

GEF1100 - Løsningsforslag til oppgaver fra kapittel 8

i.h.h.karset@geo.uio.no

Oppgave 1

- a) Basert på Figur 5.5 i boka (Figur 1 i dette dokumentet), hvorfor trenger vi en meridional sirkulasjon?

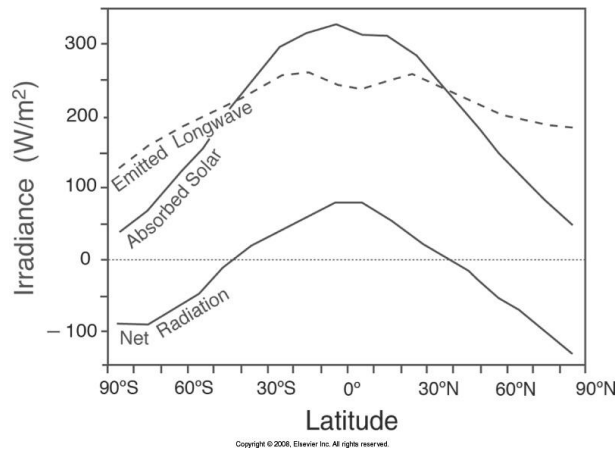
Svar: Basert på strålingsbudsjettene ved de ulike breddegradene, ser vi at vi går i overskudd i tropene og i underskudd nord/sør for ca 45° . Hvis vi ikke hadde hatt meridional transport av energi, ville tropene ha blitt varmere og varmere, mens høyere bredder hadde blitt kaldere og kaldere. Dette er ikke tilfelle. Dersom denne energitransporten skjer gjennom transport av varmere luft- eller vannmasser fra lavere bredder og nord/sørover, ville vi ha fått opphopning av masse ved høyere bredder. Vi trenger altså en massetransport tilbake igjen også. Følgelig får vi en sirkulasjon.

- b) Fra kapittel 5 har vi at vinden ved bakken i tropene er østlig (easterlies, fra øst mot vest, østavind), mens den i subtropene og stort sett ellers ved høyere bredder er vestlig (westerlies, fra vest mot øst, vestavind). Bruk dette til å forklare i hvilke av disse områdene vil ha kilde og sluk av angulærmoment i atmosfæren. Hvordan må derfor transporten av angulærmoment være for at vi skal ha at det er bevart?

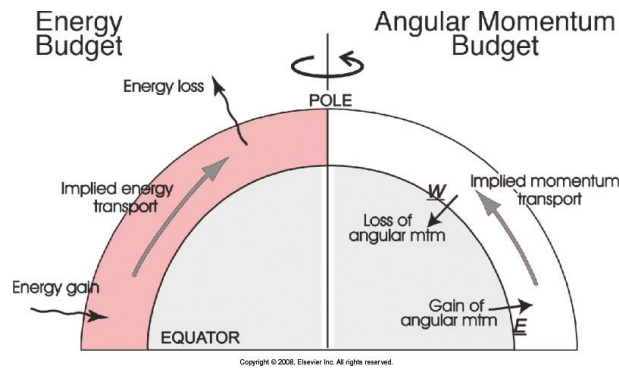
Svar: Jorda og atmosfæren spinner rundt jordens akse (mot klokka sett overinfra over nordpolen). I områder hvor vi har østavind roterer atmosfæren saktere enn jorda, mens den i områder ved vestavind roterer raskere enn jorda. Bakken vil hele tiden utøve en friksjonskraft i motsatt retning av vinden. Når det er snakk om østlig vind (som ved tropene), vil friksjonskraften virke vestlig. Da angulærmomentet er positivt vestlig, vil dette bidra til økt angulærmoment. Vi får det motsatte for vestlig vind (som ved høyere bredder). Dette er illustrert i Figur 8.1 i boka (Figur 2 i dette dokumentet). Her ser vi også at bevaring av angulærmoment krever transport fra tropene og opp mot høyere bredder.

