

Examensarbete INES nr 253

Torkan i Australien 2002-2010

Analys av möjliga orsaker och effekter

Rebecka Nilsson

2012

Institutionen för Naturgeografi och Ekosystemanalys

Lunds Universitet

Sölvegatan 12

223 62 Lund



Torkan i Australien 2002 – 2010

Analys av möjliga orsaker och effekter

Rebecka Nilsson 2012

Kandidatuppsats i naturgeografi och ekosystemanalys

Handledare: Harry Lankreijer

Institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet

Förord

Detta är en kandidatuppsats (NGEK01) med en omfattning på 15hp inom ämnet naturgeografi och ekosystemanalys. Uppsatsen är främst en litteraturstudie som behandlar ämnet Australiens torra mellan åren 2002-2010.

Jag vill tacka min handledare Harry Lankreijer som har gett mig konstruktiv kritik och hjälpt mig framåt under arbetets gång. Jag vill även tacka mina föräldrar som har hjälpt mig med korrekturläsning.

Sammanfattning

Australien har under det senaste årtiondet varit drabbat av en långvarig torka. Från 2001 fram till 2010 har bara ett år (2007) fått mer nederbörd än års medelvärdet för referensperioden 1961-1990. Australien drabbas regelbundet av torka men inte av denna magnitud. Det har medfört allvarliga konsekvenser för såväl landets befolkning, ekonomi som den naturliga miljön. Orsakerna till denna långvariga torka är många och forskarna är oense om vilken klimatfaktor som spelar störst roll. Vissa anser att Indian Ocean Dipole (IOD) är den viktigaste medan andra säger El Niño and the Southern Oscillation (ENSO) och vissa anser att klimatförändringen är den klimatfaktor som är orsak till torkan. Men även andra faktorer spelar en roll när det gäller nederbörden i Australien, till exempel Southern Annual Mode (SAM) och Inter-decadal Pacific Oscillation (IPO). Slutsatsen av denna uppsats är att det är en samverkan mellan de olika faktorerna som har orsakat denna långvariga torka samt att klimatförändringen och därmed temperaturökningen har lett till att torkan 2002-2012 har blivit mer intensiv tidigare torkor. Effekter som denna senaste intensiva torka har medfört på miljön och befolkningen i Australien är allvarliga. Vattendrag och vattensamlingar har minskat i yta och volym vilket har lett till minskat habitat för djur och växter. En ökad konkurrens, mer predation och mer spridning av sjukdomar och parasiter har observerats. I vissa fall har hela vattensamlingar torkat ut vilket har lett till att hela populationer av djur och växter har dött. Det är främst de akvatiska ekosystem som har blivit påverkade. Även människorna har blivit drabbade av torkan, framförallt jordbrukarna och befolkningen på landsbygden. Genom sämre skördar och ekonomiska problem har jordbrukare blivit isolerade vilket har lett till fler fall av depression på landsbygden.

Nyckelord: Geografi, Naturgeografi, Australien, torka, IOD, ENSO, effekter

Abstract

Australia has during the last decade been hit by a severe drought. There has only been one year with precipitation above average since 2001 and that was 2007. Australia is used to droughts but not of this magnitude. This drought has had grave consequences for the economy, the population as well as the natural environment. The underlying reasons for this drought are several and the scientists disagree what climatological factors are most important. Some say that Indian Ocean Dipole (IOD) is most important while others say El Niño and the Southern Oscillation (ENSO) matter most. And furthermore some believe that climate change is most important. These are the factors that are investigated in this report, but there are also other factors that may play a part, such as Southern Annual Mode (SAM) and Interdecadal Pacific Oscillation (IPO). The conclusion of this study is that there are many factors that have contributed to this long drought and that climate change has intensified it since there has been higher temperatures during this drought than previous droughts. The effects of this drought on both nature and population have been severe. Water bodies and streams have decreased in both volume and area which results in decreasing habitat for aquatic animals and plants. Observations of increased competition, more predation and a easier spreading of diseases and parasites has been made. In some cases entire water bodies have dried out which have resulted in the death of entire populations of animals and plants. Even people have experienced negative effects of the drought. It is above all the farmers that feel the impact from the drought since the drought results in low yields and economical difficulties.

Keyword: Geography, Physical Geography, Australia, drought, ENSO, IOD, effects

Innehållsförteckning

Förord	5
Sammanfattning	7
Abstract	9
1. Inledning	13
2. Metod	15
3. Effekter	17
4. Orsaker	19
4.1 El Niño and the Southern Oscillation – ENSO.....	19
4.2 Indian Ocean Dipole – IOD	21
4.3 Klimatförändring.....	23
4.4 Andra faktorer	25
5. Diskussion	26
5.1 Orsaker	26
4.2 Effekter	27
4.3 Vidare studier.....	27
6. Slutsats	28
7. Referenser	29

1. Inledning

Australien har sedan 2002 fram till 2010 varit drabbat av en långvarig och intensiv torka. Enligt Australiens egen definition är torka en långvarig torr period då vattentillgångarna inte täcker användarnas normala behov (BoM, 2011a). Torra perioder är vanliga i Australien och brukar inte medföra några problem eftersom de efterföljs av perioder med mycket nederbörd. När en torka pågår under väldigt lång tid får det stora konsekvenser för både Australiens befolkning och ekonomi. Även de naturliga ekosystemen drabbas under långvariga torkor eftersom bränder blir vanligare och svårare att stoppa. Naturliga vattenreservoarer torkar ut vilket bidrar till att växter och djur får svårigheter att överleva (Murphy och Timbal, 2008).

Fokus i uppsatsen ligger på sydöstra Australien eftersom en stor del av landets befolkning och jordbruk är koncentrerat där (Murphy och Timbal, 2008). De stater som är inräknade i sydöstra Australien är Queensland, New South Wales och Victoria (figur 1).



Figur 1. Karta över Australien (Torskolan, 2011)

Australiens största avrinningsområde Murray-Darling är lokaliserat i sydöst. Avrinningsområdet Murray-Darling har också drabbats av torkan; år 2007 återstod 23 % av den totala vattenvolymen i floden Murray. Detta är problematiskt eftersom det är från vattendrag och vattensamlingar i avrinningsområdet Murray-Darling som många jordbrukare hämtar sitt vatten till konstbevattningen och boskap (Lablanc et al., 2009). Inflödet har också minskat markant, långtidsinflödet för floderna Murray och Darling var innan 1950 $12,3 \cdot 10^{10}$ m³ per år, men medelvärdet för inflödet var under 2000-2007 $4,15 \cdot 10^9$ m³ per år och under åren 2006-2007 var inflödet $7,7 \cdot 10^8$ m³ per år (Cai och Cowan, 2008).

Att undersöka effekterna av torkan är också viktigt eftersom det förväntas fler torkor de närmsta 20 till 30 åren jämfört med de senaste 100 åren (Daff, 2011). Temperaturen förväntas öka med ca 1 °C de närmsta 20 till 30 åren. Även en minskning av nederbörd mellan 3-5 % förväntas från 1990-2030 samt en ökning av den potentiella evaporationen med 2-4 % förväntas under samma tidsperiod (Hennessy et al., 2008).

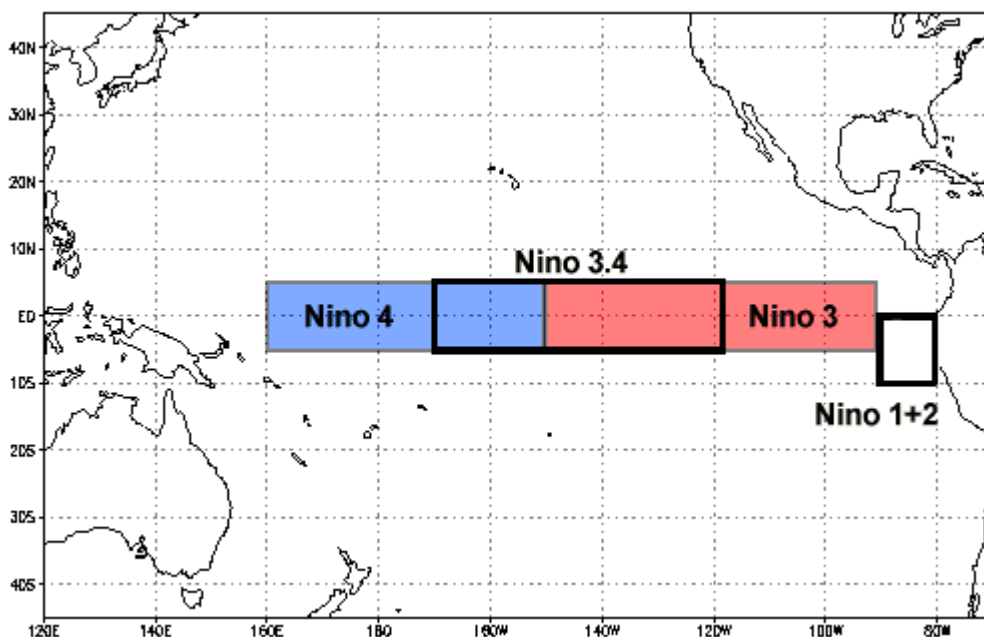
Syftet med denna uppsats är att undersöka vilka orsaker som ligger bakom den långvariga torka som varade mellan 2002-2010 och jämföra om det finns några skillnader i orsakerna mellan denna torka och den som var mellan åren 1994-1995. Även undersöka vilka effekter den senaste torkan har haft på miljön och befolkningen. Frågeställningarna blir som följer:

1. Vilka klimatologiska faktorer ligger bakom den långvariga torkan 2002-2010?
2. Är det någon skillnad från orsakerna som skapade torkan 1994-1995?
3. Vilka effekter har torkan haft på miljön och befolkningen?

