

Skygger og blink fra vindmøller



Fakta om Vindenergi

Faktablad P8

Skyggevirkninger og refleksblink fra vindmøllevinger omtales ofte i debatten som generelle problemer med vindmøller. Hvor store er disse problemer reelt?

Refleksblink fra vindmøllevinger?

Vindmøllevinger skal have en glat overflade for at producere optimalt og for at afvise snavs.

Vingernes refleksionsforhold er angivet i møllens typegodkendelse, og helt »refleksfri« vinger findes ikke. Gener fra refleksblink er dog sjældne.

I møllens første leveår halveres refleksvirkningen og desuden er overfladen »antirefleks-behandlet« – en overfladebehandling med lavt glanstal. Myn-dighederne stiller i forbindelse med vindmølleplanlægningen ofte krav til antirefleksbehandling.

Skygger fra vindmøllevinger

En vindmølle kaster skygge, når solen skinner, og hvis det samtidig blæser, rammes et areal i omgivelserne af roterende skygger fra vingerne.

Naboer indenfor kort afstand kan opleve hurtige skift mellem direkte lys og korte »glimt« med skygge. Disse skyggeglimt kan være generende.

Problemets omfang afhænger først og fremmest af

- i hvilket verdenshjørne møllen står set fra naboen,
- afstanden mellem møllen og naboen,
- hvor stor vindmøllens rotor er, og
- til en vis grad af vindmøllens navnhøjde.

Skyggenes bevægelse

I Danmark vil det område, der ligger syd for møllen - mellem sydvest og sydøst – aldrig blive berørt af skygge fra vingerne. Et område nord for møllen - fra cirka 6 gange møllens totalhøjde og udefter - vil heller ikke blive ramt.

I dagens løb bevæger skyggen sig fra vest mod øst. Om sommeren står solen

op næsten i nordøst, og skyggen starter derfor sydvest for møllen og bevæger sig hen mod møllen og i en bue tæt nord om møllen. Om eftermiddagen bevæger skyggen sig fra møllen og mod sydøst.

Bevægelsen foregår i højsommeren tæt ved afgrænsningen mod syd (se kortene i eksemplerne på de næste sider).

Om vinteren starter skyggen om morgenen i nordvest, bevæger sig i stor afstand nord om møllen og slutter i nordøst. Bevægelsen sker nu tæt ved afgrænsningen mod nord.

Forår og efterår er skyggen i vest om morgenen og bevæger sig i dagens løb i en let bue mod øst.

Når solen står højt på himlen, er skyggen tæt på vindmøllen og rammer normalt ikke i nærheden af naboer. Afstanden fra en ny vindmølle til naboer skal være mindst 4 gange møllens totalhøjde.

Når solen står lavt på himlen rækker skyggen så langt fra møllen, at den kan ramme naboer.

Rotorskygges passage

I en afstand på 4 gange møllens totalhøjde kan skygger fra vingerne passere dagligt i to årlige perioder på 4 til 6 uger. De to perioder kan evt. være sammenhængende omkring solhverv.

En passage kan vare op til cirka 40 minutter. I den dobbelte afstand er perio-

derne ca. halvt så lange, og passagen tager halvt så lang tid.

Med 4 x totalhøjde til møllen kan vingens bredde ikke dække for halvdelen af solskivens diameter. Der dannes ikke kerneskygge, og kraften i lysskiftet er aftagende og aftager yderligere, jo længere man kommer væk fra vindmøllen.

Beregning af tid med rotorskygge

Det samlede antal timer med rotorskygge på et år kan beregnes på principielt forskellige måder:

- En beregning af »worst-case«, hvor der regnes på samtlige timer, solen står bag en rotor, der vender mod solen – uden hensyn til om solen skinner eller møllen kører.
- En beregning af »reel-værdi«, hvor det indregnes, at solen ikke altid skinner, at det kan være vindstille, og at rotoren ikke står vinkelret på sollyset hele tiden. I stedet regnes med statistiske data for sol, vindretning og -hastighed.

