

Kafli 5. Raforka - vinna



# Verkmenntaskólinn á Akureyri

2022

Verkmenntaskólinn á Akureyri  
Rafdeild



## Efnisyfirlit

5. Raforka - vinna .....	3
Rafbílar .....	10



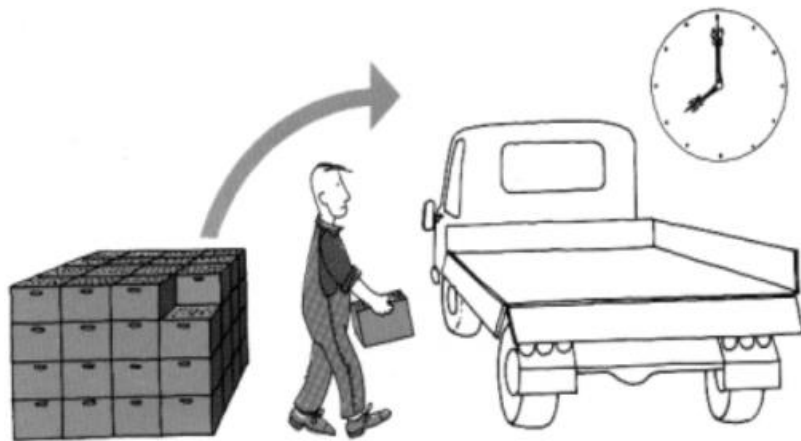
## 5. Raforka - vinna

Rafmagnsafl er eins og áður er sagt margfeldi straums og spennu og þar sem gildi straumsins er miðað við rafeindastreymi í eina sekúndu miðast aflið líka við tímann eina sekúndu. Til þess að framkvæma vinnu þurfum við oftast lengri tíma t.d. mínútur eða klukkustundir.

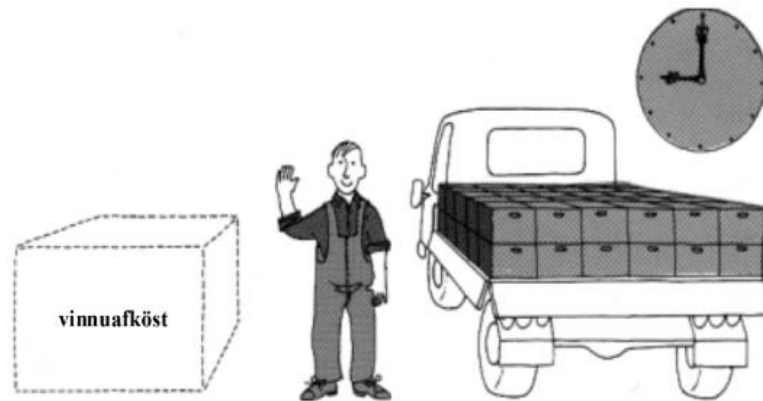
Raforka er margfeldi rafmagnsafls og tíma, eða m.ö.o. raforka er rafmagnsafl í tíma. Formúla fyrir raforku er því:

$$W = U \cdot I \cdot t \text{ eða } W = P \cdot t$$

W stendur fyrir orku, P fyrir afl og t fyrir tíma.



Mynd 5.1



Mynd 5.2

Vinna er framkvæmd þegar afl er notað í einhvern ákveðinn tíma eins og sýnt er á myndum 5.1-2.

Maðurinn hleður flutningabílinn á einni klukkustund og notar til þess eigið afl.

Þegar einingin klukkustund er notuð í orkuformúlunni breytist formúlutáknið  $t$  fyrir tíma í  $h$ .

Einingin verður wattstund.

$$W = P \cdot h \text{ [Wh]}$$

Sekúnda er smæsta tímaeining sem notuð er í formúluna. Ef sett eru wött fyrir aflið verður mælieiningin Wattsekúnda (ws), sem einnig nefnist Joule og er smæsta orkueiningin.

$$W = P(W) \cdot s(\text{sek.}) \text{ [wattsek. (Ws)]}$$

Afleiningin eitt watt er í raun eitt Watt í eina sekúndu eða ein wattsekúnda, svo þar koma saman hugtökin rafmagnsafl og raforka.



**Varast skal að rugla saman annars vegar formúlutákninu W fyrir raforku og hins vegar skammstöfuninni W (watt) sem er mælieining fyrir afl.**

1 Terawatt	TW	1 000 000 000 000 W	$10^{12}$	Heildarafl virkjana í Evrópu
1 Gígawatt	GW	1 000 000 000 W	$10^9$	Heildarafl virkjana landsins
1 Megawatt	MW	1 000 000 W	$10^6$	Virkjanaafl, álversnotkun
1 Kílówatt	kW	1 000 W	$10^3$	Rafalar, mótórar, hitarar
1 Watt	W	Grunneining	$10^0$	Smærri raftæki
1 Milliwatt	mW	0,001 W	$10^{-3}$	Rafeindatæki
1 Mikrówatt	$\mu$ W	0,000 001 W	$10^{-6}$	Smárásir