2. Metod

Detta har främst varit en litteraturstudie men en del data har bearbetats i analysen. Nederbördsdata samt temperaturdata är hämtade från Australiens motsvarighet till Sveriges Meteorologiska Institut, Bureau of Meteorology (BoM) (BoM, 2011c). Nederbörden plottades som staplar med 1961-1990 medelvärde som en linje för att kunna jämföra om det var mycket eller lite nederbörd. Temperaturen plottades som en linje med en separat linje för medelvärdet 1961-1990. Regressionstest för temperaturen utfördes. Vidare har två plottar gjorts för att visualisera nederbörden under vintermånaderna (juni, juli och augusti) respektive under vår (september, oktober och november) och sommar (december, januari och februari). Detta för att kunna jämföra med de två olika index som använts, Indian Ocean Dipole (IOD) respektive El Niño and the Southern Oscillation (ENSO). Eftersom sommarmånaderna sträcker sig över två år räknades nederbörden under januari och februari samman med nederbörden för vår och sommar föregående år. 1950 års nederbörd avlägsnades eftersom den var betydligt högre (1060 mm) än resterande år och gjorde därav visualiseringen svår. För samtliga diagram med temperatur och nederbörd gjordes även en linje som utmärker löpande medelvärde över 5 år.

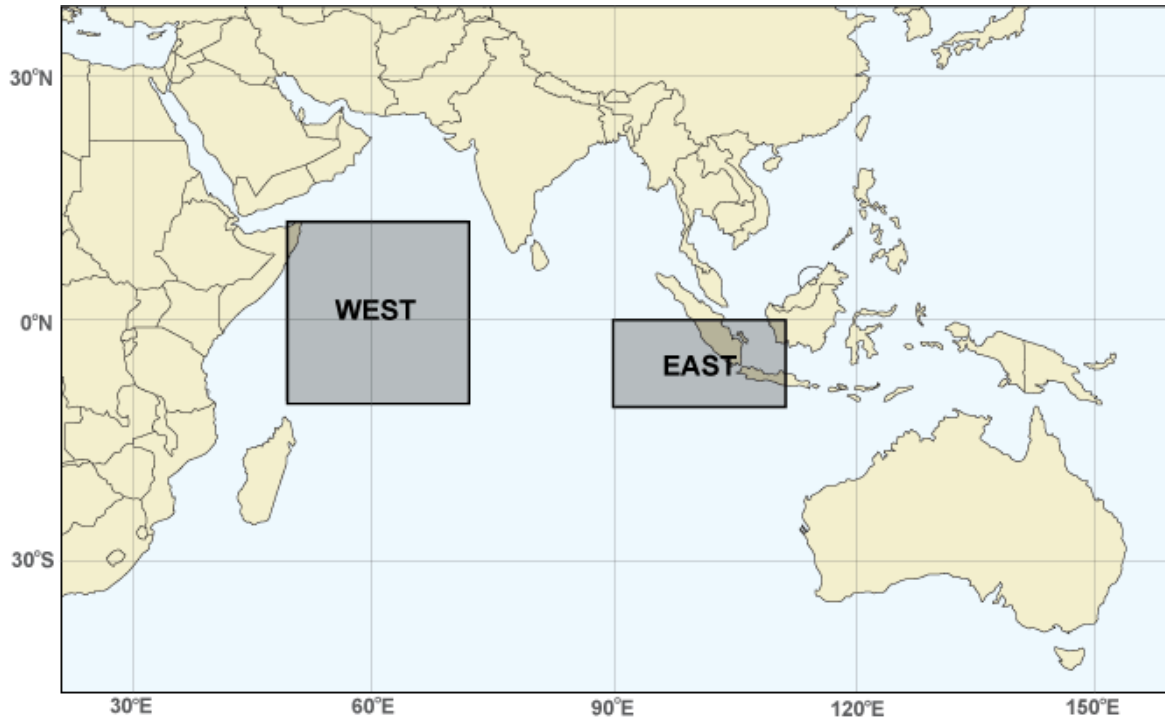
Data för de två undersökta klimatfaktorerna hämtades. Till ENSO har användes Nino 3.4 index. Värdet för detta hämtades från National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). När index Nino 3.4 uträknas mäts temperaturskillnaden vid havsytan för två områden i Stilla Havet (figur 2)



Figur 2 vid uträkning av index Nino 3.4 mäts temperaturskillnaden vid havsytan inom det område som är märkt med Nino 3.4 i ovanstående illustration (NOAA, 2011b)

Temperaturskillnaderna bearbetas för att avgöra då det är ett El Niño eller La Niña tillfälle (förklaring på El Niño och La Niña kommer senare). Ett El Niño event uppstår då ett 5 månaders medelvärde överstiger + 0,4 °C i minst 6 månader och ett La Niña event då 5 månaders medelvärde understiger - 0,4 °C i minst 6 månader (Weatherzone, 2011).

Till diagrammet för IOD hämtades värden för indexet, Dipole Mode Index (DMI) från Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (JAMSTEC, 2011). För att beräkna DMI mäts skillnaden i havsyttetemperatur för två områden i indiska Oceanen (figur 3). Vid beräkningen subtraherar man temperaturen i öst med temperaturen i väst. Positiva avvikelser visar på ett positivt IOD händelse och negativa avvikelser ett negativt IOD händelse.



Figur 3 Mätområde för beräkning av DMI (BoM, 2011b)

3. Effekter

Torkan i Australien har påverkat vattendrag och vattensamlingar i den sydöstra delen av landet. Vid en torka minskar vattenståndet i så väl stillastående vatten som i vattendrag (Bond et al., 2008). När vattenståndet minskar får det stora effekter på den akvatiska floran och faunan och det påverkar även produktiviteten i akvatiska ekosystem (Morrongiello et al., 2011). Minskade vattenflöde leder till att habitaterna krymper vilket leder till större konkurrens, mer predation och lättare överföring av sjukdomar och parasiter mellan individerna vilket resulterar i en minskning av biodiversiteten (Morrongiello et al., 2011; Leblanc et al., 2009). Minskade mängder vatten leder även till snabbare uppvärmning av vattensamlingar och vattendrag vilket också påverkar djur och växter (Bond et al., 2008). Risken för algbloomning blir större och det är främst giftalger. Om mängden giftalger ökar blir fiskar och andra akvatiska djur påverkade. Giftalgerna utgör även en fara för boskap då vattensamlingarna används som vattenhål. Vidare försämras vattenkvaliteten och saliniteten ökar. I vattendragen drabbas bland annat musslor hårt då vattenflödena minskar. En långvarig torka leder till att vattendrag och sjöar torkar ut, som följd utplånas hela populationer av akvatiska växter och djur. Inte bara växterna i vattnet påverkas, även vegetationen i strandkanten drabbas när vattenståndet sjunker.

Effekten av torkan har observerats i en studie av 28 sjöar i sydöstra Australien (Tweed et al., 2009). Faktorer som undersöktes under perioden 1997-2006 var bland annat volym, area, utbyte mellan ytvatten och grundvatten samt saliniteten i sjöarna. Under 9 års perioden minskade den sammanlagda ytan av sjöarna med 60 % och i de två största sjöarna hade volymen minskat med 80 %. I slutet av studien hade hela 16 av de undersökta sjöarna torkat ut. Utbytet mellan grundvatten och ytvatten hade också förändrats. Sjöar som innan torkan var försedda med vatten från grundvattnet fyllde i slutet av undersökningen på grundvattenreservoaren. Sjöarnas salinitet hade ökat och i en sjö observerades en ökning på 2.8 gånger ursprungsvärdet 1997.

Leblanc et al (2009) undersökte hur vattenmängden i reservoarer, dammar och annan infrastruktur i avrinningsområdet Murray-Darling förändrades. Vattenståndet hade en topp under 2000 men har sedan dess minskat i dammar och reservoarer. I april 2007 hade ytvattenreservoarerna minskat till 7 % av den ursprungliga volymen 2000. Resultaten visade även på att majoriteten av den totala vattenförlusten inte var ytvatten utan grundvattnet. Mellan 2002 till 2006 var ca 83 % av vattenförlusten grundvatten, 14 % var minskad markfuktighet och 3 % var minskning av ytvattnet.

Torkan har även påverkat befolkningen, främst de som lever på landsbygden har drabbats hårt av torkan (Pink, 2010). Mellan 2006-07 var bara 0,5 % av all jordbruksmark bevattnad, men konstbevattningen stod för 65 % av den totala vattenkonsumtionen. Eftersom torkan har lett till mindre vatten i floderna Murray och Darling har vattenrestriktioner införts och begränsar konstbevattningen (Pink, 2010; Sanders et al., 2010). Mellan 2005-06 till 2007-08 har konstbevattnad jordbruksmark minskat från 1 654 000 ha till 958 000 ha (Sanders et al., 2010). Som en följd av restriktionerna har produktionen minskat i avrinningsområdet Murray-Darling. De grödor som har drabbats mest är ris, bomull och spannmål. Frukträd och

vindruvor har inte påverkats i samma grad. Australiens Gross Domestic Product (GDP) sjönk med 1 % under 2002-03 på grund av minskad produktivitet i jordbruket som en följd av torkan (Berry et al., 2011).

