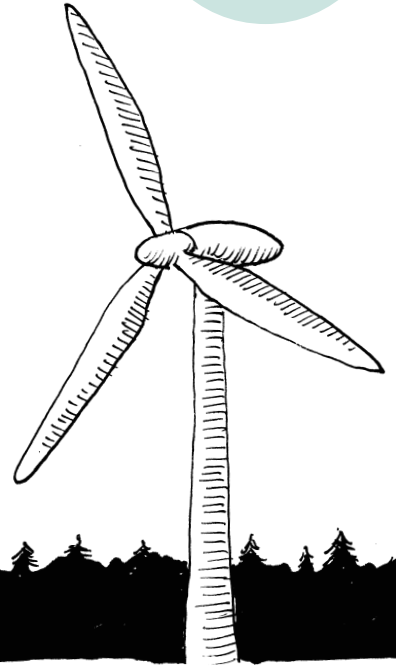


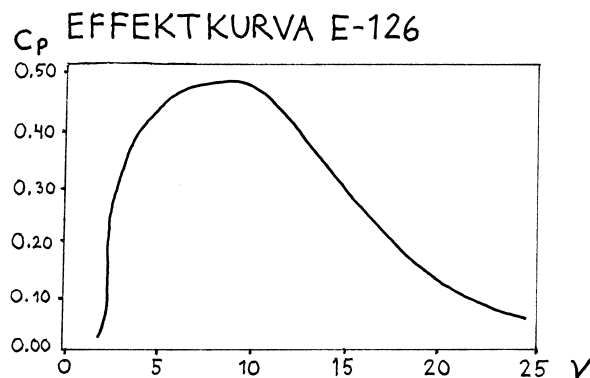
FYSIK 1. ENERGI OCH ENERGIRESURSER



Du arbetar för närvarande åt Vindkraft Nord där en av ingenjörerna behöver din hjälp med att beräkna effekten hos ett vindkraftverk av modellen E-126 (talet 126 betyder att vingarnas diameter är 126 m). Du får i uppdrag att göra effektberäkningar för vindhastigheterna 5, 10, 15 och 20 m/s. Du uppmanas att första fram ett samband för att kunna beräkna vindens energiinnehåll som en funktion av radie (r), tid (t) och luftens hastighet (v).

Till din hjälp får du nedanstående diagram som visar verkningsgraden som en funktion av vindhastigheten. Du får även värden på luftens densitet:

$$\rho_{\text{luft}}(T = 20^\circ\text{C}) \approx 1,2 \text{ kg/m}^3 \text{ och } \rho_{\text{luft}}(T = -20^\circ\text{C}) \approx 1,4 \text{ kg/m}^3$$



C_p = Kraftverkets effektfaktor (hur många % av vindens energiinnehåll utnyttjas).
 v = vindhastighet (m/s).

Kontextrika problem i fysik

Lösning

Tänk på en cylindrisk luftpelare som färdas mot vindkraftverket med radie r , hastighet v och längd s .

$$\text{Kinetiska energin hos luften: } E_k = \frac{mv^2}{2}$$

$$\text{Massan på luften får vi genom densiteten av luften: } \rho = \frac{m}{V}$$

$$\text{Volymen av luftpelaren: } V = A \cdot s = \pi r^2 s$$

$$\text{Längden på luftpelaren: } s = v \cdot t$$

$$\text{Nu kan vi skriva } E_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{\rho_{\text{luft}} V v^2}{2} = \frac{\rho_{\text{luft}} \pi r^2 s v^2}{2} = \frac{\rho_{\text{luft}} \pi r^2 v t v^2}{2} = \frac{\rho_{\text{luft}} \pi r^2 t v^3}{2}$$

$$\text{Effekten kan nu tecknas: } P(\rho, r, v) = \frac{E_k}{t} = \frac{\rho_{\text{luft}} \pi r^2 v^3}{2}$$

Använd den experimentellt fastställda effektfaktorn C_p för vindkraftverket ur diagram

$$\text{Effekten för E-126 kan nu tecknas: } P(C_p, \rho, r, v) = \frac{C_p \rho_{\text{luft}} \pi r^2 v^3}{2}$$

$$r = \frac{126}{2} = 63 \text{ m, } \rho_{\text{luft}}(T = 20^\circ\text{C}) \approx 1,2 \text{ kg/m}^3, \rho_{\text{luft}}(T = -20^\circ\text{C}) \approx 1,4 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Ex) Då } v = 5 \text{ m/s och } T = -20^\circ\text{C: } P(0,45; 1,4; 63; 5) = 490966 \text{ W} \approx 490 \text{ kW}$$

$$\text{Ex) Då } v = 10 \text{ m/s och } T = +20^\circ\text{C: } P(0,50; 1,2; 63; 10) = 3740694 \text{ W} \approx 3800 \text{ kW}$$

$$\text{Ex) Då } v = 15 \text{ m/s och } T = -20^\circ\text{C: } P(0,24; 1,4; 63; 15) = 7069912 \text{ W} \approx 7100 \text{ kW}$$

$$\text{Ex) Då } v = 20 \text{ m/s och } T = +20^\circ\text{C: } P(0,12; 1,2; 63; 20) = 7182133 \text{ W} \approx 7200 \text{ kW}$$

Kontextrika problem i fysik

Svar

De effektvärden som eleverna beräknar beror på valet av luftens densitet och avläsningen av verkningsgraden C_p . Därför bör de olika resultaten diskuteras. Dessutom bör man föra samtal runt det flertal förenklingar som denna modell innehåller. Exempelvis luftcylinderns rörelsemängdsvektor mot rotor, temperaturförändringar i olika avstånd från marken, vindens variation mellan dag och natt samt mellan sommar och vinter och överföringsförluster till köpare. Vindkraftverken är även konstruerade på ett sådant sätt att det finns säkerhetssystem som börjar bromsa rotorn vid för stora vindhastigheter för att det inte ska bli för stora och skadliga belastningar på hela konstruktionen. Vid vindhastigheter över 25 m/s står rotorn stilla.

$$P(0.45, 1.5, 63, 5) = 490966 \text{ W} \approx 490 \text{ kW} \text{ ”vid ” } T = -20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P(0.50, 1.2, 63, 10) = 3740694 \text{ W} \approx 3800 \text{ kW} \text{ ”vid ” } T = +20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P(0.24, 1.5, 63, 15) = 7069912 \text{ W} \approx 7100 \text{ kW} \text{ ”vid ” } T = -20 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$P(0.12, 1.2, 63, 20) = 7182133 \text{ W} \approx 7200 \text{ kW} \text{ ”vid ” } T = +20 \text{ }^\circ\text{C}$$

Kommentarer

Luftens energiinnehåll, som är relevant för ett vindkraftverk, beror på densiteten av luften, diametern på rotorn, luftens hastighet och tiden. När ett samband för luftens energiinnehåll har härletts bör övergången till effekt hos vindkraftverket vara möjlig via effektfaktor och division med tiden t . Effektfaktorkurvan är en medelvärdeskurva.