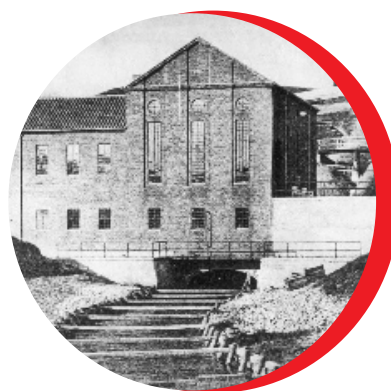


1. G fysik

Elevbog

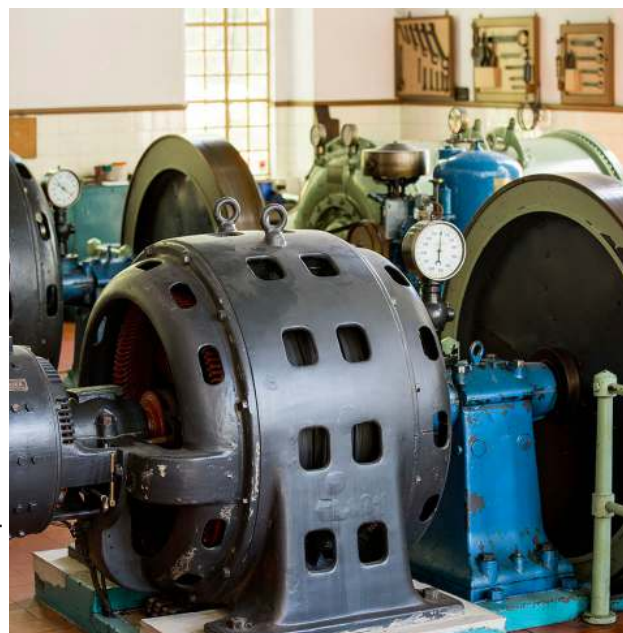


Harteværket

Harteværket er bygget i 1918-1929 og var det første større vandkraftværk i Danmark. Ved værkets opførelse stod det for elforsyningen til omkring halvdelen af Kolding by og omegn .

I dag udgør produktionen af el kun omkring 1% af dets samlede elforbrug i Kolding By. Harteværket producerer sin elektricitet ved hjælp af vandet fra en række åer og søer i Koldings opland, der ender i Stallerup sø.

Herfra føres vandet under motorvejen og gennem et 80 m langt rør ned til turbinerne på Harteværket. I turbinerne bliver vandets kinetiske energi (bevægelsesenergi) via generatorerne omsat til elektrisk energi



Mekanisk energi

Når vandet bevæger sig gennem røret indeholder det noget bevægelsesenergi. Jo hurtigere vandet bevæger sig, desto mere bevægelsesenergi indeholder det. I fysik kaldes bevægelsesenergi for kinetisk energi (E_{kin}).

Den **kinetiske energi** af et objekt hvor farten kendes kan beregnes med formlen:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

hvor m er massen af objektet (målt i kg) og v er objektets fart (målt i m/s). Vandet kommer i bevægelse pga. tyngdekraften, idet det "falder" fra et højere beliggende sted. Jo højere vandet befinder sig til at starte med jo mere kinetisk energi kan vandet potentielt opnå. Man kan altså sige at vandet har noget potentiel energi når det befinder sig højt oppe, som kan udløses og dermed omdannes til kinetisk energi, hvis vandet falder.

Den potentielle energi kaldes også for beliggenhedsenergi.



Hvis man kender den højde et objekt befinder sig i, kan man beregne den **potentielle energi** med formlen:

$$E_{pot} = m \cdot g \cdot h$$

hvor m er massen af objektet (målt i kg), g er en konstant der kaldes tyngdeaccelerationen (g varierer lidt med hvor man befinder sig på jorden, men man regner med at $g=9,82 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{m})$ i Danmark) og h er højden målt i m.

Man bruger begrebet mekanisk energi, som en samlet betegnelse for kinetisk og potentiel energi. Den samlede **mekaniske energi** kan altså beregnes med formlen:

$$E_{mek} = E_{kin} + E_{pot}$$

Hvis der ikke er et energitab, vil den mekaniske energi altid være konstant. Dog vil der i virkeligheden næsten altid være et energitab i form af varme.

1) <https://hartevaerket.dk/hartevarket/historien-om-vaerket>



Elektrisk energi

Den elektriske effekt kan beregnes som:

$$P_{el} = U \cdot I$$

Og energien kan derefter findes ved isolering af E i den velkendte formel:

$$P = \frac{E}{t}$$

Målinger

Vi vil gerne lave nogle beregninger baseret på målinger lavet ved værket. Der er følgende udstyr til rådighed: Gasballon, fiskesnøre, sigtekikkert, vinkelmåler (fx app på din smartphone), målebånd, meterstok, vaterpas, højdemåler, stopur, målehjul.