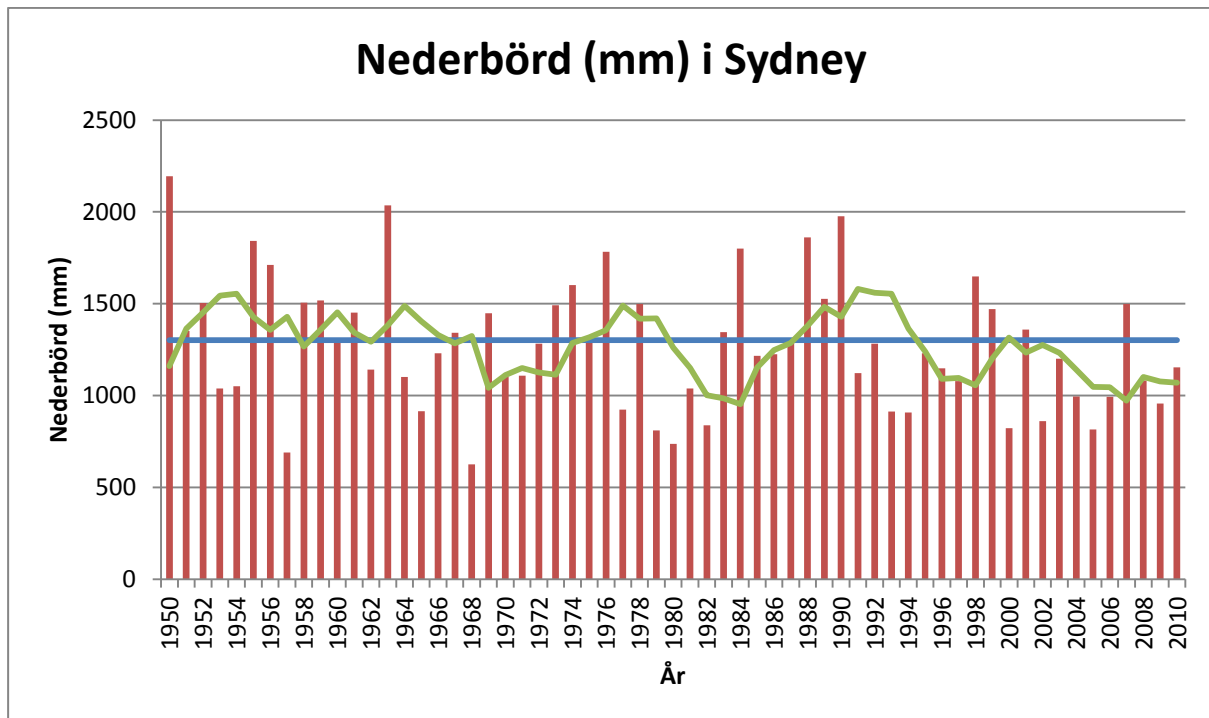
Även andra delar av samhället påverkas av torkan bland annat drabbas transportföretag då uppdragen minskar med minskad avkastning hos jordbrukarna (Daff, 2011). Anställningarna i jordbruk, skogsbruk och fiske har minskat med 20,5 % mellan 1998-2008. Med färre arbetstillfällen på landsbygden flyttar folk in till de större städer vilket får konsekvenser för små städerna. Jordbruket i en liten stad kan stå för en tredjedel av den ekonomiska aktiviteten därav blir många företag i småstäder hårt drabbade då jordbrukarna i området har ekonomiska svårigheter. Även andra länder påverkas av torkan eftersom Australien försörjer ca 40 miljoner personer i världen (Berry et al., 2011).

Det finns även indikationer på att den mentala hälsan hos jordbrukarna blir sämre under torkan (Berry et al., 2011; Daff, 2011). Ekonomiska svårigheter som uppstår när produktionen blir sämre är en orsak. Dålig ekonomi leder till att jordbrukare blir isolerade på sina gårdar (Daff, 2011). Arbetsbördan blir tyngre då ekonomin inte ger möjlighet till anställning av medhjälpare. För att ekonomin ska vara hållbar blir familjemedlemmar tvingade till anställningar långt från gården vilket leder till att familjer splittras. Dessa faktorer bidrar till den mentala ohälsan på landsbygden under torkor.

Enligt en fallstudie i New South Wales gjord av Daff (2011) finns ett samband mellan självmord och torka. Studien konkluderade att det skedde en ökning av det långsiktiga medelvärdet av självmord med 8 % om årsnederbörden minskade med 300 mm. Samma studie visar att det fanns nästan dubbelt så många fall av psykiska hälsoproblem i områden som för tillfället var drabbade av torka än i områden som inte upplevt torka på 3 år.

4. Orsaker

Diagrammet nedan (figur 4) illustrerar nederbörden över Sydney, det kan observeras att Sydney under det senaste decenniet fått mindre nederbörd än medelvärdet under referensperioden 1961-1990. Sedan 2001 har den årliga nederbörden bara varit högre än medel under ett år (2007).



Figur 4. Röda staplar är den årliga nederbörden över Sydney och den blåa linjen är medelnederbörden under 1961-1990 och den gröna linjen är löpande medelvärde över 5 år. Data är hämtad från BOM (2011c). Stationen som använts är Sydney (Observatory hill) stations nummer:066062

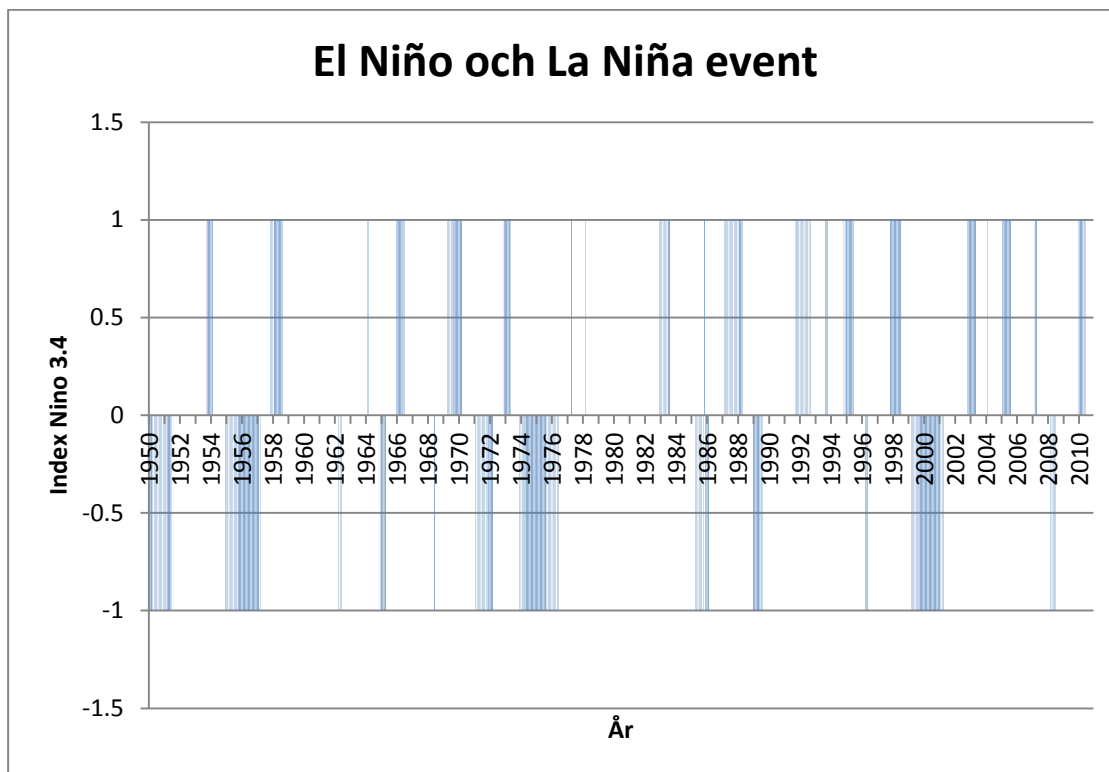
4.1 El Niño and the Southern Oscillation – ENSO

ENSO är en interaktion mellan havet och atmosfären i Stilla Havet. Denna interaktion påverkar klimatet i stora delar av världen, men påverkar främst klimatet i Peru och Australien. Under ett normalt år finns ett högtryck lokaliserat utanför Perus kust vilket ger Peru ett torrt klimat medan det över Australien finns ett lågtryck som för med sig mycket nederbörd. Mellan detta hög- och lågtryck bildas starka vindar som vid havsytan blåser från högtryck mot lågtrycket, detta skapar uppvällning av kallt havsvatten vid Perus kust. Under ett El Niño tillfälle blir hög och lågtrycken försvagade och uppvällningen av kallt vatten vid Perus kust avtar. Då får Australien mindre nederbörd än normalt och drabbas då ofta av torka och Peru får onormalt mycket nederbörd. Under ett La Niña tillfälle förstärks däremot det naturliga förhållandet och Peru blir torrare än normalt och Australien får mer nederbörd än normalt (Ahrens, 2009; Suppiah, 2004).