- c) Hva har den subtropiske jetstrømmen med angulærmoment å gjøre?

Svar: Når en luftpakke beveger seg fra ekvator og mot polene, minker avstanden til jordens rotasjonsakse. Angulærmomentet er en funksjon av avstanden til jordens akse, massen til luftpakken og den sonale hastigheten. Jo lengre avstand til jordens



Figur 1: Figur 5.5 fra boka.



Figur 2: Figur 8.1 fra boka.

akse, eller jo større masse, eller jo sterkere vestavind, jo større blir angulærmoment. Hvis angulærmomentet skal bevares, må enten massen eller den sonale vindhastigheten øke. Massen er bevart, så da må hstigheten øke. Dermed får vi sterkere hastighet fra vest mot øst. Dette resulterer i en sterk subtropisk jetstrøm. Analog: ballettdanser som trekker armene inntil seg.

Oppgave 2

- a) Hadley foreslo at den meridionale sirkulasjonen i atmosfæren er aksesymmetrisk. Hva innebærer dette, og hvor langt strekker egentlig Hadleycellen seg? Forklar forskjellene.

Svar: En aksesymmetrisk meridional sirkulasjon betyr at sirkulasjonen er uavhengig av hvilken breddegrad man er ved. Hadley foreslo at varm luft stiger ved tropene, transporteres nordover i høyden, helt fram til polene hvor de nedkjøles og synker, før

de transporteres tilbake til tropene igjen ved bakken (Altså: uansett breddegrad vil man ha transport mot polene i høyden og transport mot ekvator ved bakken). Hadleycellen man observerer i atmosfæren strekker seg bare til rundt 30° . Dette skyldes at jorda ikke er i ro, men roterer. Følgelig vil luftmasser som transportes nordover på nordlig halvkule avbøye sin bevegelsesbane mot høyre (eastward, westerlies, fra vest mot øst) på grunn av Coriolis. Denne kraften blir sterkere jo lengre nord man kommer (husk at f øker med ϕ), og ved ca 30° ser man at bevegelsene er rett øst. Her har vi veldig sterke westerlies (subtropical jet). For ikke å få opphopning av luftmasse, synker lufta her, og Hadleycellen stopper ved ca 30° .

- b) Hvilke andre celler enn Hadleycellen består den meridionale sirkulasjonen i atmosfæren av, og hvor er disse?

Svar: Ferellcellen og polarcellen. Ferellcellen har oppstigende luft ved midlere breddegrader og nedsynkende luft i subtropene. Polarcellen har oppstigende luft ved midlere breddegrader og nedsynkende luft ved polene.

- c) Hva menes med *thermally direct* og *thermally indirect* cell? Hvilke av sirkulasjonscellene i atmosfæren er hva?

Svar: Hvis en sirkulasjonscelle er *thermally direct*, betyr det at vi har oppstigende luft der det er varmt og nedsynkende luft der hvor det er kaldt. Dette er tilfelle for Hadleycellen og polarcellen. Vi ser det motsatte for Ferellcellen (her synker jo lufta i de varme subtropene og stiger ved kalde, midlere bredder).

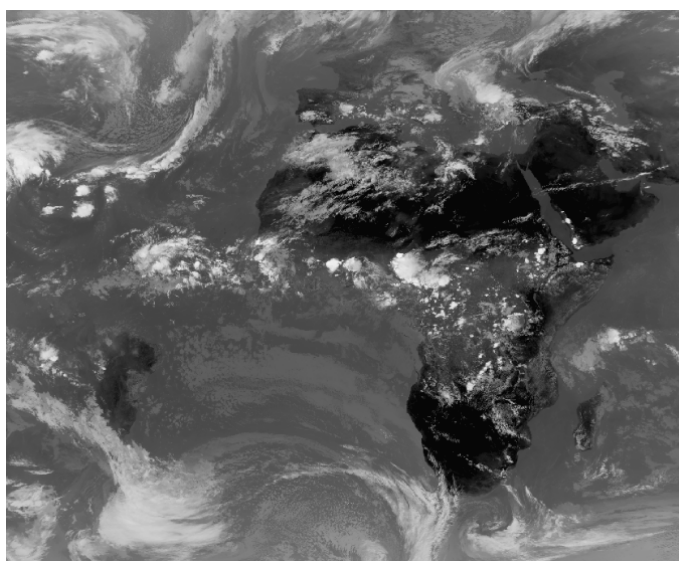
Oppgave 3

- a) Vi har en Hadleycelle på hver halvkule. Hva kalles området hvor de møtes? Fortell litt om hva som skjer her.

