

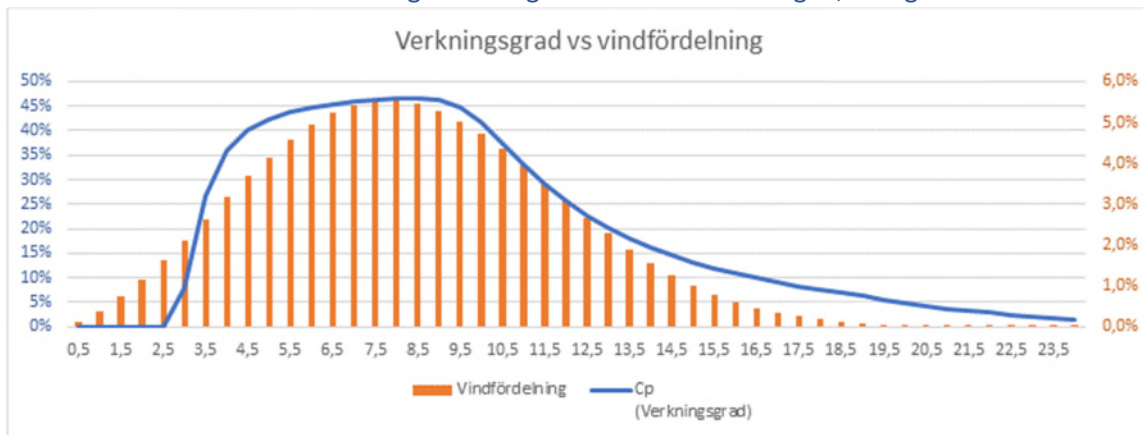
## Hur mycket el kan ett modernt vindkraftverk producera?

**Kort svar:** Ett stort vindkraftverk på 5,6 MW kan i ett gott vindläge producera ca 25 000 MWh på ett genomsnittså, d.v.s. hushållsel för ca 5000 familjer per år.

**Utvecklat svar:** När man pratar om hur mycket förnybar el ett modernt vindkraftverk kan producera används olika begrepp såsom verkningsgrad och kapacitetsfaktor. Det är inte helt lätt att hänga med i de tekniska termer som används, här redogörs för vad de olika begreppen betyder och hur de hänger ihop.

Som exempel på ett modernt vindkraftverk som finns på marknaden idag använder vi Vestas V162 (162 meters rotordiameter) med en installerad effekt om 5,6 MW (megawatt). Installerad effekt anger vilken mängd elenergi vindkraftverket teoretiskt maximalt kan producera, och om man sätter det i relation till en medelvindfördelning över ett år så kan man få fram kapacitetsfaktorn för verket på den platsen.

**Verkningsgrad** ( $C_p$  = power coefficient) handlar om producerad effekt genom teoretiskt maximal vindeffekt per vindhastighet<sup>1</sup> och varierar med vindhastigheten. Vindkraftverken är designade med en balans för hållfasthet och energiutvinning utifrån vindfördelningen, se Figur 1 nedan.

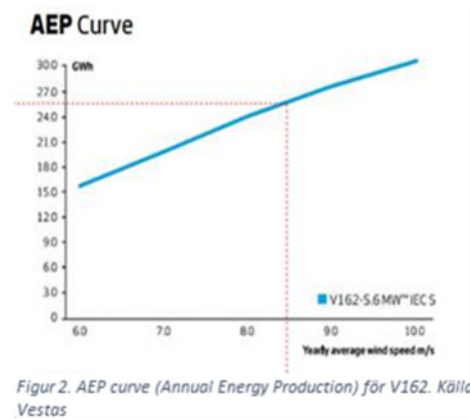


Figur 1 Power coefficient för V162 samt en god långtidsvindfördelning över ett normalår.

Verkningsgraden säger alltså hur tekniskt effektivt ett enskilt vindkraftverk (ovan visas Vestas V162 med 5,6 MW effekt) är vid en viss vindhastighet och luftdensitet. Men detta ger inte svar hur mycket el ett vindkraftverk totalt producerar i verkligheten, eftersom det beror på hur ofta och i hur långa perioder vinden har en viss hastighet samt att denna kurva inte heller visar olika förluster (t ex vakförluster och förluster i elkablar).