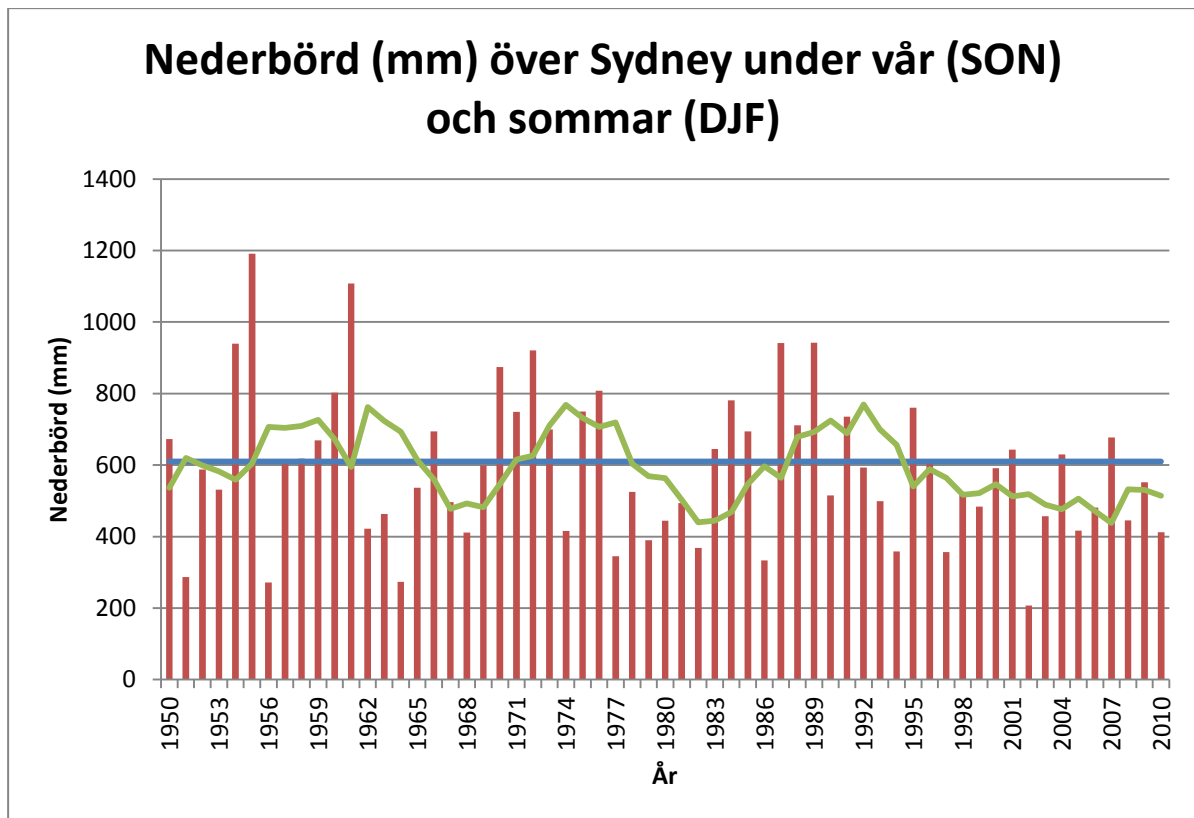
Enligt Suppiah (2004) är korrelation mellan nederbörden och variationer i ENSO signifikanta för både Queensland och New South Wales. Under ett El Niño tillfälle kommer det mindre

årsnederbörd än års medelvärdet för referensperioden 1961-1990 och under ett La Niña tillfälle kommer det mer årsnederbörd än års medelvärdet. Sambandet är signifikant största delen av året, men under vår (september, oktober och november) och sommar (december, januari och februari) kan stor del av variansen förklaras därav är det främst under dessa månader ENSO påverkar nederbörden (Suppiah, 2004; Chiew, et al., 1998). Effekten av El Niño- och La Niña tillfälle varierar mycket och det är därför svårt att avgöra hur nederbörden kommer påverkas (Suppiah, 2004).

I figur 5 visualiseras när olika tillfälle av El Niño och La Niña inträffar. Perioder där värdet är 1 är ett El Niño tillfälle och perioder då värdet är -1 är La Niña tillfälle. Olika styrkor på tillfällena har inte inkluderats eftersom det inte finns ett signifikant samband att ett starkt El Niño tillfälle skulle resultera i mindre nederbörd än ett svagt El Niño tillfälle (Wang et al., 2006). I figur 5 observeras tre längre El Niño tillfälle sedan 2002 (2003, 2005 och 2010 samt två kortare tillfällen (2004 och 2007). Även 1995 är ett El Niño tillfälle.



Figur 5. Visar El Niño och La Niña event. 1 = El Niño och -1 = La Niña. Tjockleken motsvara under hur lång tid ett tillfälle har pågått. Data är hämtat från NOAA (2011c).



Figur 6 visar nederbörden i Sydney under vår och sommar månaderna. Den blåa linjen visar medelvärdet för 1961-1990 och de röda staplarna visar den årliga nederbörden för dessa månader. Den gröna linjen visar löpande medelvärde över 5 år. Data är hämtad från BOM (2011c). Stationen är Sydney (Observatory hill) stations nummer:066062.

I figur 6 observeras att de åren som sammanfaller med ett El Niño tillfälle hade mindre nederbörd än medelnederbörden för åren 1961-1990. Sedan 2002 har alla år haft mindre nederbörd än medel under vår och sommaren förutom två (2004 och 2007). Under 1994 var nederbörden under medel under vår och sommarmånaderna men inte 1995.

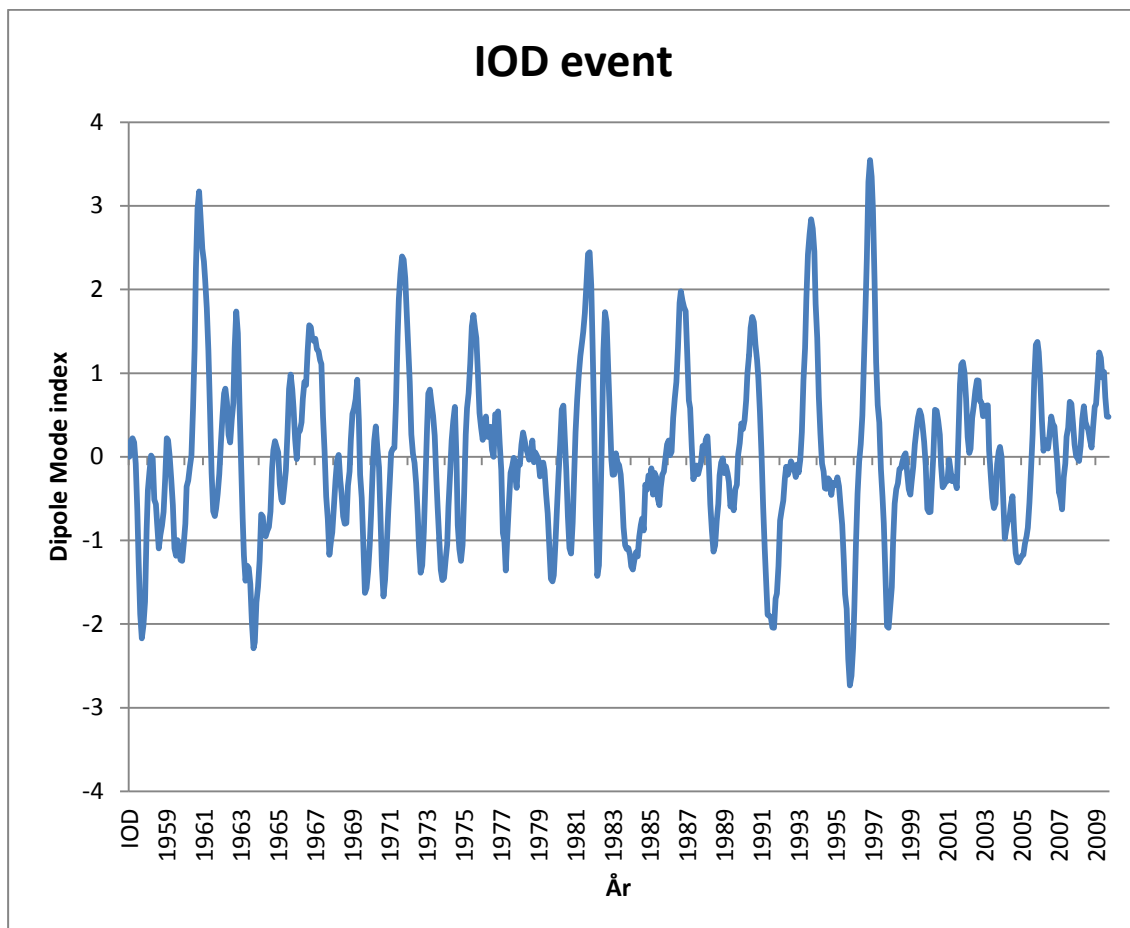
4.2 Indan Ocean Dipole – IOD

Tidigare har de flesta forskare ansett att ENSO är orsaken till torkorna i Australien, men nu finns indikationer på att även andra faktorer påverkar (Ummerhofer et al., 2009). IOD är liksom ENSO en interaktion mellan atmosfären och havet, men IOD är lokaliserad över Indiska Oceanen. Under normala förhållande väller kallt vatten upp vid Javas kust. Positiva IOD tillfälle uppstår då ytvattnet är ovanligt kallt i den östliga delen av Indiska Oceanen och uppvällningen vid Java är kraftigare än normalt. Vid ett negativt tillfälle är temperaturen ovanligt hög i den östliga delen av den Indiska Oceanen (Meyers et al., 2006). Ett positivt IOD tillfälle medför torrare klimat i Australien och ett negativt tillfälle medför mer nederbörd (Ummerhofer et al., 2009). IOD påverkar även andra länder runt om Indiska Oceanen bland annat Indonesien och östra Afrika (Ashok et al., 2003).

