

# PM SKUGGA FRÅN VINDKRAFTVERK

2020-04-08



wsp

Medverkande  
WSP Sverige AB

Text ursprunglig: Elin Börjesson, Åsa Lindbom, Arvid Lökken, Ola  
Trulsson  
Reviderad 2020: Sofia Helge  
Figurer & illustrationer: © WSP, om inget annat anges

## INEHÅLL

1. INLEDNING .....	4
2. HUR UPPKOMMER SKUGGOR FRÅN VINDKRAFTVERK? .....	4
3. REKOMMENDATIONER OCH RIKTLINJER.....	5
3.1. Beräkningsmetoder .....	5
Astronomiskt maximalt möjliga skuggeffekten.....	5
Sannolik skuggeffekt .....	6
Faktisk skuggeffekt .....	6
4. KONSEKVENSER.....	6
5. MÖJLIGA SKYDDSÅTGÄRDER .....	7
6. REFERENSER .....	8

## 1. INLEDNING

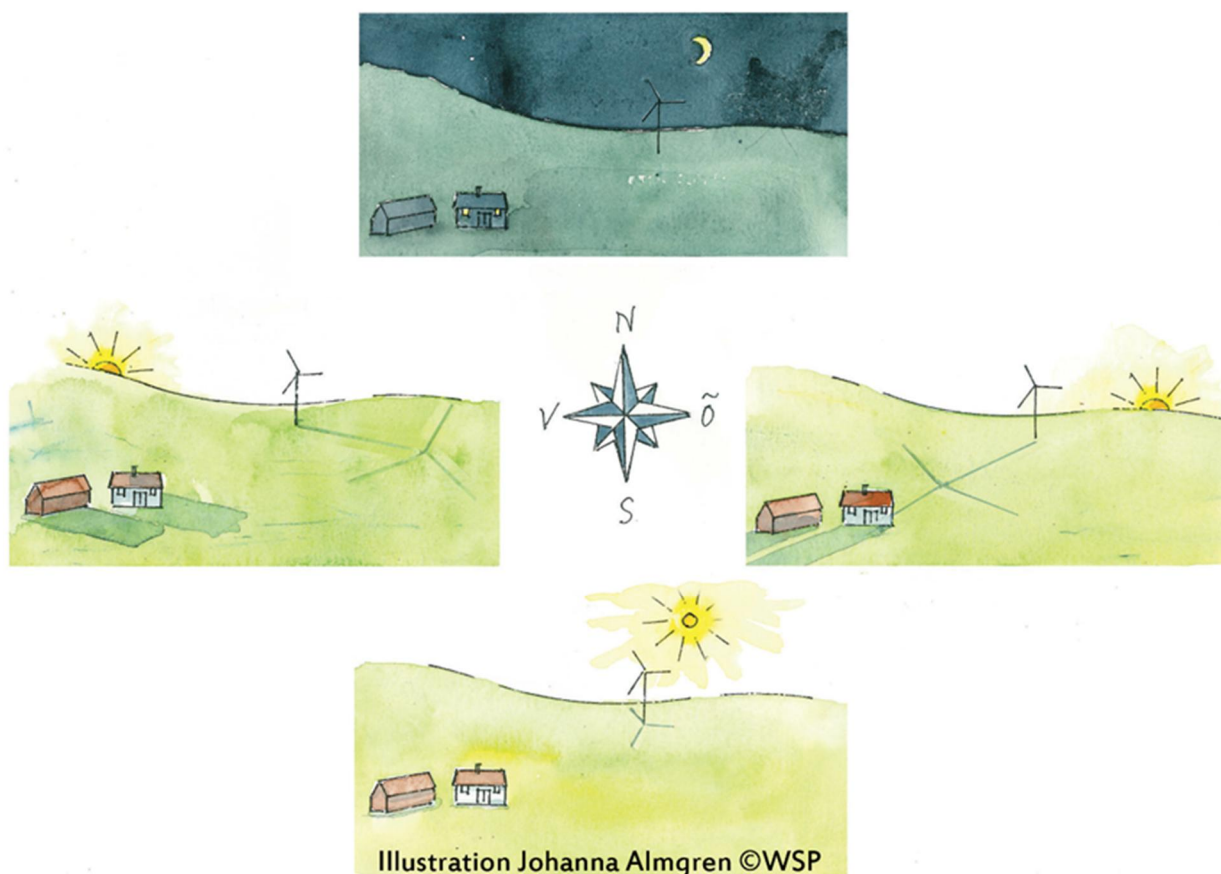
I denna PM görs en genomgående beskrivning av skuggor från vindkraftverk – hur de uppkommer, konsekvenser, vilka riktvärden verksamhetsutövaren har att förhålla sig till och möjliga åtgärder för att minska skuggning.