Svar: Her finner vi ITCZ (InterTropical Convergence Zone). Området ved bakken over ekvator er dominert av lavtrykk. Luft strømmer inn mot ekvator fra subtropene langs bakken og konvergerer. Vi får oppstigende luft. Når denne lufta mettes på vei oppover i atmosfæren får vi skydannelse. Dypkonveksjonen i dette området er veldig sterk, og området er preget av mye og høye konvektive skyer.

- b) Hvordan varierer den meridionale posisjonen til ITCZ (både i tid og med lengdegrad)?

Svar: ITCZ er posisjonert der hvor vi har mye innstråling og sterk konveksjon. Dette vil si at den forflytter seg nordover når det er sommer på nordlig halvkule, og sørover når det er sommer på sørlig halvkule. Vi har også variasjoner med lengdegradene. Eksempler på dette er områder rundt India og ellers i Asia. Den indiske/asiatiske



Figur 3: Infrarødt satellittbilde fra METEOSAT.

monsoonen er slik at man om sommeren har sterk konveksjon over land, mens man om vinteren har reversert sirkulasjon mellom vann og land, og følgelig vil området med konveksjon forflyttes sørover. Se Figurer fra lysbildene fra forelesningene. I snitt ligger ITCZ litt nord for ekvator. Årsaken til dette er at vi har mer land på nordlig halvkule enn på sørlig. Land varmes raskere opp enn hav, og vi får sterkere konveksjon.

- c) Figur 3 viser et infrarødt satellittbilde fra METEOSAT 28. september 2015 kl. 12.00. Hvor er ITCZ, og hvordan kan vi identifisere ITCZ fra et slikt bilde?

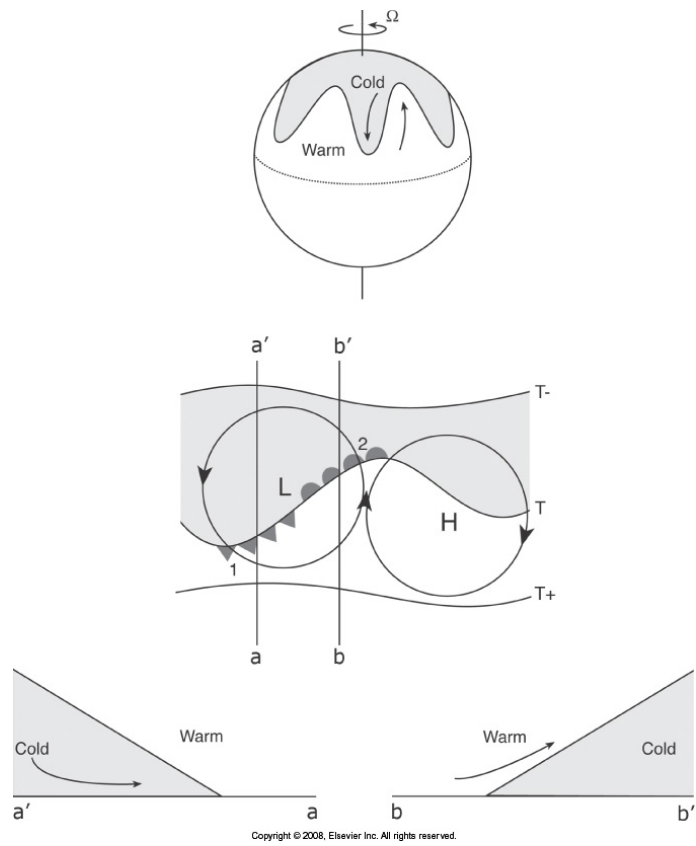
Svar: Vi ser dype, konvektive skyer med lav emissivitetstemperatur i et belte over midten av Afrika og Atlanterhavet.