Enligt Verdon och Franks (2005) finns det en signifikant korrelation mellan nederbörd och IOD tillfälle. Ett flertal stationer i Queensland, New South Wales och Victoria har undersökts

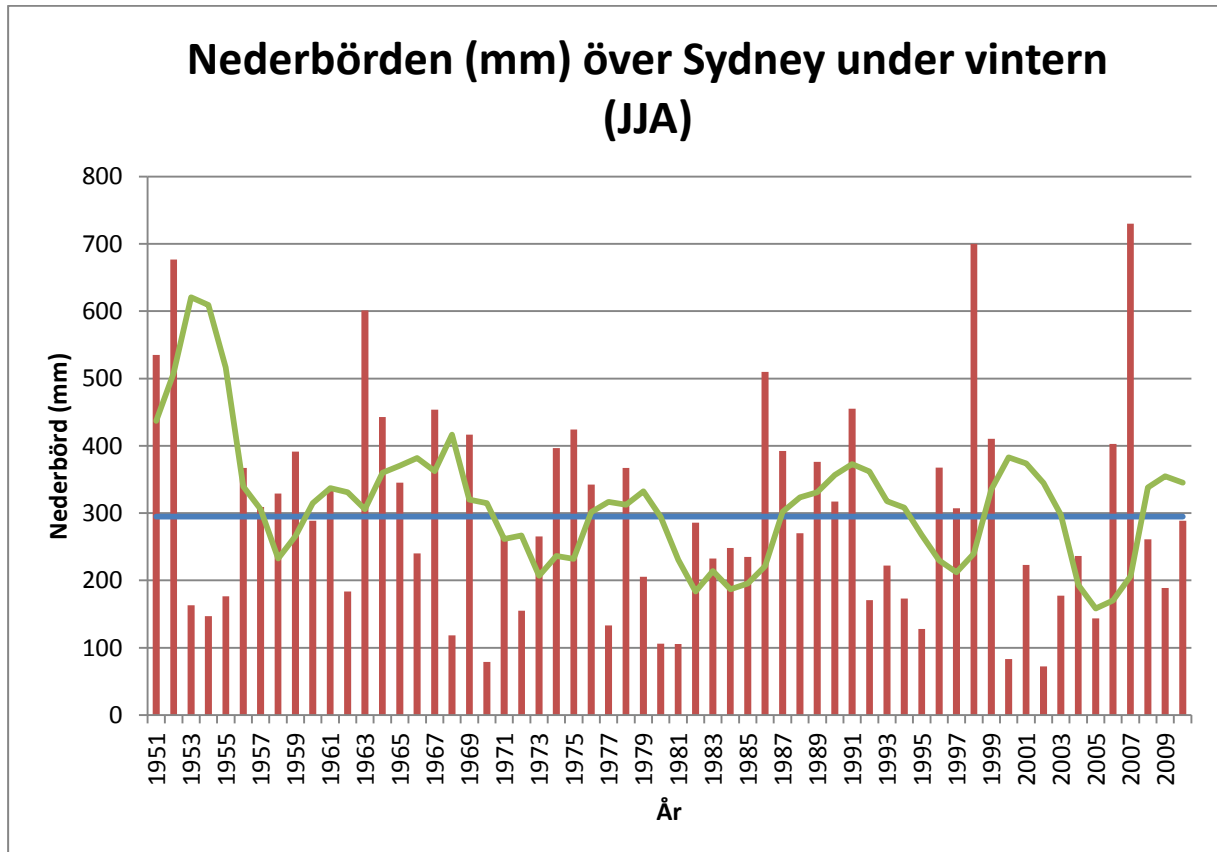
och signifikans påträffades för ett flertal stationer. I Queensland var resultaten signifikanta vid 63 % av fallen, för New South Wales var 56 % av fallen signifikanta. I Victoria var det signifikanta resultat för 88 % av stationerna. Undersökningen visade även att Victoria får mellan 30 % till 35 % mer nederbörd under ett negativt IOD tillfälle. IOD påverkar främst nederbörden under vintermånaderna juni, juli och augusti, i de sydöstra delarna av Australien kommer mellan 20 % och 55 % av nederbörden under dessa månader (Ashok et al., 2003).

Hur IOD tillfälle varierat sedan 1950 kan observeras i figur 7, sedan 2002 har de flesta åren varit präglade av positiva IOD tillfälle. Ett negativt tillfälle inträffade under 2004-2005 och 2007. Enligt Cai et al. (2009b) har de positiva faserna blivit vanligare under de senaste trettio åren, detta styrks av diagrammet nedan (figur 7). 70-talet präglades av många år negativa IOD tillfälle. Ökningen av flera år med positiva IOD tillfälle antas leda till fler torkor. I figur 7 kan även observeras att det under 1994 var en positiv fas av IOD. Det ser ut som det har skett en förändring i styrkan hos IOD då temperaturskillnaderna var mycket större innan 2000-talet.



Figur 7. IOD fluktuerar mellan positiva och negativa faser. Positiva värden representerar ett positivt IOD tillfälle och negativa värden representerar ett negativt IOD tillfälle. Data är hämtad från JAMSTEC (2011).

I figur 8 kan nederbörden under vintermånaderna observeras. Nederbörden har sedan 2002 varit under medelvärde för vintermånaderna under perioden 1961-1990 under alla år förutom 2006 och 2007. År 1994 och 1995 var nederbörden också under medelnederbörden.



Figur 8. Nederbörden i Sydney under vintermånaderna juni, juli och augusti. den blåa linjen visar medelnederbörden under vintermånaderna under 1961-1990 och de röda staplarna visar den årliga nederbörden för vintermånaderna. Den gröna linjen visar löpande medelvärde över 5 år. Data är hämtad från BOM (2011c). Stationen är Sydney (Observatory hill) stations nummer: 066062.

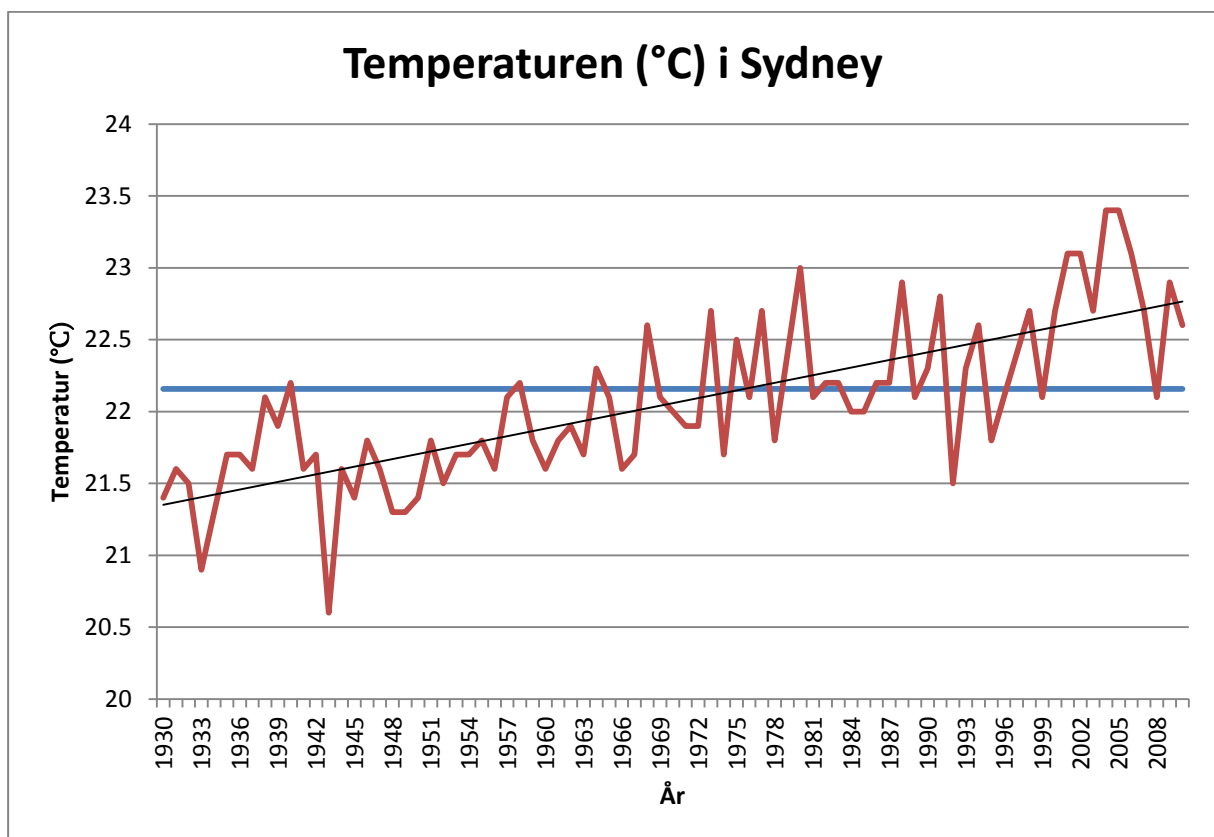
Flera korrelationstest påvisat ett visst beroende mellan IOD och ENSO. Positiva IOD tillfälle sammanfaller ofta med El Niño och negativa IOD tillfälle sammanfaller ofta med La Niña. Men det kan även inträffa positiva IOD tillfälle samtidigt som ett La Niña tillfälle och detsamma gäller negativa IOD och El Niño finns det ett visst oberoende mellan IOD och ENSO. När beroendet mellan IOD och ENSO avlägsnas finns fortfarande ett samband mellan IOD och nederbördsmönstret i sydöstra Australien (Meyers et al., 2007; Verdon och Franks, 2005).

