

## DEE-53020 TUULIVOIMAN PERUSTEET

tentti 14.5.2014

Aki Korpela

OMAN OHJELMOITAVAN LASKIMEN KÄYTTÖ SALLITTU

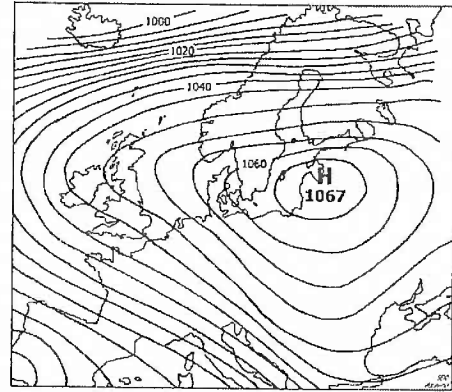
### 1. KÄSITTEITÄ

Selitä lyhyesti seuraavat käsitteet: (1 p/kohta)

- (a) geostrofinen tuuli      (b) kohtauskulma      (c) kärjen nopeussuhde  
(d) aktiivinen sakkaussäättö      (e) kapasiteettikerroin      (f) DFIG

### 2. TUULI LUONNONILMIÖNÄ

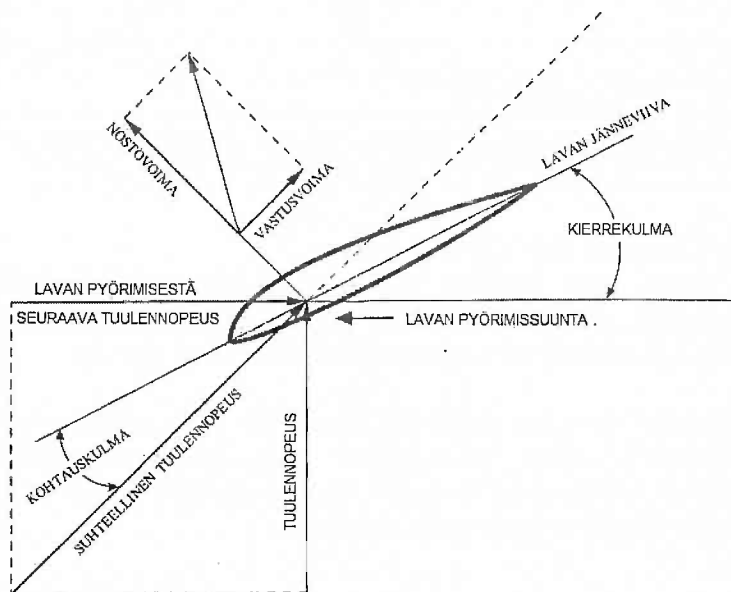
Kopioi oheinen karttakuva karkeasti vastauspaperiisi, ja hahmottele karttaan rajakerroksen yläpuolisten ilmavirtausten suuntia. Piirrä myös toinen kuva, jonka avulla havainnollistat tilanteen muuttumista rajakerrokseen siirryttäessä. Perustele vastauksesi huolellisesti. (6 p)



### 3. LAPASUUNNITTELUN PERUSTEET

Tarkastellaan oheista kuvaa tuulivoimalan lavan poikkileikkauksesta. Kun olet vastannut kohtiin (a)-(c), paperistasi pitäisi löytyä kaikki kuvassa esiintyvät termit.

- (a) Mitä kohtauskulma tarkoittaa, ja mitkä tekijät siihen vaikuttavat? (2 p)  
(b) Selitä kuvan vasemmasta yläreunasta löytyvien voimavektorien käyttäytyminen kohtauskulman kasvaessa. (2 p)  
(c) Miksi lavassa on oltava kierrettä pituusakselin suhteen? Entä miten lavan kierrekulma on suunniteltava, jos tuulivoimalan tehoa rajoitetaan nimellistuulennopeuden yläpuolella aktiivisen sakkaussäädön avulla? (2 p)