## 2. HUR UPPKOMMER SKUGGOR FRÅN VINDKRAFTVERK?

Vid soligt och klart väder kan vindkraftverkens rotorblad orsaka svepande skuggor när verket är i drift. Skuggorna kan uppfattas på relativt stora avstånd under kortare perioder (oftast ett par minuter) vid tidpunkter då solen står lågt, med andra ord vid solnedgång och soluppgång samt under vintermånaderna. Skuggorna kan vara uppfattbara på upp till ca 1,5 km, men med avståndet tunnas skuggorna ut, skärpan försvinner och skuggorna uppfattas då mer som diffusa ljusförändringar.<sup>1</sup>

Skuggorna följer solens rörelse över dagen och kan uppkomma väster om vindkraftverken tidigt på dagen, norr om vindkraftverken mitt på dagen samt öster om vindkraftverken på kvällen, se Figur 1. De roterande skuggorna uppstår när vindkraftverkets rotor står vinkelrät mot observeraren, vilket beror på vindens riktning. Vindkraftverket vrider sig efter vindens riktning för att kunna fånga vinden, vilket innebär att de roterande skuggorna inte alltid uppstår vid en viss punkt när solen står i ett givet läge.

Dagens vindkraftverk har antireflexbehandlade blad och ger därmed inte upphov till några solreflexer.



Figur 1. Hur skuggorna från vindkraftverket faller beror på solens läge på himlen (tidpunkt på dagen och årstid). Observera att vindens riktning, vindhastighet och molnighet även påverkar hur skuggorna faller.

### 3. REKOMMENDATIONER OCH RIKTLINJER

Uppkomst och spridning av skuggor från en vindpark kan beräknas på olika sätt beroende på vilka förutsättningar som finns och vilket underlagsmaterial som finns tillgängligt. För att underlätta beskrivningen av skuggpåverkan från en vindpark, och vad som beräknats, kategoriserar Boverket skuggtid i tre olika klasser, se faktaruta 1.

Det finns inga fastställda riktvärden för hur mycket rörlig skugga till följd av en vindkraftetablering som får uppkomma vid bostad. Boverket rekommenderar dock att den *teoretiska skuggtiden* (jämför med Astronomiskt maximal möjlig skuggeffekt) för störningskänslig bebyggelse inte bör överstiga 30 timmar per år och att den *faktiska skuggtiden* inte bör överstiga 8 timmar per år eller 30 minuter om dagen. Med störningskänsliga platser avses bostads- och fritidshus med tillhörande tomter. För det fall villkor fastställs i tillstånd för vindparken avseende skuggor brukar dessa värden fastställas. I resonemanget nedan är det av vikt att särskilja mellan den faktiska skuggtiden och beräknade skuggeffekter såsom den astronomiskt maximalt möjliga och den sannolika skuggeffekten.

#### Faktaruta 1 - Boverkets kategorisering av skuggtid

*Astronomiskt maximal möjlig skuggeffekt* (värsta fallet): den teoretiskt beräknade tid då solen lyser från soluppgång till solnedgång från en molnfri himmel, då rotorytan står vinkelrätt mot solinstrålningen och då vindkraftverket alltid är i drift.

Beräkningar av teoretiska skuggtiden (den astronomiskt maximala skuggeffekten) ska jämföras med rekommendationen om maximalt 30 skuggtimmar per år vid en bostad.

*Sannolik skuggeffekt*: beräknad skuggeffekt baserad på väderprognoser och övriga förutsättningar. Beräkningen förfinas i förhållande till beräkning av den teoretiskt maximala skuggtiden genom att komplettera beräkningarna med information om områdets sannolikhet för solsken (från SMHI) samt möjlig driftstatistik för vindkraftverken.

Beräkningsresultatet av den sannolika skuggeffekten kan jämföras med Boverkets rekommendation om maximalt 8 skuggtimmar per år eller 30 minuter per dag. Det är dock viktigt att poängtera att den sannolika skuggeffekten inte är densamma som den faktiska skuggeffekten, dvs. den skuggeffekt som uppkommer i verkligheten.

*Faktisk skuggeffekt*: den verkliga skuggtiden. Vilken faktisk skuggeffekt som uppstår vid en specifik punkt beror på växtlighet och andra hinder som kan göra att skuggorna inte når en specifik plats, den faktiska framtida väderleken samt den faktiska vindriktningen respektive dag under året.