Tafla 5.1

Tafla 5.1 sýnir þær einingar sem notaðar eru yfir raforku, mest notaða einingin er kílówattstund (kWh) sem er almennt notuð til orkumælinga hjá rafveitum. Við útreikninga í orkueiningunni kílówattstund er aflið sett inn í formúluna í wöttum og deilt með þúsund eða beint inn í kílówöttum.

eða

$$W = P(\text{kW}) \cdot h \text{ [kWh]}$$

Við útreikninga á kostnaði við raforkunotkun þarf að vera fyrir hendi verð á raforkueiningu eða með öðrum orðum verð frá orkuveitu á kílówattstund (kWh) að meðtöldum virðisaukaskatti. Formúlan verður þá:

$$\text{Kostnaður} = P(\text{kW}) \cdot h \cdot \frac{\text{kr}}{\text{kWh}} \text{ [kr]}$$

Þegar rafstraumur fer eftir leiðara myndast varmi. Eins og fyrr er getið er það vegna árekstra rafeinda við frumeindir efnisins. Varminn sem myndast er í réttu hlutfalli við stærð straumsins og spennunnar.



Við flutning á raforku breytist alltaf nokkur hluti hennar í varma í leiðurum. Þetta orkutap er auðvitað óæskilegt í leiðurum og reynt er að halda því í lágmarki með því að hafa leiðara nægilega gilda og úr vel leiðandi efnum (lágt eðlisviðnám).

Raforka er mikið notuð til varmaframleiðslu og algengasta aðferðin er að leiða rafstraum í gegnum hitald.

Hitaelement (hitald) er búið til úr leiðara sem hefur mun hærra eðlisviðnám heldur en venjulegir straumleiðarar. Þegar straumur fer um slíkt efni verða miklu fleiri árekstrar rafeinda við frumeindir efnisins og það hitnar því miklu meira. Orka hefur þá breytt um form, raforka hefur breyst í varmaorku.



Mynd 5.3 Rafmagnspilofn

Margar tegundir eru til af rafmagnshitatækjum sem hafa hitald, t.d. rafofnum sem hita andrúmsloftið, brauðrist, vatnshiturum, olíuhiturum, eldavélum o.fl.. Hitöld þessara tækja hitna um mörg hundruð gráður á Celsíus, og eru því úr efnum sem hafa hátt bræðslumark t.d. mangan, kanthal, konstantan o.fl.



Auk þess að hafa hærra eðlisviðnám heldur en hin venjulegu leiðaraefni (eir og ál), hafa þau mjög lágan hitastuðul ( $\alpha$ ). Það þýðir að rafviðnám þeirra breytist lítið við hitabreytingu. Þetta er kostur, því ef viðnám hitalds breytist mikið með hita breytist einnig straumur þess og afl.



Mynd 5.4 Hitablásarar

Rafmagnsofn sem er notaður til þess að hita andrúmsloft í ákveðnu rými, breytir allri þeirri raforku sem til hans er flutt í varma. Það má segja að hann hafi 100% nýtni, því fyrr eða síðar fer sá varmi sem í honum myndast út í andrúmsloftið. Aðflutt raforka verður jöfn afgefnum varma.

$$(W1 = W2).$$

Þilofnar eru ætlaðir til upphitunar húsnæðis, hér á landi helst á svæðum sem ekki nýtur hitaveitu. Afl þeirra er misjafnt eftir stærð rýmis sem þeir eru staðsettir í, en þeir eru yfirleitt framleiddir upp í 1500 W. Hitablásarar eru sambyggð rafhitöld og mótór með viftuspaða og eru mun fljótari að skila varmanum til umhverfisins heldur en þilofnar. Afl hitablásara er mun meira en þilofna eða allt að 15 kW.



Notkunarstaðir eru helst stórir vinnustaðir og algengt er að nota þá til bráðabrigða t.d. við byggingaframkvæmdir.



Mynd 5.5 Geislahitari

Geislahitarar sem varpa frá sér innrauðum geislum eru algengir til notkunar utanhúss eða t.d í garðhúsum eða yfirbyggðum svölum. Þeir varpa frá sér innrauðum geislum sem verma þann hlut sem þeir lenda á, en hita ekki beint andrúmsloftið.

CE-merking á raftækjum eins og t.d. rafmagnshitatækjum þýðir að varan stenst tæknilegar kröfur Efnahagsbandalags Evrópu (ESB).

### Sýnidæmi 5.1

Rafmagnsofn er tengdur 230 V spennu og tekur 6,522 A.

Hve mikinn varma gefur hann af sér á klst.?

### Lausn

Orkan sem ofninn tekur frá neti er:

$$W_1 = U \cdot I \cdot t = 230 \cdot 6,522 \cdot 1 = 1500 \text{ Wh}$$

eða

$$W_1 = \frac{Wh}{1000} = 1,5 \text{ kWh}$$





Ofninn skilar öllum varmanum:

$$W_1 = W_2, W_2 = 1,5kWh$$

## Sýnidæmi 5.2

Lýsing í skólastofu tekur 1800 W afl frá neti.

Meðalnotkunartími á dag eru 8 klst. og stofan er í notkun 200 daga á ári.

