

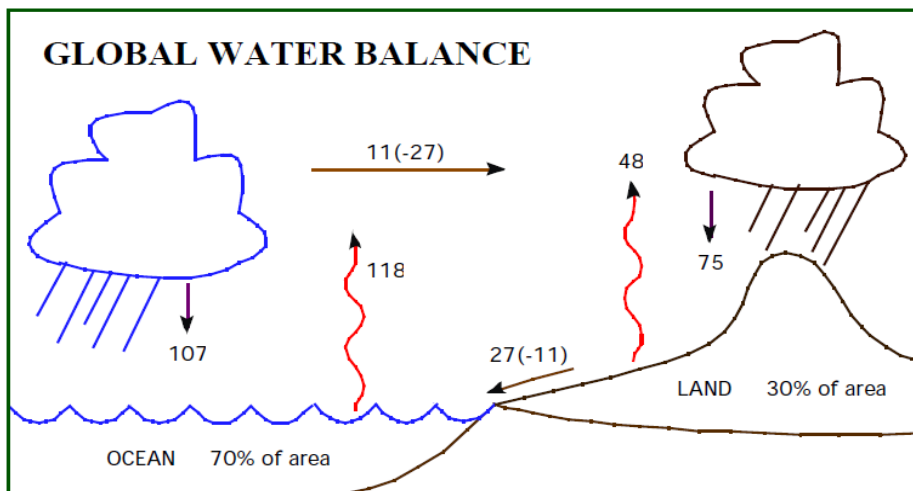
UNIVERSITETET I OSLO

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

Eksamen i:	GEF 1100 Klimasystemet
Eksamensdag:	Onsdag 5. desember 2012
Tid for eksamen:	9:00 – 13:00
Oppgavesettet er på 4 sider	
Tillatte hjelpemidler:	Kalkulator

Kontroller at oppgavesettet er komplett før du begynner å besvare spørsmålene.

Oppgave 1



- Sett opp likningene for vannbalansen i atmosfæren og på jordoverflaten og relater leddene i likningene til fluksene i figuren ovenfor.
- Forklar sammenhengen mellom fluks av vann ved fordamping med fluks av latent varme.
- Hvilken rolle spiller vegetasjon for fluksen av vann fra jordoverflaten til atmosfæren?
- Hvordan definerer vi Bowen-forholdet (Bowen ratio)? Hvilke faktorer kan bidra til at dette forholdet forandrer seg i klimaforandringene i vårt århundre?

Oppgave 2

- a) Angi temperaturfordelingen med dypet i de store verdenshavene (lag en skisse og sett navn på de forskjellige temperaturregimene).
- b) Hva er en haloklin og i hvilke geografiske områder kan vi finne den?
- c) Forklar hvorfor vi har et velblandet lag (mixed layer) øverst i havet.
- d) Det går en overflatestrøm fra Atlanterhavet gjennom Gibraltarstredet inn i Middelhavet. Kan du forklare hvorfor?

Oppgave 3

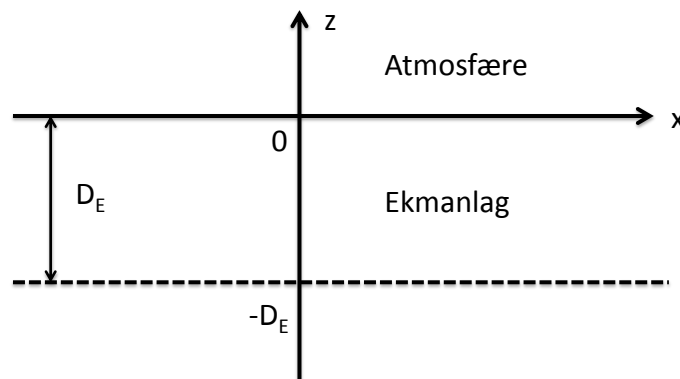
- a) For bevegelse i havet med hastighetskomponenter (u, v, w) kan vi skrive kontinuitetsligningen

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0.$$

(1)

Hva uttrykker denne ligningen fysisk?

