010 på:
http://www.wind-works.org/photos/wind_farm.html
- /Ref. 22/ Risikovurdering af brandsikkerheden på Prøvestenen, udarbejdet af Rambøll for Copenhagen Malmö Ports, September 2008
- /Ref. 23/ Storage Incident Frequencies, OGP Risk Assessment Directory, Report No. 434-3, March 2010
- /Ref. 24/ Ignition Probabilities, OGP Risk Assessment Directory, Report No. 434-6.1, March 2010

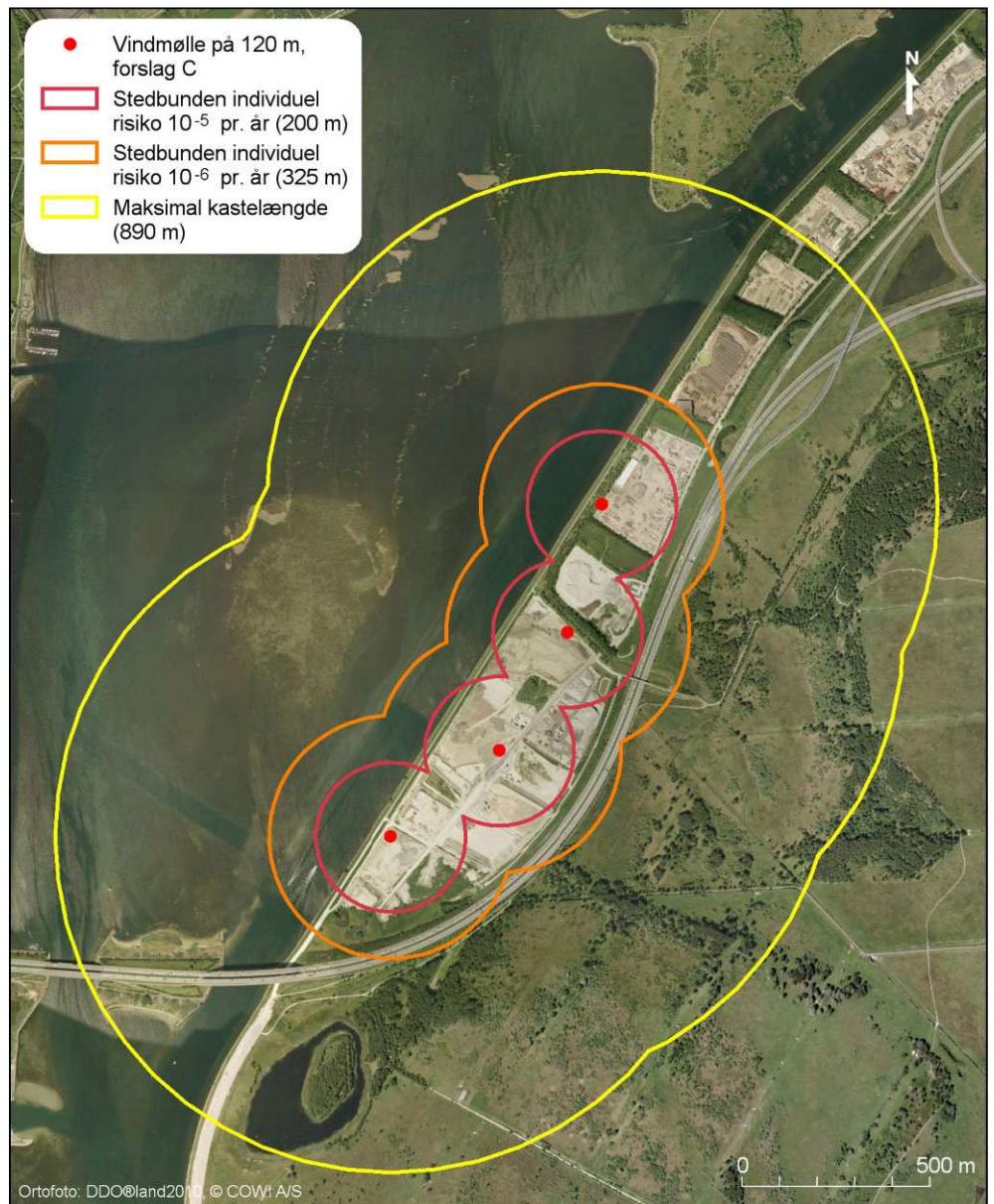
Bilag 1



Figur 1 Maksimal kastelængde og afstand til stedbunden risiko for vindmøller på Kalvebod Syd. Forslag A.



Figur 2 Maksimal kastelængde og afstand til stedbunden risiko for vindmøller på Kalvebod Syd. Forslag B.



Figur 3 Maksimal kastelængde og afstand til stedbunden risiko for vindmøller på Kalvebod Syd. Forslag C.



Figur 4 *Maksimal kastelængde og afstand til stedbunden risiko for vindmøller på Prøvestenen. Forslag A*



Figur 5 Maksimal kastelængde og afstand til stedbunden risiko for vindmøller på Prøvestenen. Forslag B