Ved meget lave solhøjder er effekten i lysskiftet aftaget meget. Derfor regnes normalt ikke på solvinkler under 3°. For møller med en totalhøjde på 70-80 m begynder dette at få indflydelse på beregningerne 400-500 m fra møllen. 1350-1550 m fra møllen giver begrænsningen en beregningsværdi på 0 timer ved fladt terræn.

Statistisk chance for sol i dagtimerne, %

Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dec.
13	22	32	40	42	46	42	49	39	29	18	10

Kilde: DMI

Eksempel på antal driftstimer på et år ved forskellige vindretninger

N	NNØ	ØNØ	Ø	ØSØ	SSØ	S	SSV	VSV	V	VNV	NNV
261	393	465	559	645	475	572	869	1140	1059	606	326

Kilde: Energi- og Miljødata

Eksempel med én vindmølle

Kortet til højre giver en oversigt over, hvor en vindmølles rotorskygge kan ramme, og hvor mange timer om året den normalt vil være på de forskellige arealer.

Vindmøllen har i dette eksempel en rotordiameter på 60 m og en navhøjde på 50 m, dvs. 80 m totalhøjde. Der er foretaget en »reel-værdi« beregning. Der er forudsat fladt terræn, men der kan tages hensyn til terrænkoter.

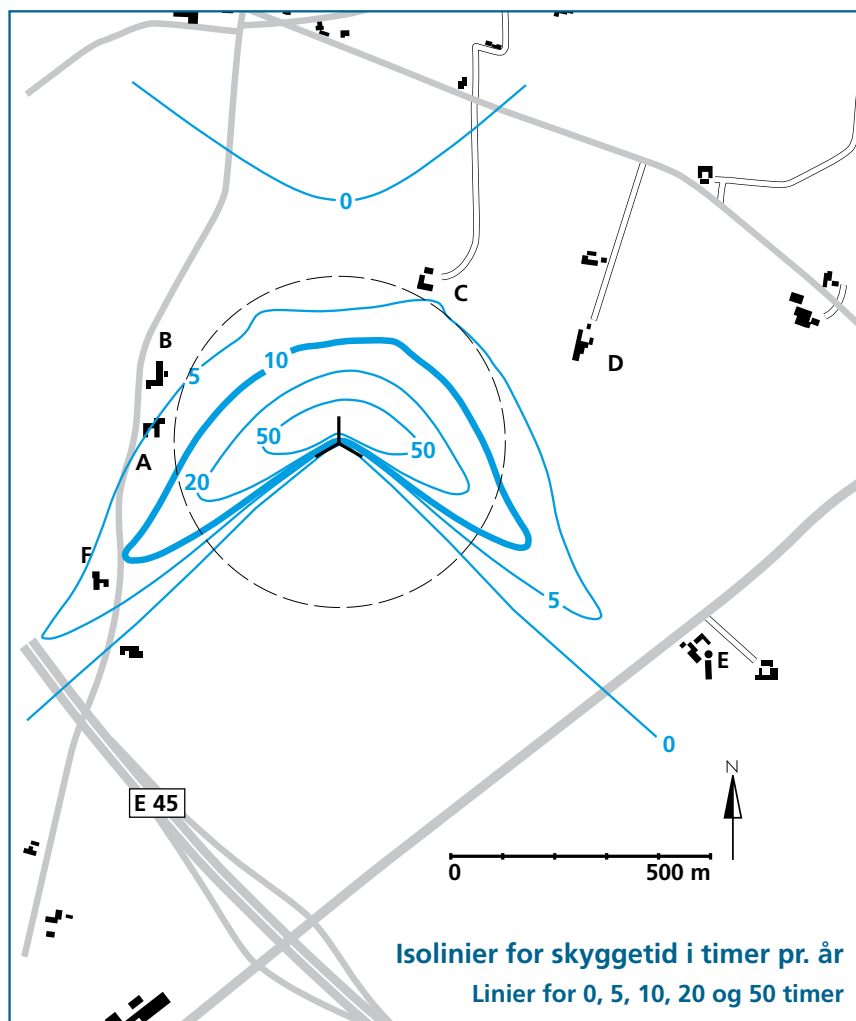
o-linierne markerer grænsen til de arealer, hvor skyggen ikke kan komme. Det ses, at rotorskyggen ikke kan komme i et stort område syd for vindmøllen. Den når heller ikke ud i området nord for o-linien ca. 500 m nord for møllen. Mod vest og øst har rotorskyggen i princippet ikke nogen afgrænsning.