4.3 Klimatförändring

Enligt Murphy och Timbal (2008) har Australien varit med om en liknade långvarig torka under 1936-1941, då var nederbörden mindre än under torkan 2002-2010. Trots mindre

nederbörd under 1936-1941 klassas torkan under 2000-talet som värre, vilken kan bero på att temperaturen har stigit sedan 30-talet.

I figur 9 kan temperaturförändringen i Sydney sedan 1930-talet utläsas och det kan observeras en uppåtgående trend på cirka 1,5 °C från 1930 till 2010. Regressionstest för trendlinjen resulterade i en signifikant ökning ($p < 0,05$). Åren 2004-2006 var de varmaste åren. Enligt Murphy och Timbal (2008) har temperaturen efter trendlinje ökat med 0,09°C per decennium från 1910 till 2006. Trenden för temperaturökningen mellan 1970 till 2006 är 0,19°C per decennium. En temperaturökning innebär att det krävs mer nederbörd för att behålla samma förhållande som vid en lägre temperatur, eftersom en temperaturökning resulterar i ökad evapotranspiration. Samband visar att högre temperatur ger mindre nederbörd eftersom luften kan innehålla mer vattenånga utan att det sker molnbildning (Cai et al., 2009a; Murphy och Timbal, 2008).



Figur 9. Temperaturen i Sydney från 1930 till idag. Den röda linjen visar den årliga maxtemperaturen i Sydney och den blå linjen visar medeltemperaturen under 1961-1990. Den svarta linjära trendlinjen visar trenden för temperaturen sedan 1930. Data är hämtad från BoM (2011c). Stationen Sydney (Observatory hill) stations nummer: 066062.

En temperaturökning har även bevisats minska inflödet till floderna Murray och Darling. Enligt Cai och Cowan (2008) medför en temperaturökning på 1°C en minskning i det årliga inflödet till floderna från dräneringsområdet med 15 %.

4.4 Andra faktorer

IOD och ENSO kan inte förklara all variation, det finns fler faktorer som påverkar nederbördsmonstret i Australien. En faktor är Inter-decadal Pacific Oscillation (IPO). Enligt Kiem och Franks (2004) kan IPO påverka styrkan hos individuella ENSO tillfälle. IPO reflekterar hur havsytans temperatur i Stilla Havet varierar under ett decennium. ENSO tillfälle, såväl El Niño som La Niña anses påverka klimatet i högre grad under en negativ fas av IPO. Även fördelningen mellan antalet El Niño och La Niña event varierar beroende på om det är en negativ eller positiv fas av IPO. Ytterligare en klimatfaktor som kan påverka är Southern Annual Mode (SAM). SAM är en storskalig variation i den södra hemisfärens extratropiska cirkulation (Murphy och Timbal, 2008). Ett samband mellan SAM och nederbörden i södra Australien för vinter- och sommarnederbörden har påvisats, samma fas ger mindre nederbörd än normalt på vintern och mer nederbörd än normalt på sommaren.

5. Diskussion

5.1 Orsaker

Jag tror inte en ensam faktor har orsakat torkan som Australien upplevt mellan 2002-2010. Det är troligare en samverkan mellan flera faktorer bland annat ENSO, IOD och klimatförändringarna. Dessa faktorer förklarar inte all variation i nederbörden, även flera av de torra åren sammanfaller med antingen El Niño tillfälle eller positiv fas av IOD. Men i vissa fall kan det vara torrt fast det är ett La Niña år och/eller en negativ fas av IOD. Detta tyder på att det är något mer som påverkar variationen i nederbörd. I figur 6 observeras det väldigt låg nederbörd under vår och sommar 2002, vilket tyder på att det borde vara ett El Niño tillfälle, men det var ett neutralt år (figur 5). Under 2006 inträffade ett positivt IOD tillfälle (figur 7), detta medför vanligtvis mindre nederbörd än medelvärdet för perioden 1961-1990 men nederbörden var mer än medel under 2006 (figur 8). Enligt Wang och Hendon (2006), Chiew et al. (1998) och Suppiah (2004) finns det ett signifikant samband mellan ENSO och variationer i nederbörden över sydöstra Australien. Ashok et al. (2003), Meyers et al. (2008), Danielle et al. (2005) och Ummenhofer et al. (2009) fann ett signifikant samband mellan IOD och nederbörden över Australien. Ummenhofer et al. (2009) ansåg att IODs påverkan var större än ENSOs.

Även andra faktorer som inte undersökts närmre till denna rapport påverkar. Inter-decadal Pacific Oscillation (IPO) påverkar styrkan av olika ENSO tillfälle, vilket medför svårigheter vid analys för vilken påverkan ett tillfälle kommer ha. Southern Annual Mode (SAM) är ytterligare en faktor som påverkar nederbörden i Australien. Vid mer ingående studie vore det intressant att även undersöka dessa faktorer.

Det finns olika index för att bestämma IOD och ENSO vilket kan medföra vissa skillnader i resultaten. För denna studie valdes DMI eftersom detta index även användes av ett flertal av källorna. Index Nino 3.4 valdes dels på grund av det är ett vanligt förekommande index i artiklar och Nino 3.4 beräknas liksom DMI genom skillnaden mellan havstemperatur i två områden.

Den data som använts vid skapandet av nederbörds- och temperatur diagrammen har uppmäts i Sydney. Eftersom det är oklart om värdena är korrigerade för urbanisering så kan temperaturen i Sydney vara högre än på landsbygden. Sydney har växt sedan 1930-talet så skillnaden mellan temperaturen i Sydney och på landsbygden kan vara större nu än den var på 1930-talet. Eftersom Sydney ligger vid kusten är klimatet maritimt och inte representativt för hela landet. Trots detta valdes Sydney eftersom det fanns långa sammanhängande mätserier för temperatur och nederbörd. Om en station med likvärdig lång mätserie hade funnits på landsbygden och inte nära kusten hade den valts istället. För att minska felmarginal kunde ett medelvärde för alla stationer i Sydney området räknats ut men det var för tidskrävande.

5.2 Effekter

Även om torkan 2002-2010 varit en tillfällighet och klimatet kommer återgå till korta torrperioder med efterföljande regniga perioder är det viktigt att Australien hushåller med vatten. Eftersom befolkningen ökar stadigt kommer mer vatten behövas för att tillgodose allas behov vad gällande dricksvatten och vatten till hushållen. Även om mängden nederbörd inte kommer minska måste hushållning av vatten förbättras eftersom mer vatten troligen kommer behövas i framtiden. Om temperaturen fortsätter att öka som trenden indikerar i figur 9 kommer problemen med vattenbrist bli större eftersom mer vatten evaporerar och det kommer krävas mer vatten i luften innan molnbildning sker. Detta kommer leda till torrare klimat och det blir viktigare att hushålla med landets vattenresurser. För tillfället är mindre än 1 % av all jordbruksmark konstbevattnad. Detta leder till att en stor del av jordbruket är väldigt känsligt för en temperaturökning. För ett fungerande jordbruk i framtida klimatförändringar behövs en förändring av vilka grödor som odlas ske. För tillfället odlas många vattenkrävande grödor som ris och bomull, om detta ska vara möjligt i framtiden behöver en större del konstbevattnas eller ett byte till mindre vattenkrävande grödor ske. Men det är inte hållbart att öka konstbevattningen eftersom det antagligen kommer leda till sämre vattenkvalitet och det försvårar vilda djurs och växters överlevnad. Om torra perioder blir vanligare kommer kanske den naturliga floran och faunan förändras permanent.

5.3 Vidare studier

Flera uppslag för vidare studier har uppkommit under arbetet med denna rapport. Det hade varit intressant att även undersöka IPO och SAM för att få en helhetsbild av det komplexa klimatet i Australien och kunna dra en mer korrekt slutsats.

I denna studie har skillnaden mellan torkan 1994–1995 och torkan 2002-2012 försökt fastställas. Det hade varit intressantare att jämföra två torkor som pågick under en längre period som torkan 1936-1941 med den som pågick under 2000-talet. Detta var inte möjligt eftersom det inte finns tillförlitlig data för IOD mer än 50 år tillbaka.

Det finns mycket forskning på hur ytvatten påverkas av torkan men det hade även varit intressant med undersöker hur grundvattnet påverkas.

Eftersom Australien har drabbats av översvämningar (2011) kunde det vara intressant att undersöka om klimatförändringarna leder till ett mer extremt klimat i Australien. Olika klimatmodeller kunde användas för att förutspå hur klimatet på Australien kommer förändras och vilka konsekvenser det förändrade klimatet kommer ha på vattentillgången.