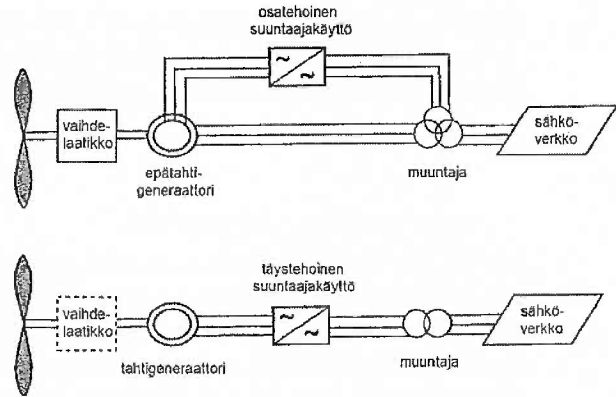


KÄÄNNÄ!

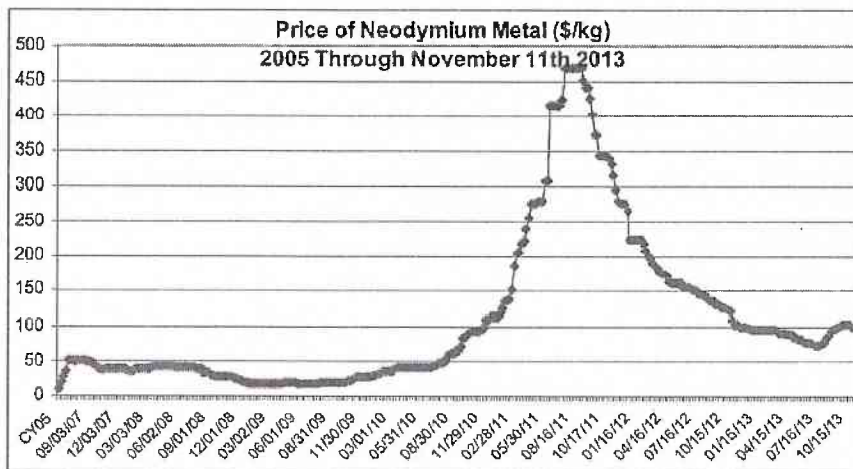
#### 4. GENERAATTORIT JA TUULIVOIMALAKONSEPTIT

- (a) Miksi vakionopeuksinen tuulivoimala on luontevaa toteuttaa epätahtigeneraattorin avulla? Tässä lyhyessä vastauksessa ei tarvitse ottaa lainkaan kantaa lapasuunnitteluun, vaan selitä vakionopeuksisuus pelkästään generaattorin ominaisuuksilla.

- (b) Oheinen kuva esittää yksinkertaistetut periaatteet osittain muuttuvanopeuksisen ja täysin muuttuvanopeuksisen tuulivoimalakonseptin toteuttamiseksi. Perustelee lyhyesti, mistä eroavaisuus näiden konseptien välillä johtuu. Kerro myös, miksi alemman konseptin vaihte-laatikko on ympäröity katkoviivalla.



- (c) Alla oleva kuva esittää kestopagneettien valmistuksessa käytettävän neodyymin hintakehitystä vuosina 2007-2013. Tällä hintakehityksellä on ollut merkittävä vaikutuksensa siihen, että DFIG on tällä hetkellä yleisin tuulivoimageneraattori. Perustelee tämä.



#### 5. ENERGIANTUOTANNON ARVIOINTIA

Kurssin excursio tehtiin tänä keväänä Honkajoelle, johon Taaleritehdas Oy on rakennuttanut 21.6 MW:n tuulipuiston. Puisto koostuu yhdeksästä Nordexin DFIG-tyyppisestä turbiinista, yksittäisen voimalan nimellistehon ollessa 2.4 MW.

Jos sinulla on hallussasi Nordexin turbiinien tehokäyrät sekä mittauksiin perustuvat tuulennopeuden weibull-jakaumat voimaloiden napakorkeuksilta, miten pystyt karkeahkosti arvioimaan tuulipuiston vuotuista energiantuotantoa. Kerro myös, miten saat laskettua huipunkäyttöajan ja kapasiteettikertoimen.