5 timers linien viser de steder, som har 5 timer med rotorskygge i løbet af et normalår. Inden for linien er der flere timer med rotorskygge - uden for færre. Tilsvarende for de andre linier.

Lige nord for møllen ses et område med over 50 timer om året med rotorskygge. Faktisk er dele af arealet tæt på 100 timer/år, men da loven kræver, at nye møller skal placeres i en mindsteafstand på 4 x totalhøjde til naboer (i dette eksempel 320 meter, stiplede cirkel), er der ikke beboelse eller opholdsarealer her.

I området uden for mindsteafstanden giver rotorskyggen ikke store problemer mod nord, da skyggetiden vil være under 5 timer på et normalår. De kritiske områder er primært sydøst og sydvest for møllen.

Mod sydvest kunne en nabo i mindsteafstanden til møllen, risikere mere end 15 timer med rotorskygge om året. Selv om nabo F har relativt langt til møllen, er der alligevel næsten 8 timer med ro-



torskygge på et normalår - det højeste tal for naboerne i dette eksempel. Skyggen vil komme hos nabo F i sommertiden omkring kl. 6 om morgenen.

Mod sydøst er der ikke så mange timer med rotorskygge som mod sydvest, men skyggen kommer i sommertiden ved 19-20 tiden. Det vil ofte være et mere generende tidspunkt for naboen.

Når linierne ikke er helt symetriske, skyldes det, at nogle vindretninger - f.eks. sydvest - er mere fremherskende end andre.

Beregning af skyggetid for ejendommene på kortet ovenfor

	»Worst case«		»Reel-værdi«	
	Skyggetimer/år	Skyggedage/år	Skyggetimer/skyggedag	Skyggetimer/år
A	27:30	54	0:40	6:04
B	24:02	48	0:38	4:02
C	59:38	90	0:46	4:30
D	13:00	36	0:30	2:20
E	6:50	34	0:18	1:27
F	29:24	70	0:30	7:49

Eksempel med tre vindmøller

På kortet ses iso-skyggetid linier, dvs. linier med samme antal timer med forventet skygge på årsbasis. Dette giver en god fornemmelse af, hvordan man gennem opstillingsmønstre kan undgå de værste gener ved nærmeste naboer.