6. Slutsats

Den slutsats jag kan dra är att både ENSO, IOD och klimatförändringarna verkar ha påverkat torkan 2002-2010. Det finns även år då ingen av faktorerna har varit i rätt fas för att minska nederbörden vilket får mig att dra slutsatsen att det finns fler faktorer som spelar roll och att Australiens klimat är mer komplext än vad jag har antagit i min undersökning. Klimatförändringen och därmed temperaturökningen har medfört att denna torka har blivit mer intensiv och allvarligare än andra långvariga torkor som inträffat tidigare.

Vid jämför av de klimatfaktorer jag undersökt verkar 1994-1995 års torka påverkats mest av IOD, det var inte ett El Niño tillfälle dessa år. Det kan vara någon mer faktor som påverkar som inte undersökts i denna studie.

Effekterna av torkan är många och allvarliga. Det är de naturliga och främst de akvatiska ekosystemen har drabbats hårt av torka. Försämring av vattenkvaliteten, förhöjd salthalt och minskade habitat leder till större konkurrens, mer predation samt lättare spridning av parasiter och sjukdomar vilket leder till död bland flora och fauna. Torkan drabbar även befolkningen. Främst drabbas jordbrukarna genom försämrade produktivitet som vidare leder till ekonomiska problem. Studier visade att den mentala hälsan försämras hos jordbrukarna under torkor som en följd av försämrade ekonomi, isolering och tyngre arbetsbörda.

7. Referenser

Abram, N.J., Gagan, M.K., Cole, J.E., Hantoro, W.S. och Mudelsee, M. 2008. Recent intensification of tropical variability in the Indian Ocean. *Nature geosciences*. Vol. 1, pp. 849-853

Ahrens, C.D. 2009. *Meteorology Today: An introduction to weather, climate, and the environment (9th ed.)*, Brooks/Cole, Belmont, California, USA

Ashok, K., Guan, Z. och Yamagata, T. 2003. Influence of the Indian Ocean Dipole on the Australian winter rainfall. *Geophysical research letters*. Vol. 30, No. 15

Berry, H.L., Hogan, A., Owen, J., Rickwood, D. och Fragar, L. 2011. Climate change and farmers' mental health: risk and responses. *Asia-Pacific Journal of Public Health*. Vol. 23, pp. 119-133

BoM, 2011a. <http://reg.bom.gov.au/climate/drought/#tabs=4> hämtat den 15/4-2011

BoM, 2011b. <http://www.bom.gov.au/climate/enso/iod-area-map.gif> hämtat den 25/4-2011

BoM, 2011c. <http://www.bom.gov.au/climate/data-services/index.shtml#tabs=1> hämtat den 20/4-2011

Bond, N.R., Lake P.S. och Arthington, A.H. 2008. The impact on drought on freshwater ecosystems: an Australian perspective. *Hydrobiologia*. Vol. 600, pp. 3-16

Cai, W. och Cowan, T. 2008. Evidence of impacts from rising temperature on inflows to the Murray-Darling Basin. *Geophysical research letters*. Vol. 35, L07701, doi:10.1029/2008GL033390

Cai, W., Cowan, T., Briggs, P. och Raupach, M. 2009 a. Rising temperature depletes soil moisture and exacerbates severe drought conditions across southeast Australia. *Geophysical Research Letters*. Vol. 36, L 21709, doi: 10.1029/2009GL040334

Cai, W., Cowan, T. och Sullivan, A. 2009 b. Recent unprecedented skewness towards positive Indian Ocean Dipole occurrences and its impact on Australian rainfall. *Geophysical research letters*. Vol. 36, L. 11705, doi: 10.1029/2009GL037604

Chiew, F.H.S., Piechota, T.C., Dracup, J.A. och McMahon, T.A. 1998. El Nino/Southern Oscillation and Australian rainfall, streamflow and drought: Links and potential for forecasting. *Journal of Hydrology*. Vol. 204, pp. 138-149

Daff, 2011. It's about people: changing perspectives on dryness. A report to government by an expert social panel. www.daff.gov.au hämtad den 26/5-2011

JAMSTEC, 2011. <http://www.jamstec.go.jp/frsgc/research/d1/iod/> hämtat den 3/5-2011

- Hennessy, K., Fawcett, R., Kirono, D., Mpelasoka, F., Bathols, J., Whetton, P., Stafford Smith, M., Howden, M., Mitchell, C. och Plummer, N. 2008. An assessment of the impact of climate change on the nature and frequency of exceptional climatic events. <http://www.daff.gov.au> hämtad den 26/5-2011
- Kiem, A.S. och Franks, S.W. 2004. Multi-decadal variability of drought risk, eastern Australia. *Hydrological processes*. Vol. 18, pp. 2039-2050
- Leblanc, M.J., Tregoning, P., Ramillien, G. och Tweed, S.O. 2009. Basin-scale, integrated observations of the early 21st century multiyear drought in southeast Australia. *Water Resources Research*. Vol. 45, W04408, doi: 10.1029/2008WR007333
- Meyers, G., McIntosh, P., Pigot, L. och Pook, M. 2007. The Years of El Niño, La Niña, and Interactions with the Tropical Indian Ocean. *Journal of Climate*. Vol. 20, pp. 2872-2880
- Morrongiello, J.R., Crook, D.A., King, A.J., Ramsey, D.S.L. och Brown, P. 2011. Impacts of drought and predicted effects of climate change on fish growth in temperate Australian lakes. *Global Change Biology*. Vol. 17, pp. 745-755
- Mpelasoka, K., Hennessy, K., Jones, R. och Bates, B. 2008. Comparison of suitable indices for climate change impacts assessment over Australia towards resource management. *International Journal of Climatology*. Vol. 28, pp. 1283-1292
- Murphy, B.F. och Timbal, B. 2008. A review of recent climate variability and climate change in southeastern Australia. *International Journal of Climatology*. Vol. 28 pp. 859-879
- Nicholls, N. 2004. The changing nature of Australian droughts. *Climatic Change*. Vol. 63, pp. 323-336
- Nicholls, N. 2009. Local and remote causes of the southern Australian autumn-winter rainfall decline, 1958-2007. *Climate Dynamics*. Vol. 34, pp. 835-845
- NOAA, 2011 a. www.cpc.ncep.noaa.gov hämtad den 3/5-2011
- NOAA, 2011 b. http://www.erh.noaa.gov/rlx/science/events/nino/el_nino.html hämtad den 25/4-2011
- NOAA, 2011 c. <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices/> hämtad den 20/4-2011
- Pink, B. 2010. Australias environment issues and trends 2010. <http://www.abs.gov.au> hämtad den 26/5-2011
- Sanders, O., Goesch, T. och Hughes, N. 2010. Adapting to water scarcity. www.abare.gov.au hämtad den 26/5-2011
- Suppiah, R. 2004. Trends in the Southern Oscillation phenomenon and Australian rainfall and changes in their relationship. *International Journal of Climatology*. Vol. 24, pp. 269-290

Torskolan, 2011. <http://webnews.textalk.com/torskolan/international-projects/australia> hämtat den 25/4 -2011

Tweed, S., Leblanc, M. och Cartwright, I. 2009. Groundwater-surface water interaction and the impact of a multi-year drought on lakes conditions in South-East Australia. *Journal of Hydrology*. Vol. 379, pp. 41-53

Ummenhofer, C.C., England, M.H., McIntosh, P.C., Meyers, G.A., Pook, M.J., Risbey, J.S., Gupta, A.S. och Taschetto, A.S. 2009. What causes southeast Australia's worst droughts? *Geophysical research letters*. Vol. 36, L. 04706, doi: 10.1029/2008GL036801

Verdon, D.C. och Franks, S.W. 2005. Indian Ocean sea surface temperature variability and winter rainfall: Eastern Australia. *Water resources research*. Vol. 41, W09413, doi: 10.1029/2004WR003845

Wang, G. och Hendon, H.H. 2007. Sensitivity of Australian Rainfall to Inter – El Niño Variations. *Journal of Climate*. Vol. 20, pp. 4211-4226

Weatherzone, 2011. www.weatherzone.com.au hämtat den 3/5-2011

Institutionen av naturgeografi och ekosystemvetenskap, Lunds Universitet.

