

Storleksuppskattningar och energifrågor

Mats Braskén

Ingen har säkert undgått att framtidens energiförsörjning är en av de stora, olösta frågorna. Tidningar och medier är fulla med alternativ och åsikter. Vad som däremot ofta saknas i mediaflödet, är de bakomliggande kvantitativa resonemangen. Här har vi lärare i matematiska och naturvetenskapliga ämnen en viktig uppgift i att ge våra elever de verktyg de behöver för att forma sina egna beslut. Jag skall nedan presentera några exempel på sådana kvantitativa resonemang, men börja gärna med att klicka in dig på ”TED Talks”, där David MacKay pratar om dessa saker under rubriken ”A reality check on renewables” (TED Talks har även andra utmärkta presentationer kring temat energi).

Alternativa drivmedel för bilar

a) Uppskattning av energin från kolbaserade bränslen

Vid förbränning av kol så reagerar en kolatom med en syremolekyl, varpå ca. 4 eV energi frigörs (kemi är som Hans-Uno Bengtsson brukade säga ”fysik på elektronvoltsnivå”). Alltså $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 4 \text{ eV}$. En kilogram kol innehåller $\frac{1000 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} \times 6 \cdot 10^{23} \frac{\text{atomer}}{\text{mol}} = 5 \cdot 10^{25} \text{ kolatomer}$. Vilket gör att energin som vi kan få ur en kg kol blir: $5 \cdot 10^{25} \text{ atomer} \times 4 \frac{\text{eV}}{\text{atom}} \times 1,6 \cdot 10^{-19} \frac{\text{J}}{\text{eV}} = 3,2 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$.

b) Energikapaciteten hos ett vanligt bilbatteri

Låt oss ta ett 12 V bilbatteri med en kapacitet på 60 Ah (ampere-timmar) och en vikt på 12 kg. Batteriets effekt ges av $P = U \cdot I$ och dess totala energiinnehåll $E = P \cdot t = U \cdot I \cdot t$. Energin per kilogram batteri blir alltså $\frac{12 \text{ V} \times 60 \text{ A} \cdot \text{h} \times 3600 \frac{\text{s}}{\text{h}}}{12 \text{ kg}} = 2 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$, vilket är ca. en faktor 100 mindre än energin per kg kol. Bensin har ett energiinnehåll som är ca. 3/2 gånger kolets, vilket gör skillnaden ännu större. För att få samma energimängd som i 40 kg (≈ 40 liter) bensin, skulle vi alltså behöva batteri med en vikt på ca. $\frac{\frac{3}{2} \times 3,2 \cdot 10^7 \frac{\text{J}}{\text{kg}} \times 40 \text{ kg}}{2 \cdot 10^5 \frac{\text{J}}{\text{kg}}} = 9600 \text{ kg}$, vilket är ca. 5 – 10 gånger vikten hos en typisk personbil.

Diskussion: Hur löser man detta dilemma i dagens elbilar?

c) Solpaneler på biltaket?

Ett viktigt tal att ha i bakhuvudet när man diskuterar solenergi, är att mitt under en solig dag så tar vi emot en effekt på ca. 1000 W/m^2 från solen. Anta att vi täcker biltaket med en solpanel vars area är $2 \times 3 = 6 \text{ m}^2$. Effekten vi då får från solen är $1000 \text{ W/m}^2 \times 6 \text{ m}^2 = 6000 \text{ W}$. Är detta mycket eller litet? En typisk bil har en motoreffekt på 100 hp (hästkrafter), vilket motsvarar 74600 W. Våra solpaneler skulle ge en effekt som motsvarar 8 hp. Detta är dessutom i överkant, eftersom vi antagit att solpanelernas verkningsgrad är 100%, medan den verkliga är $< 50\%$.

Alternativ till glödlampan

a) Kostnaden för en gammaldags glödlampa

En vanlig glödlampa kostar mindre än 1 euro och håller vanligen i 1000 – 2000 timmar (detta innebär att om du har den på ca. 4 timmar per dygn, så hamnar du att byta den ungefär en gång per år). Under sin livstid förbrukar en 100 W lampa ca. $100 \text{ W} \times 1000 \text{ h} = 100 \text{ kWh}$ elenergi. Med ett elpris på ca. 12 cent/kWh (energi + överföringsavgift) kostar dig alltså glödlampan ca. 12 euro i el under sin livstid.

Har vi någon nytta av värmen från lampan? Energiförbrukningen hos ett typiskt nybyggt hus ligger kring 15 000 kWh per år (vi antar att huset har eluppvärmning av både utrymmen och vatten). Av de 1800 euro du betalar i elräkning per år, bidrar 100 W:s glödlampan med 12 euro värt i värme.

b) Energisparlampor

Energisparlampor fungerar liksom lysrör så att en ström av elektroner exciterar gasen i lampan. Gasen ger ut UV-ljus som absorberas av den fluorescerande beläggning på lampglasets insida, vilket resulterar i synligt ljus ut. Priset på dessa lampor ligger något under 10 euro och de hävdas ha en livstid på upp till 10000 h (dvs. 10 gånger längre än en gammaldags glödlampa). Vidare sägs det på kartongen att ljuset från en 23 W energisparlampa motsvarar det från en 100 W:s glödlampa. Energiförbrukningen under energisparlampans livstid blir alltså $23 \text{ W} \times 10000 \text{ h} = 230 \text{ kWh}$ (mao. 28 euro i el under sin livstid). Jämför vi kostnaden för en glödlampa och en energisparlampan över en tidsperiod på 1000 h, får vi (inköpspris + elpris):

$$\text{Glödlampa: } 1 \text{ €} + 12 \text{ €} = 13 \text{ €/1000 timmar}$$

$$\text{Energisparlampa: } (10 \text{ €} + 28 \text{ €})/10 \approx 4 \text{ €/1000 timmar}$$

Energisparlampan ger alltså en inbesparing på lite mer än 9 € (1000 h motsvarar att du har lampan på ca. 3 h per dag under ett år). Observera att vi inte har tagit med kostnaderna för att energisparlampor innehåller kvicksilver och därför kräver ett mer omfattande omhändertagande än vanliga glödlampor. Inte heller har vi beaktat deras minskade bidrag till husets uppvärmning.