Dessa parametrar går inte att ta med i beräkningen och det går därför inte att beräkna den faktiska skuggeffekten. Det är dock rimligt att förvänta sig att den faktiska skuggeffekten kommer att vara mindre än den sann-olika.

#### 3.1. Beräkningsmetoder

##### ASTRONOMISKT MAXIMALT MÖJLIGA SKUGGEFFEKTEN

För att beräkna den *astronomiskt maximalt möjliga skuggeffekten* används oftast programmet WindPRO från EMD International A/S som praxis. Beräkningsmodellen är en astronomisk och geometrisk modell där information om solens uppgång och nedgång används för att erhålla den tid en störningskänslig punkt maximalt kan erhålla skuggning. Därefter används information om solens instrålningvinkel över ett år för att beräkna under vilka tider en störningskänslig plats, t.ex. en bostad, kan ligga i linje med vindkraftverkets rotor och solens instrålningvinkel.

Beräkningsmodellen förutsätter att solen alltid skiner under årets samtliga dagar (d.v.s. ingen molnighet förekommer), att verken alltid är i drift och orsakar en rörlig skugga samt att vindkraftverket alltid står vinklat med den mest skuggande vinkeln mot samtliga störningskänsliga punkter på en och samma gång. Dessa antaganden utgår alltså från Boverkets klassifikation om den *astronomiskt maximala skuggeffekten*. Därför ska resultatet inte jämföras med rekommendationen om maximalt 8 skuggtimmar per år vid en bostad.

Beräkningspunkter använda i beräkningen ska enligt Boverket vara belägen 2 meter över marken och täcka en yta med arealen 5\*5 meter motsvarande en del av en villatomt.

Erhållet resultat redovisas som en beräknad skuggtid för varje angiven beräkningspunkt, lämpligen närliggande bostäder, samt med information om när på året och vid vilken tid på dagen den beräknade skuggtiden kan förväntas att uppkomma. Vidare kan även en karta över skuggspridningen erhållas.

#### SANNOLIK SKUGGEFFEKT

I WindPRO kan beräkningen av den *astronomiskt maximalt möjliga skuggeffekten* förfinas genom att komplettera beräkningarna med information om områdets sannolikhet för solsken samt möjlig driftstatistik utav vindkraftverken. Områdets sannolikhet för solsken erhålls lämpligen utifrån statistik från SMHI:s väderstationer.<sup>3</sup> Möjlig driftstatistik kan kompletteras utifrån den kännedom om vindförhållandena man i regel har vid ett vindkraftprojekt.

Denna typ av beräkning utgår alltså från Boverkets klassificering av den *sannolika skuggeffekten* vilket innebär att resultatet bör jämföras med Boverkets rekommendation om maximalt 8 skuggtimmar per år beskriven ovan.

Det är dock viktigt att poängtera att den sannolika skuggeffekten inte är den-samma som den *faktiska skuggeffekten*, dvs. den skuggeffekt som uppkommer i verkligheten. Ytterligare faktorer kommer att påverka denna såsom växtlighet i området, den faktiska framtida väderleken samt den faktiska vindriktningen respektive dag under kommande år. Det är därför rimligt att förvänta sig att den faktiska skuggeffekten kommer att vara mindre än den *sannolika*.

#### FAKTISK SKUGGEFFEKT

Den faktiska skuggeffekten går ej att beräkna då information om t.ex. framtida väderlek är omöjligt att erhålla.<sup>4</sup> Se vidare faktaruta 1.

## 4. KONSEKVENSER

De rörliga skuggor som vindkraftverkens rotorblad kan ge upphov till vid soligt väder kan vara störande för dem som stadigvarande uppehåller sig, lever eller arbetar i omgivningen kring en vindpark, om man befinner sig på vindkraftverkets skuggsida. Som beskrivits i avsnitt 3 beror skuggornas spridning på en rad olika parametrar. Vilken skuggeffekt som uppstår vid närbelägna bostäder beror bl.a. på avståndet mellan vindkraftverket och platsen, bostadens läge och läge på fönster och dörrar i förhållande till vindkraftverket, rotationsfrekvensen hos vindkraftverkets blad och skuggbildningens varaktighet i tid (både vid ett specifikt tillfälle och över hela året), områdets topografi, vegetation och andra hinder.