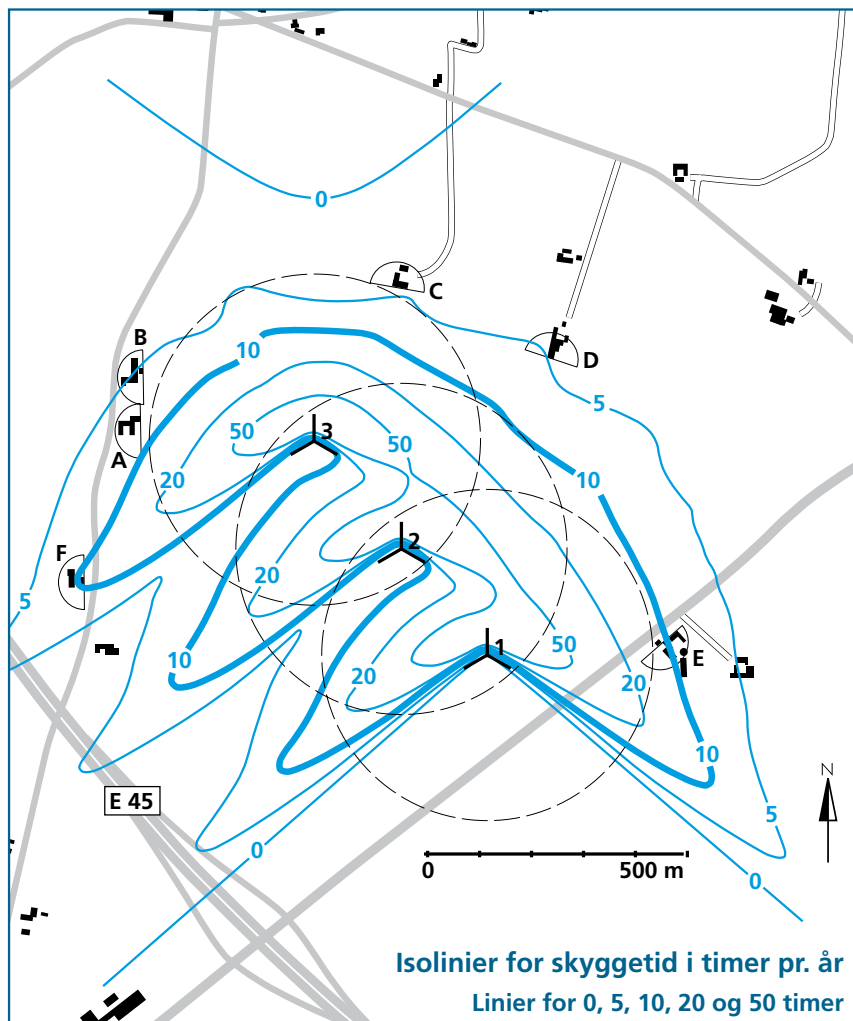
De stiplede cirkler om møllerne viser 4 x totalhøjde, her 320 m idet møllerne er 50 m høje og med 60 m rotor diameter, dvs. 80 m totalhøjde.

Naboerne er markeret med "parabol" symboler, der markerer placering og vinduesfladens orientering. Vinduerne kan angives individuelt. Bl.a. derfor vil der ikke altid være helt overensstemmelse mellem isolinier og faktiske beregninger ved hver nabo.

Isolinierne er punkt-beregninger ved terrænoverfladen. Det er derfor altid beregningsværdier for den enkelte nabo, der bør anvendes i en vurdering, mens isoliniekortet kun er orienterende. Isolinierne udbreder sig som "sommerfuglevinger" fra de enkelte møller. Når de »lægges sammen«, vil mølleparkens udformning påvirke resultatet afgørende.

Området med 10 timer eller mere om året når uden for afstandskravet på 4 x totalhøjde mod sydvest og sydøst.

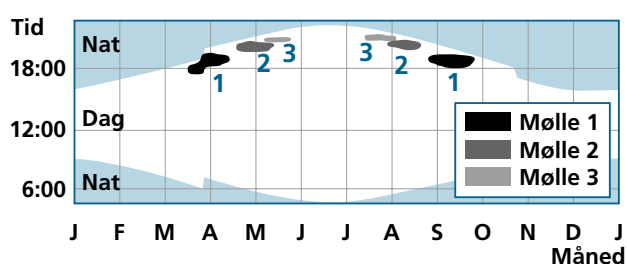
Tabellen viser de beregnede værdier – nabo E og F overskrider begge 10 timer årlig reel skyggetid. Af de 2 grafiske kalendere neden for ses, at nabo E har problemet eftermiddag/aften i forår/sommer – begyndende med skygge fra mølle 1 i marts. Nabo F har derimod mulig skygge tidlig morgen, hvor det næppe opleves tilsvarende kritisk.