Student examensarbete (Seminarieuppsatser). Uppsatserna finns tillgängliga på institutionens geobibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Hela listan och själva uppsatserna är även tillgängliga på LUP student papers (www.nateko.lu.se/masterthesis) och via Geobiblioteket (www.geobib.lu.se)

The student thesis reports are available at the Geo-Library, Department of Physical Geography, University of Lund, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden. Report series started 1985. The complete list and electronic versions are also electronic available at the LUP student papers (www.nateko.lu.se/masterthesis) and through the Geo-library (www.geobib.lu.se)

- 175 Hongxiao Jin (2010): Drivers of Global Wildfires — Statistical analyses
- 176 Emma Cederlund (2010): Dalby Söderskog – Den historiska utvecklingen
- 177 Lina Glad (2010): En förändringsstudie av Ivösjöns strandlinje
- 178 Erika Filppa (2010): Utsläpp till luft från ballastproduktionen år 2008
- 179 Karolina Jacobsson (2010): Havsisens avsmältning i Arktis och dess effekter
- 180 Mattias Spångmyr (2010): Global of effects of albedo change due to urbanization
- 181 Emmelie Johansson & Towe Andersson (2010): Ekologiskt jordbruk - ett sätt att minska övergödningen och bevara den biologiska mångfalden?
- 182 Åsa Cornander (2010): Stigande havsnivåer och dess effect på känsligt belägna bosättningar
- 183 Linda Adamsson (2010): Landskapsekologisk undersökning av ädellövskogen i Östra Vätterbranterna
- 184 Ylva Persson (2010): Markfuktighetens påverkan på granens tillväxt i Guvarp
- 185 Boel Hedgren (2010): Den arktiska permafrostens degradering och metangasutsläpp
- 186 Joakim Lindblad & Johan Lindenbaum (2010): GIS-baserad kartläggning av sambandet mellan pesticidförekomster i grundvatten och markegenskaper
- 187 Oscar Dagerskog (2010): Baösbergsgrottan – Historiska tillbakablickar och en lokalklimatologisk undersökning
- 188 Mikael Månsson (2010): Webbaserad GIS-klient för hantering av geologisk information
- 189 Lina Eklund (2010): Accessibility to health services in the West Bank, occupied Palestinian Territory.
- 190 Edvin Eriksson (2010): Kvalitet och osäkerhet i geografisk analys - En studie om kvalitetsaspekter med fokus på osäkerhetsanalys av rumslig prognosmodell för trafikolyckor
- 191 Elsa Tessaire (2010): Impacts of stressful weather events on forest ecosystems in south Sweden.
- 192 Xuejing Lei (2010): Assessment of Climate Change Impacts on Cork Oak in Western Mediterranean Regions: A Comparative Analysis of Extreme Indices
- 193 Radoslaw Guzinski (2010): Comparison of vegetation indices to determine their accuracy in predicting spring phenology of Swedish ecosystems
- 194 Yasar Arfat (2010): Land Use / Land Cover Change Detection and Quantification — A Case study in Eastern Sudan
- 195 Ling Bai (2010): Comparison and Validation of Five Global Land Cover Products Over African Continent

- 196 Raunaq Jahan (2010): Vegetation indices, FAPAR and spatial seasonality
analysis of crops in southern Sweden
- 197 Masoumeh Ghadiri (2010): Potential of Hyperion imagery for simulation of
MODIS NDVI and AVHRR-consistent NDVI time series in a semi-arid region
- 198 Maoela A. Malebajoa (2010): Climate change impacts on crop yields and
adaptive measures for agricultural sector in the lowlands of Lesotho
- 199 Herbert Mbufong Njuabe (2011): Subarctic Peatlands in a Changing Climate:
Greenhouse gas response to experimentally increased snow cover
- 200 Naemi Gunlycke & Anja Tuomaala (2011): Detecting forest degradation in
Marakwet district, Kenya, using remote sensing and GIS
- 201 Nzung Seraphine Ebang (2011): How was the carbon balance of Europe
affected by the summer 2003 heat wave? A study based on the use of a
Dynamic Global Vegetation Model; LPJ-GUESS
- 202 Per-Ola Olsson (2011): Cartography in Internet-based view services – methods
to improve cartography when geographic data from several sources are
combined
- 203 Kristoffer Mattisson (2011): Modelling noise exposure from roads – a case
study in Burlövs municipality
- 204 Erik Ahlberg (2011): BVOC emissions from a subarctic Mountain birch:
Analysis of short-term chamber measurements.
- 205 Wilbert Timiza (2011): Climate variability and satellite – observed vegetation
responses in Tanzania.
- 206 Louise Svensson (2011): The ethanol industry - impact on land use and
biodiversity. A case study of São Paulo State in Brazil.
- 207 Fredrik Fredén (2011): Impacts of dams on lowland agriculture in the Mekong
river catchment.
- 208 Johanna Hjärpe (2011): Kartläggning av kväve i vatten i LKAB:s verksamhet i
Malmberget år 2011 och kvävetets betydelse i akvatiska ekosystem ur ett lokalt
och ett globalt perspektiv
- 209 Oskar Löfgren (2011): Increase of tree abundance between 1960 and 2009 in
the treeline of Luongastunturi in the northern Swedish Scandes
- 210 Izabella Rosengren (2011): Land degradation in the Ovitoto region of
Namibia: what are the local causes and consequences and how do we avoid
them?
- 211 Irina Popova (2011): Agroforestry och dess påverkan på den biofysiska miljön
i Afrika.
- 212 Emilie Walsund (2011): Food Security and Food Sufficiency in Ethiopia and
Eastern Africa.
- 213 Martin Bernhardson (2011): Jökulhlaups: Their Associated Landforms and
Landscape Impacts.
- 214 Michel Tholin (2011): Weather induced variations in raptor migration; A study
of raptor migration during one autumn season in Kazbegi, Georgia, 2010
- 215 Amelie Lindgren (2011) The Effect of Natural Disturbances on the Carbon
Balance of Boreal Forests.
- 216 Klara Århem (2011): Environmental consequences of the palm oil industry in
Malaysia.
- 217 Ana Maria Yáñez Serrano (2011) Within-Canopy Sesquiterpene Ozonolysis in
Amazonia
- 218 Edward Kashava Kuliwoye (2011) Flood Hazard Assessment by means of
Remote Sensing and Spatial analyses in the Cuvelai Basin Case Study

- Ohangwena Region –Northern Namibia
- 219 Julia Olsson (2011) GIS-baserad metod för etablering av centraliserade biogasanläggningar baserad på husdjursgödsel.
- 220 Florian Sallaba (2011) The potential of support vector machine classification of land use and land cover using seasonality from MODIS satellite data
- 221 Salem Beyene Ghezahai (2011) Assessing vegetation changes for parts of the Sudan and Chad during 2000-2010 using time series analysis of MODIS-NDVI
- 222 Bahzad Khaled (2011) Spatial heterogeneity of soil CO₂ efflux at ADVEX site Norunda in Sweden
- 223 Emmy Axelsson (2011) Spatiotemporal variation of carbon stocks and fluxes at a clear-cut area in central Sweden
- 224 Eduard Mikayelyan (2011) Developing Android Mobile Map Application with Standard Navigation Tools for Pedestrians
- 225 Johanna Engström (2011) The effect of Northern Hemisphere teleconnections on the hydropower production in southern Sweden
- 226 Kosemani Bosede Adenike (2011) Deforestation and carbon stocks in Africa
- 227 Ouattara Adama (2011) Mauritania and Senegal coastal area urbanization, ground water flood risk in Nouakchott and land use/land cover change in Mbour area
- 228 Andrea Johansson (2011) Fire in Boreal forests
- 229 Arna Björk Þorsteinsdóttir (2011) Mapping *Lupinus nootkatensis* in Iceland using SPOT 5 images
- 230 Cléber Domingos Arruda (2011) Developing a Pedestrian Route Network Service (PRNS)
- 231 Nitin Chaudhary (2011) Evaluation of RCA & RCA GUESS and estimation of vegetation-climate feedbacks over India for present climate
- 232 Bjarne Munk Lyshede (2012) Diurnal variations in methane flux in a low-arctic fen in Southwest Greenland
- 233 Zhendong Wu (2012) Dissolved methane dynamics in a subarctic peatland
- 234 Lars Johansson (2012) Modelling near ground wind speed in urban environments using high-resolution digital surface models and statistical methods
- 235 Sanna Dufbäck (2012) Lokal dagvattenhantering med grönytefaktorn
- 236 Arash Amiri (2012) Automatic Geospatial Web Service Composition for Developing a Routing System
- 237 Emma Li Johansson (2012) The Melting Himalayas: Examples of Water Harvesting Techniques
- 238 Adelina Osmani (2012) Forests as carbon sinks - A comparison between the boreal forest and the tropical forest
- 239 Uta Klönne (2012) Drought in the Sahel – global and local driving forces and their impact on vegetation in the 20th and 21st century
- 240 Max van Meeningen (2012) Metanutsläpp från det smältande Arktis
- 241 Joakim Lindberg (2012) Analys av tillväxt för enskilda träd efter gallring i ett blandbestånd av gran och tall, Sverige
- 242 Caroline Jonsson (2012) The relationship between climate change and grazing by herbivores; their impact on the carbon cycle in Arctic environments
- 243 Carolina Emanuelsson and Elna Rasmusson (2012) The effects of soil erosion on nutrient content in smallholding tea lands in Matara district, Sri Lanka
- 244 John Bengtsson and Eric Torkelsson (2012) The Potential Impact of Changing

- Vegetation on Thawing Permafrost: Effects of manipulated vegetation on summer ground temperatures and soil moisture in Abisko, Sweden
- 245 Linnea Jonsson (2012). Impacts of climate change on Pedunculate oak and Phytophthora activity in north and central Europe
- 246 Ulrika Belsing (2012) Arktis och Antarktis föränderliga havsistäcken
- 247 Anna Lindstein (2012) Riskområden för erosion och näringsläckage i Segeåns avrinningsområde
- 248 Bodil Englund (2012) Klimatanpassningsarbete kring stigande havsnivåer i Kalmar läns kustkommuner
- 249 Alexandra Dicander (2012) GIS-baserad översvämningsskartering i Segeåns avrinningsområde
- 250 Johannes Jonsson (2012) Defining phenology events with digital repeat photography
- 251 Joel Lilljebjörn (2012) Flygbildsbaserad skyddszonsinventering vid Segeå
- 252 Camilla Persson (2012) Beräkning av glaciärers massbalans – En metodanalys med fjärranalys och jämviktslinjehöjd över Storglaciären
- 253 Rebecka Nilsson (2012) Torkan i Australien 2002-2010 Analys av möjliga orsaker och effekter