- Hve mikil er árleg raforkunotkun?
- Hver er orkukostnaðurinn við lýsinguna ef hver kWh kostar 7 kr.

## Lausn

- Fyrst er að reikna heildar notkunartíma á ári í klst., þ.e. margfalda saman daga og notkunartíma á dag:

Notkunartími á ári :

$$= \text{dagar} \cdot \text{klst.} = 200 \cdot 8 = 1600 \text{ klst.}$$

Nú má setja inn í orkuformúluna:

$$W = \frac{P}{1000} \cdot h = \frac{1800}{1000} \cdot 1600 = 2880 \text{ kWh}$$

(deilum með 1000 til að fá kW)

- Kostnaður á ári verður:

$$\text{Kostn.} = \frac{W \cdot \text{kr}}{\text{kWh}} = 2880 \cdot 7 = 20,160 \text{ kr.}$$

Rafmagnshitarar eru algengir til upphitunar á vatni, en í skipum eru líka hitarar fyrir smurolúu og svartolúu. Þessir hitarar eru gjarnan byggðir með mismunandi fjölda 5kW hitalda eins og sýnt er á mynd 5.6.



Mynd 5.6 Hitaelement

Stórir vatnshitarar í t.d. verksmiðjum eða loðnu-bræðslum eru gjarnan svokallaðir rafskautakatlar. Þeir eru byggðir þannig að þriggja fasa rafskautum er komið fyrir í vatnsrými ketilsins og þegar spenna er sett á þau fer straumur milli þeirra í gegnum vatnið og raforkan breytist í varma í vatninu.

Rafskautakatlar hafa háa nýtni sem þýðir talsverðan orkusparnað í afkastamiklum hiturum.

## Rafbílar



Mynd 5.7

Núna á tímum orkuskipta og aukinnar umræðu um umhverfismál er rétt að við skoðum aðeins rafbílinn og hleðslu á honum. Í þessum hluta námsins höfum við verið að fjalla um afl og orku. Hvort tveggja kemur við sögu þegar við tölum um rafmagnsbílinn. Afl [kW] er það sem við hlöðum inn á rafhlöðu bílsins og þegar það afl er notað í ákveðinn tíma verður til orka [kWh] eða vinna. Rafhlöður rafbíla eru gefnar upp í kWh eða kílówattstundum.



Mynd 5.8

Samkvæmt vef Orkuseturs eyðir rafbíll að meðaltali 20 kWh á hverja 100 km. Þetta þýðir að ef rafbíll fer frá Akureyri til Reykjavíkur, sem eru c.a. 400 km notar hann 80 kWh á því ferðalagi. Ekki er tekið tillit til veðurs og færðar í þessu dæmi. Ef bíllinn er með 70 kWh rafhlöðu (Polestar 2 SRSM Pilot Lite), sem er í stærri kantinum, kemst hann ekki á milli á einni hleðslu. Hann þarf að stoppa einu sinni á leiðinni á hlaða a.m.k. 10 kWh inn á rafhlöðu bílsins til að komast á leiðarenda.

Ef kílóvattstundin kostar 19 krónur í heimahleðslu og hann fer af stað frá Akureyri með fulla rafhlöðu og hleður segjum 20 kWh (til að vera öruggur) í Staðarskála í hraðhleðslustöð en þar kostar kWh 65 krónur, kostar það það 2.420 krónur að fara á milli.

$70 \text{ kWh} * 19 \text{ krónur} = 1.330$

$20 \text{ kWh} * 65 \text{ krónur} = 1.300$

Samtals: 2.630 krónur.

Til samanburðar kostar líter af bensíni c.a. 305 krónur á Akureyri svo fyrir 2.420 fengjust 8-9 lítrar af bensíni. Það þýðir að bensínbíll mætti ekki eyða nema 2 lítrum á hundraði til að komast til Reykjavíkur fyrir sama verð.

Þegar við erum að hlaða rafbíl þurfum við að hugsa um hvaða afl hleðslustöðin er að gefa og hvað við erum að hlaða hann í langann tíma.

$\text{kW} * \text{tími (klst)} = \text{kWh (kílóvattstundir)}$

Flestir dýrari bílar í dag geta tekið við 11kW í AC hleðslustöð en 125-155 kW DC (Hraðhleðslustöðvar).



Ef bíllinn í dæminu hér á undan er hlaðinn í 11kW heimahleðslustöð frá 0-100% tæki það rúlega 6 ½ klukkutíma.  $70 \text{ kWh} / 11 \text{ kW} = 6,5 \text{ klst.}$

Annað sem við þurfum að hafa í huga við hleðslu á rafbílum er álagið á dreifikerfinu. Ef allir koma heim úr vinnunni kl. 18 og setja bíllinn í hleðslu og fara inn til að elda kvöldmatinn, verður óþarflega mikið álag á dreifikerfinu á þeim tímapunkti. Flestar hleðslustöðvar er hægt að stilla hvenær þær fara að hlaða. Það væri skynsamlegt að stilla þær þannig að þær fari ekki að hlaða fyrr en seint um kvöldið, það er samt nægur tími til að fullhlaða bíllinn áður en það þarf að nota hann morguninn eftir.