I skal måle følgende:

- A. Højdeforskellen mellem vandindtaget og turbinen.
 - Der er forskellige måder at gøre dette på – Find på et par stykker.
- B. Generatorens spændingsforskel (målt i Volt)
 - Aflæses i turbinehallen
- C. Generatorens strømstyrke (målt i Ampere)
 - Aflæses i turbinehallen
- D. Rørets dimensioner
 - Længden og omkreds/diameter af røret kan måles. Tværsnitsareal og volumen kan klares ved beregning
- E. Bredden og vandhøjden af indløbet for oven
 - Bredden af indløbet kan måles og højden kan aflæses med en pind
- F. Hastigheden af vandet for oven
 - Vi råder over en vandstrømningsmåler
 - I skal også bestemme hastigheden på anden vis. Find på en god ide.



Fakta om elproduktionen på Harteværket

- Der er i alt tre generatorer (to store og en lille). De yder tilsammen ved maksimal drift ca. 1000 kW

Det vil sige: $P_{\text{værk,max}} \approx 1000 \text{ kW}$

Når en enkelt af de store generatorer kører yder den ca. 40% af $P_{\text{værk,max}}$

- Den samlede vandgennemstrømning i trykrører (røde rør) ved maksimal drift: ca. 6000 l. pr. sekund

Beregninger:

I skal nu ud fra de målte værdier foretage en række beregninger for at se hvor stor en del af energien der udnyttes.

Rørets dimensioner

Først lidt indledende om det røde rørs dimensioner:

1. Beregn rørets tværsnitsareal.
2. Hvor meget vand kan der maksimalt være i det røde rør?
3. Beregn faldhøjden fra det øvre vandspejl til turbinerne.



Potentiel energi

Vi vil nu undersøge hvor meget potentiel energi der omdannes hvert sekund. Vi skal derfor kende mængden af vand der strømmer igennem værket. Dette gøres ved at bruge målingerne fra værkets vandindtag. Ved at gøre brug af indløbets bredde, dybde og vandets hastighed kan vi finde mængden af vand der strømmer ind på 1 sekund:

4. Beregn først den længde vandet løber på 1 sekund i indløbet.
5. Beregn nu hvor stort et volumen af vand der løber ind for 1 sekund. Hvor stor er den tilsvarende masse af det vand?
6. Hvor stor en mængde potentiel energi omdannes på 1 sekund?

Værkets nyttevirkning

Nu ved vi hvor meget energi der omdannes i værket hvert sekund. Vi vil nu undersøge hvor meget elektrisk energi værket så er i stand til at udvinde hvert sekund. Vi tager udgangspunkt i målingerne taget indenfor ved generatorerne:

7. Beregn generatorens effekt.
8. Hvor meget energi producerer generatoren på 1 sekund?
9. Beregn nu udnyttelsesgraden (i procent), som i fysik kaldes for nyttevirkningen (symbolet for nyttevirkning er η) ved følgende udregning:

$$\eta_{\text{værk}} = \frac{E_{\text{værk}}}{E_{\text{pot}}} \cdot 100\%$$

Hvor $E_{\text{værk}}$ er den energi, som værket producerer hvert sekund og E_{pot} er den potentielle energi, som er beregnet i (6).

10. Overvej om det er muligt at udnytte 100%? Begrund svaret. Tal gerne med kammerater eller teknikere på stedet om det.
11. Hvilke steder sker der energitab i omdannelsen fra potentiel til elektrisk energi?



Ekstra: Generatorens nyttevirkning – en forfining

For at få en fornemmelse for hvor godt generatoren omdanner energien, beregner vi nu nyttevirkningen af generatoren ved at tage højde for, at vandet har en kinetisk energi før værket.

12. Beregn nu den kinetiske energi af den mængde vand, der løber gennem turbinerne hvert sekund.

Vi vil nu estimere hvor effektive generatorerne er, til at omdanne energien. Denne udnyttelsesgrad er anderledes end den der er regnet i (9), fordi der jo også sker tab andre steder.

13. Uden turbinerne ville den kinetiske energi af vandet ved vandudledningen, være den samme som faldet i den potentielle energi! Turbinen bremser altså vandet og overfører dermed kinetisk energi fra vandet til turbinen. Den kinetiske energi i turbinerne er altså forskellen på den potentielle energi beregnet i (6) og den kinetiske energi beregnet i (12).

Beregn denne kinetiske energi i turbinerne med formlen:

$$E_{\text{turbine}} = E_{\text{pot}} - E_{\text{kin}}$$

14. Turbinerne driver en generator, der omsætter den kinetiske energi til elektrisk energi.
Beregn nu nyttevirkningen (udnyttelsesgraden i procent) af denne energiomsætning med formlen:

$$\eta_{\text{generator}} = \frac{E_{\text{værk}}}{E_{\text{turbine}}} \cdot 100\%$$