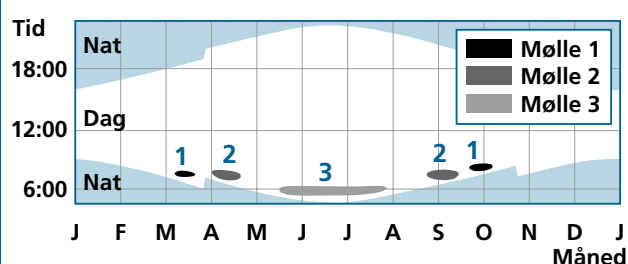
Beregning af skyggetid for ejendommene på kortet ovenfor

	»Worst case«		»Reel-værdi«	
	Skyggetimer/år	Skyggedage/år	Skyggetimer/skyggedag	Skyggetimer/år
A	27:30	54	0:40	6:04
B	24:02	48	0:38	4:02
C	59:38	90	0:46	4:30
D	13:00	36	0:30	2:20
E	6:50	34	0:18	1:27
F	29:24	70	0:30	7:49

Rotorskygge hos nabo E



Rotorskygge hos nabo F



I sommerhalvårets dagtimer er chancen for sol næsten 50%, og i nogle vintermåneder under 20%. Derfor er det om sommeren, der er flest timer med rotorskygge i en beregning af »reel-værdi«.

Hvis flere møller giver rotorskygge ved en nabo, skal de enkelte møllers bidrag »lægges sammen« ved beregning af tiden med rotorskygge - med mindre vindmøllerne står på række set fra naboer.

Solhyppighed og driftstid

Den øverste tabel på side 1 viser sandsynligheden for at solen skinner i dagtimerne månedsvist.

Et typisk eksempel på antal driftstimer ved forskellige vindretninger er vist i den nederste tabel på side 1. Antallet af driftstimer varierer efter møllens vindmæssige placering og den vindhastighed, der sætter møllen i gang. I eksemplet til venstre står møllen kun stille 16% af tiden.

Der findes i dag ikke lovgivning omkring rotorskygge-gener i Danmark. Men i »Vejledning om planlægning for og landzonetilladelse til opstilling af vindmøller« fra Miljø og Energiministeriet, anbefales, at naboer højst udsættes for rotorskygge i 10 timers »reel-værdi« årligt. Dette kan sikres ved placeringen af

vindmøllerne i forhold til naboerne. Problemet kan også løses tilfredsstillende ved montering af automatik, som standser møllerne, når en nabo udsættes for rotorskygge.

EDB-beregning

EDB-programmet WindPRO fra Energi- og Miljødata i Aalborg kan beregne rotorskygge. Med programmet kan man lave både »worst-case«- og »reel-værdi«-beregning for en given nabo på en given højdekote.

Der kan fremstilles en »kalender« over muligt skyggekast og et oversigtskort, som eksemplerne på denne side viser.

Danmarks Vindmølleforenings konsulenter råder over værktøjet og kan udføre disse beregninger.

Yderligere oplysninger

»Cirkulære nr. 9295 af 22. maj 2009 om planlægning for og landzonetilladelse til opstilling af vindmøller«, Miljøministeriet.

»Vejledning nr. 9296 om planlægning for og landzonetilladelse til opstilling af vindmøller«, Miljøministeriet, maj 2009.

Fakta om Vindenergi P2: »Planlægning af vindmøller«.

DANMARKS
VINDMØLLEFORENING

Fakta om Vindenergi

Fakta om Vindenergi udgives af Danmarks Vindmølleforening.

Faktabladene, der giver faktaoplysninger om en række udvalgte emner, kan rekvireres fra sekretariatet eller hentes på www.dkvind.dk.

Danmarks Vindmølleforening
Ellemarksvej 47, Bygning 6
8000 Århus C

Tlf. 8611 2600
(kl. 9-15, fredag 9-13)
Fax 8611 2700
E-mail: info@dkvind.dk
www.dkvind.dk

Faktablad P8, december 2009