<sup>1</sup>  $P = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v^3$

**Kapacitetsfaktor** (eller utnyttjandegrad) handlar om vindkraftverkets *verkliga* medelproduktion över en tidsperiod (vanligtvis ett år) jämfört med dess *teoretiska* maximala produktion. Man delar alltså den verkliga medelproduktionen per år med maximal teoretisk produktion per år. För att veta vilken kapacitetsfaktor ett specifikt vindkraftverk har på en viss plats behöver man alltså ha verkliga vinddata. Kapacitetsfaktorn kan uppskattas med en beräkning av vindkraftverkets medelproduktion. För att få en uppfattning om produktionen för ett modernt verk kan man titta på den s.k. AEP-curve.



Figur 2. AEP curve (Annual Energy Production) för V162. Källa: Vestas

En AEP (Annual Energy Production) visar den årliga energiproduktionen i förhållande till medelvindhastigheten för ett verk enligt data från turbintillverkarna, [se länk](#). Diagrammet i Figur 2 visar en AEP-curve för ett Vestas V162 med en installerad effekt om 5,6 MW (5 600 kW). Vestas V162 är ett vindkraftverk som finns på marknaden idag och exemplifierar verk som byggs de närmaste åren.

För att kunna estimeras framtida elproduktion för ett planerat vindkraftverk (eller vindkraftspark) på en viss plats behövs data om vindförhållandena där. Det kan man få genom att mäta vinden antingen med Sodarmätare eller med en mätmast under minst 1 år. Mätmasten ger mest tillförlitligt resultat men är väldigt kostsamt vilket gör att man oftast mäter med en Sodar fram till att alla tillstånd är på plats och man är säker på att projektet är möjligt att realisera. Vanligtvis byggs därefter en mätmast för att validera vinddata.

När man har tillgång till minst 1 års vindmätningssdata långtidsjusteras dessa, för att korrigera för ett låg- eller högvindsår, baserat på historiska data (från SMHI-stationer och olika mesoskaliga modeller baserade på satellitdata, vindmätningar, tryckmätningar, temperaturmätningar osv exempelvis ERA interim, MERRA, MERRA2, Convx). På så sätt får man fram medelvinden på en plats och utifrån detta kan man även uppskatta vilken elproduktion ett specifikt vindkraftverk kan ge på just den platsen.

Om verket exempelvis placeras på en plats med 8,4 m/s medelvind per år kan man i AEP-diagrammet utläsa att verket då genererar ca 25 GWh per år (25 000 MWh/år). Antal timmar med fullast blir då; 25 GWh/år dividerat med den installerade effekten 5,6 MW = 4 464 timmar (ekvivalent antal timmar, vilket alltså inte återspeglar det verkliga antalet fullasttimmar utan det antal fullasttimmar som den produktionen motsvarar). Delat med årets verkliga 8 760 timmar ger detta en kapacitetsfaktor (utnyttjandegrad) på 51 %. Detta gäller dock utan förluster.

Med hjälp av programmet WindPRO kan man utifrån ett verks Power-kurva (m/s→kW) tillsammans med uppmätta vinddata i ett område uppskatta varje enskilt vindkraftverks produktion i en vindkraftspark. För att göra det utgår man från en detaljerad höjdmödel samt den landrähet Lantmäteriet redovisat från en laserskanning av området. Beräkningarna tar hänsyn till verkens placering avseende höjdläge med ovan nämnda terrängdata. Programmet räknar även ut vakförluster och förluster i bl.a. elkablar och uppskattad tillgänglighet.

Allt detta är väldigt matematiskt och det viktigaste är att man inte blandar ihop olika begrepp för då kan det bli väldigt fel.

Idag finns ca 3600 vindkraftverk i Sverige som i huvudsak uppförts under de senaste 20 åren. Dessa varierar i storlek mellan några få kW (kilowatt) till ca 3 800 kW (3,8 MW) och det är bara ett mindre antal verk som har högre installerad effekt än 3 MW. Total installerad effekt uppgår till ca 7 400 MW

och alla dessa verk levererade under år 2018 ca 16,4 TWh (ca 11 % av Sveriges totala elproduktion). Dessa (i huvudsak) mindre vindkraftverk kommer att monteras ned successivt inom de kommande decennierna eftersom alla givna tillstånd är tidsbegränsade. En vanlig livslängd för ett vindkraftverk idag är 20-25 år, äldre vindkraftverk kan ha kortare livslängd.

Energimyndigheten prognostiserar att det i framtiden behövs mellan 2 000 - 4 000 moderna vindkraftverk för att producera ca 90 TWh förnybar el. Det är denna mängd el som bedöms behövas för att kunna säkra en hållbar elförsörjning i Sverige. Att framtida vindkraftverk är mer effektiva än de vindkraftverk som är i drift idag beror på den enorma teknikutveckling som skett. Man skulle kunna jämföra detta med mobiltelefonerna och hur de har utvecklats under de senaste 20 åren.