

## Rajakerroksen fysiikka I

Harjoitus 2 (palautus ma 15.9.2008 klo 14, laskaritilaisuus ke 17.9.2008 klo 12:15 E205)

### Tehtävä 1

a) Turbulenttinen lämmönvuon pienenee lineaarisesti korkeuden funktiona yhtälön  $\overline{w'\theta'} = a - bz$  mukaisesti. Yhtälön vakioilla on arvot  $a=0.25\text{Kms}^{-1}$  ja  $b = 1.8 \cdot 10^{-4}\text{Ks}^{-1}$ . Millainen potentiaalilämpötilan profiili on tuntia myöhemmin, jos profiili on alussa haluamasi muotoinen (siis valitse muoto)? Toisin sanoen: paljonko ilmakehä lämpeni eri korkeuksilla? Tilanne on horisontaalisesti homogeeninen ja latentti lämmitys, subsidenssi ja säteilylämmitys ovat mitättömän pieniä.

b) Alla on havaittuja tuulen komponenttien variansseja eri paikoissa eri aikoina. Missä, milloin ja minkä muuttujien perusteella turbulenssi on stationääristä, homogeenista tai isotrooppista?

Missä:	Mittauspaikka A		Mittauspaikka B	
Milloin (klo):	10:00	11:00	10:00	11:00
$\overline{u'^2}$	0.50	0.50	0.70	0.50
$\overline{v'^2}$	0.25	0.50	0.25	0.25
$\overline{w'^2}$	0.70	0.50	0.70	0.25

### Tehtävä 2

a) Köyhillä tutkijoilla ei ollut varaa kalliisiin mittalaitteisiin, joten he mittasivat potentiaalilämpötilan profiilin eddy kovarianssi mittausten asemesta. Potentiaalilämpötilan profiiliksi saatiin

$$\theta = \theta_0 - a \ln\left(\frac{z}{z_0}\right),$$

missä  $\theta_0=300\text{K}$  korkeudella  $z = z_0=1\text{mm}$  ja  $a=5\text{K}$ . Oleta, että  $K_h = kzu_*$ ,  $u_*=0.1\text{ms}^{-1}$  ja  $k=0.4$ . Laske lämmönvuon funktiona. Mitä teoriaa käytit laskemiseen ja mitä kyseisessä teoriassa oletetaan?

b) Eräessä maapallon toisessa kolkassa rikkaammilla tutkijoilla oli varaa kalliisiin mittalaitteisiin ja he mittasivat virtuaalilämpötilan ja tuulen kolme komponenttia 10 kertaa sekunnissa puolen tunnin ajan. Mittaustulokset ovat kurssin kotisivuilla tiedostossa eddydata.dat. Ensimmäinen sarake on x-suuntaisen tuulen nopeus (m/s), toinen pystytuulen nopeus (m/s) ja kolmas lämpötila ( $^{\circ}\text{C}$ ). Laske lämmön ja liikemäärän vuot. X-akseli on asetettu keskimääräisen tuulen suuntaiseksi.

### Tehtävä 3

Seuraavat arvot havaittiin 1000m paksussa kerroksessa 300 metrin korkeudella:

$$\begin{aligned}\frac{\partial \bar{u}}{\partial z} &= 0.01 s^{-1} \\ \bar{\theta} &= 25^\circ C \\ \overline{w'\theta'} &= 0.15 K m/s \\ \overline{u'w'} &= -0.03 m^2 s^{-2}\end{aligned}$$

a) Jos paineen ja turbulenssin aiheuttama kuljetus on pientä, mikä on dissipaationopeus, joka vaaditaan ylläpitämään stationääristä tilannetta korkeudella  $z=300m$ ? X-akseli on valitsevan tuulen suuntainen.

b) Laske vuo Richardsonin luku. Esiintyykö turbulenssia? Miksi/miksi ei?

### Tehtävä 4

Oleta, että maaston epähomogeenisuuden vuoksi horisontaalinen tuuli 25 metrin korkeudella kasvaa 1 kilometrin matkalla arvosta 5m/s arvoon 8m/s. Kerrostuneisuus on neutraali ja logaritmisen tuuliprofiilin oletetaan pätevän (horisontaalisesta heterogeenisuudesta huolimatta). Pystytuuli on pinnalla nolla ( $w(z=0)=0$ ) ja se kasvaa lineaarisesti korkeuden funktiona. Laske horisontaalisen tuulen kiihtyvyys korkeudella 25m kohdassa  $x=500m$  olettaen, että  $\bar{v}=0$  kaikkialla ja  $z_0=5cm$ .

(Vinkki:  $\frac{D\bar{u}}{Dt} = \bar{u}\frac{\partial \bar{u}}{\partial x} + \bar{w}\frac{\partial \bar{u}}{\partial z}$ .)