Oppgave 4

- a) Hva er eddier, og ved hvilke breddegrader finner vi mye eddier i atmosfæren?

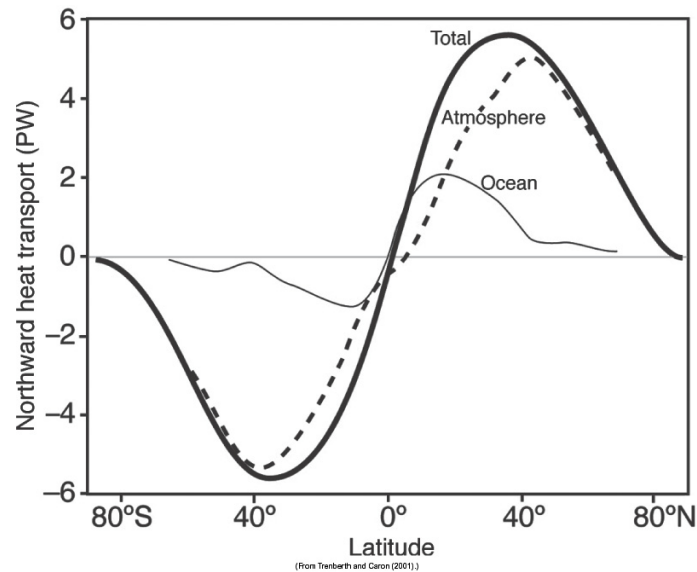
Svar: Eddier er virulente bevegelser. Langs en breddegrad ved midlere bredder ser vi at det varierer mellom å være høytrykk og lavtrykk. Lufta går med klokka rundt høytrykkene og mot klokka rundt lavtrykkene, og vil se ut som virvler. Disse skyldes baroklinisk instabilitet som man får pga jordens rotasjon. Dette skal dere lære mer om senere.

- b) Bruk Figur 8.8 fra boka (Figur 4 i dette dokumentet) til å forklare hvordan vi får Ferrellcellen til å ha oppstigende luft ved midlere bredder og nedsynkende luft ved



Copyright © 2008, Elsevier Inc. All rights reserved.

Figur 4: Figur 8.8 fra boka.



Figur 5: Figur 8.13 fra boka.

subtropene.

Svar: Se på den midterste figuren. Der hvor luftmassene rundt høytrykket og lavtrykket møtes (ved punkt 2) får vi netto transport av varm lufta fra sør, mot nord. Den varme lufta vil løftes opp over den kalde lufta i nord (se den nederste figuren til høyre), og vi har det vi kaller en varm front. Der hvor luftmassene rundt høytrykket (som er til venstre for figuren, ser ikke dette her nå) og lavtrykket møtes (ved punkt 1) får vi netto transport av kald lufta fra nord, mot sør. Siden den kalde lufta er tyngre enn den varme, vil den borre seg inn under den varme lufta og løfte den oppover, og vi har det vi kaller en kald front. I begge tilfellene får vi oppstigende luft ved midlere breddegrader. Høyere oppe i atmosfæren vil lufta divergere og transporteres mot polen og mot ekvator. Transporten mot ekvator vil stoppe ved subtropene og møte den polgående greinen fra Hadleycellen, konvergere og synke ned, før den transporteres nordover igjen langs bakken for massebevaringens skyld.

Oppgave 5

Hvordan er fordelingen mellom hav og atmosfære som medium for varmetransport ved de ulike breddegradene?

Answer: Se Figur 8.13 i boka (Figur 5 i dette dokumentet). Transporten i atmosfæren ved midlere breddegrader (pga eddier) dominerer over transporten i havet. I tropene dominerer transporten i havet.