Vid kontinuerlig exponering kan de rörliga skuggorna skapa irritation och även i viss utsträckning stressreaktioner. Störst störning uppkommer om skuggningen exponeras genom ett fönster på en vägg eller ett golv. Detta är dock förhållandevis sällsynt. Mer vanligt förekommande är att skuggeffekter uppkommer invid bostäder, t.ex. i trädgårdar eller på uteplatser. Med andra ord är risken för störning från skuggning större under perioder då människor vistas ute, såsom under sommarmånaderna.

Det finns förhållandevis få studier där människans upplevda påverkan av skuggor undersökts. Inom ramen för Vindvals syntesrapport om vindkraftens påverkan på människors hälsa som gjordes under 2012 studerades konsekvenser av skuggpåverkan.<sup>5</sup> I syntesrapporten dras slutsatsen att det saknas vetenskapliga publikationer kring störning av skuggor från vindkraftverk. Det finns dock ett examensarbete från Högskolan i Halmstad, som baseras på data från två svenska tvärsnittsstudier om vindkraftens påverkan på människor i form av buller och skuggor. I tvärsnittsstudierna deltog 1095 personer. Av dessa svarade cirka 8 procent att de lade märke till skuggor från vindkraft. Andelen som märkte och/eller stördes av skuggor ökade systematiskt med beräknad maximal skuggminut per dag, från cirka 2 procent för boende utsatta för skuggor mindre än 10 minuter per dag till cirka 33 procent för boende med mer än 24 minuters skuggtid per dag. Andelen som sade sig vara ganska eller mycket störda av skuggor ökade också systematiskt med skuggtid, upp till cirka 10 procent bland boende med mest skuggtid.<sup>6</sup> Nuvarande svenska riktvärden för skuggor baseras på en tysk studie som rapporterar att personer som utsatts för mer än 15 timmar skuggtid per år ansåg att deras livskvalitet försämrats

betydligt.<sup>7</sup>

Rörliga skuggor uppfattas ofta som mer störande än stillastående skuggor. Ett par studier har därför genomförts i Storbritannien om betydelsen av rotorbladens rotationshastighet för störning från vindkraftverkens rörliga skuggor. Clarke kom i sin studie 1991 fram till att "flickerfrekvensen" (flimmerfrekvens) inte bör överstiga 2,5 Hz, vilket motsvarar en rotationshastighet på 50 varv per minut (rpm).<sup>8</sup> I en annan studie om vindkraftens påverkan på epileptiker genom flicker (flimmer) dras slutsatsen att flickerfrekvenser högre än 3 Hz utgör en potentiell risk att utlösa epilepsianfall.<sup>9</sup> Detta motsvarar en rotationshastighet på ca 60 varv per minut. Dagens vindkraftverk har en maximal rotationshastighet på ca 12-16 varv per minut, vilket understiger de förespråkade maximala rotationshastigheterna på 50 respektive 60 varv per minut med god marginal.

## 5. MÖJLIGA SKYDDSÅTGÄRDER

Moderna vindkraftverk har idag avancerad styr- och reglerteknik som effektivt kan reducera uppkomna skuggeffekter. Vilka tider respektive vindkraftverk skuggar respektive bostad kan beräknas och därigenom kan vindkraftverket i fråga programmeras så att det stängs av dessa tider. Vidare kan detta förfinas genom att vindkraftverket enbart stängs av om solen skiner och beroende på vindriktning och verkets riktning mot respektive bostad. Med hjälp av denna teknik förebyggs störning från skuggor och rekommenderade skuggtider överskrids inte.

## 6. REFERENSER

- Björkman, J., & Y. Jalming, 2009, "Påverkan av skuggor från vindkraftverk - Examensuppsats", Högskolan i Halmstad
- Boverket, 2009, "Vindkraftshandboken – planering och prövning av vindkraft på land och i kustnära vattenområden", ISBN-nummer: 978-91-86045-27-2
- Clarke A.D, 1991, "A case of shadow flicker/flashing: assessment and solution", Techno Policy Group, Open University, Milton Keynes, UK genom Department of Energy and Climate Change, Parsons Brinckerhoff, "Update of UK Shadow Flicker Evidence Base"
- G Harding, P Harding, A Wilkins, 2008, "Wind turbines, flicker, and photosensitive epilepsy: Characterizing the flashing that may precipitate seizures and optimizing guidelines to prevent them", Neurosciences Institute Aston University, Birmingham, United Kingdom; and Department of Psychology, University of Essex, Colchester, United Kingdom
- Naturvårdsverket, 2012, "Vindkraftens påverkan på människors