- b) Vi har et hav med horisontal overflate ($z = 0$) som ikke endrer seg i tiden. De horisontale aksene er x og y (inn i papiret); se figuren under. Det blåser en vind som ikke endrer seg i tiden langs havoverflaten, og Ekmanlaget har konstant dyp D_E (her har vi definert $D_E = \pi z_E$, der z_E er brukt i pensumboken).



Vi definerer Ekmantransportene (U_E, V_E) i Ekmanlaget som

$$U_E = \int_{-D_E}^0 u_E dz, \quad V_E = \int_{-D_E}^0 v_E dz. \quad (2)$$

Integrer (1) fra $z = -D_E$ til $z = 0$ og vis at den vertikale hastigheten w_E ved bunnen av Ekmanlaget kan skrives

$$w_E = \frac{\partial U_E}{\partial x} + \frac{\partial V_E}{\partial y}$$

(3)

c) Fra Ekman-teori har vi at

$$U_E = \frac{\tau_y}{\rho f}, \quad (4)$$

$$V_E = -\frac{\tau_x}{\rho f}.$$

Definer symbolene på høyresiden av (4), og sett opp et uttrykk for D_E .

d) Utled (4) ved å integrere Navier-Stokes ligning fra $z = -D_E$ til $z = 0$. Du kan bruke Navier-Stokes på formen: $-fv_E = Ad^2u_E/dz^2$, $fu_E = Ad^2v_E/dz^2$, der A er eddy-viskositeten fra kompendiet. Ved $z = 0$ er $Adu_E/dz = \tau_x/\rho$ og $Adv_E/dz = \tau_y/\rho$.

e) Anta at

$$\tau_x = 0, \quad (5)$$

$$\tau_y = \tau_0 \frac{e^{x/L} - e^{-x/L}}{e^{x/L} + e^{-x/L}} \equiv \tau_0 \tanh(x/L),$$

der τ_0 og L er positive konstanter. Uttrykk w_E ved hjelp av (5) (du kan trenge å bruke at

$$\frac{d(\tanh x)}{dx} = \frac{1}{\cosh^2 x}).$$

f) Vil du vente at w_E er symmetrisk eller antisymmetrisk omkring $x = 0$? (Forklar).

g) Hva er navnet på den prosessen som gir w_E ?

h) Dersom vindspenningen ikke bare var langs y -aksen, men dreide mot urviseren i en sirkel som i en tropisk syklon, hvordan ville du kunne observere syklonens sentrum ved hjelp av SST (sea surface temperature) fra satellittmålinger? (kombiner med oppgave 2a når du tenker deg at mixed layer og Ekmandyp er sammenfallende).

Oppgave 4

- a) I atmosfærens grenselag kan flukser av følbar og latent varme uttrykkes som

$$SH = c_p \rho \overline{w'T'} \quad (6)$$

$$LH = L \rho \overline{w'q'} \quad (7)$$

Forklar symboler og parametere i disse likningene.

- b) Ta utgangspunkt i w og T og forklar hvordan man kommer fram til eddy-leddet i likning (6).
- c) Normalt vil eddy-transport være ledsaget av middel-transport. Hvorfor ser vi bort fra middel-transport i dette tilfellet?
- d) Meridional transport av varme i atmosfæren kan beskrives ved likningen

$$[\overline{vT}] = [\bar{v}][\bar{T}] + [\bar{v}'\bar{T}^*] + [\overline{v'T'}] \quad (8)$$

Forklar symboler, parametere og ledd i denne likningen.

- e) Skisser hvordan den meridionale varmetransporten fordeles på de ulike leddene i (8) og forklar hvordan denne fordelingen varierer med breddegrad på nordlige halvkule.
- f) Hvilke fysiske fenomener i atmosfæren kan forklare fordelingen i ulike breddegradssoner?