

Seminarieuppsatser nr 179

Havsisens avsmältning i Arktis och dess effekter

Karolina Jacobsson

2010

Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper

Enheten för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet

Sölvegatan 12

223 62 Lund



Havsisens avsmältning i Arktis och dess effekter

Karolina Jacobsson

2010

Kandidatuppsats i naturgeografi och ekosystemanalys

Handledare: Margareta Johansson

Institutionen för geo- och ekosystemvetenskaper –

Enheten för naturgeografi och ekosystemanalys

Lunds Universitet

Förord

Denna uppsats är ett examensarbete på 15 hp i ämnet naturgeografi. Uppsatsen är en litteraturstudie där ämnet havsisens avsmältning i Arktis diskuteras. Syftet med uppsatsen är att belysa vilka effekter och konsekvenser den rådande havsisavsmältningen i Arktis bidrar med. Uppsatsen är skriven vid institutionen för naturgeografi och ekosystemanalys.Handledare är Margareta Johansson som har hjälpt till med kunskap, goda råd och synpunkter.

Sammanfattning

Havsisen smälter i Arktis i en allt snabbare takt än vad många forskare trott. Den främsta orsaken till havsisavsmältningen är människan. Utsläppen av växthusgaser har ökat allt mer de senaste åren, vilket har bidragit till en temperaturförhöjning jorden över. Andra forskare menar att det är ett resultat av en naturlig klimatvariation. Havsisens minskning kommer påverka både det Arktiska klimatet och miljön. Ekosystem som är beroende av havsisen kommer få anpassa sig och människorna som lever i Arktis kommer få ändra sin livsstil.

Sedan 1979 har havsisen minskat sin utbredning, och 2007 nådde havsisen ett rekordlåg minimum. Klimatmodeller visar att redan 2050 kommer Arktisk Oceanen vara näst intill havsisfritt. Ett varmare klimat kommer ha effekter på de klimatsystem som påverkar havsisen och resten av världen. Till exempel kommer den thermohalina cirkulationen påverkas, vilket kommer få stora konsekvenser för jordens klimat.

Nyckelord: Geografi · Naturgeografi · Havsis · Arktis · Avsmältning · Klimat

Abstract

The sea ice is melting in the Arctic in an increasingly faster rate than many scientists had thought. The main reason of the sea ice deglaciation human activity. Greenhouse gas emissions have increased in recent years, which have contributed to the rise in temperature over the earth. Other researchers argue that it is the result of natural climate variability. Sea ice reduction will affect both the Arctic climate and environment. Ecosystems that depend on sea ice will have to adapt and the people who live in the Arctic will have to change their lifestyles.

Since 1979, sea ice has reduced its prevalence, and 2007 sea ice reached a record low minimum. Climate models show that in year 2050 the Arctic Ocean could be sea ice-free. A warmer climate will have effects on the climate system affecting sea ice and the rest of the world. For example, the thermalhalina circulation will be affected, due to sea ice loss, which will have significant impacts on Earth's climate.

Keywords: Geography · Physical Geography · Sea Ice · Arctic · Deglaciation · Climate

Innehållsförteckning

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
ABSTRACT	9
1. INLEDNING	12
2. SYFTE OCH METOD	13
3. BAKGRUND	14
3.1 HAVSIS – TERMODYNAMISKA PROCESSER.....	14
3.1.1 <i>Albedo</i>	15
3.1.2 <i>Utbyte av gaser</i>	16
3.1.3 <i>Salthaltens betydelse och isens cirkulationsmönster</i>	17
3.2 HAVSISUTBREDNING OCH KONCENTRATION	18
3.3 HAVSISENS TJOCKLEK	19
3.3.1 <i>Ett-årsis och flerårsis</i>	19
3.4 EKOSYSTEM BEROENDE AV HAVSISEN	20
4. RESULTAT	20
4.1 TRENDER I HAVSISUTBREDNING 1979 TILL 2009.....	20
4.2 TRENDER I HAVSISUTBREDNING ÅR 2020, 2050 OCH 2080	23
5. DISKUSSION	24
5.1 TRENDER I HAVSISUTBREDNINGEN.....	24
5.2 TRENDER I HAVSISUTBREDNING I FRAMTIDEN	24
5.3 EFFEKTER AV AVSMÄLTNINGEN.....	25
5.3.1 <i>Lokala effekter</i>	25
5.3.2 <i>Globala effekter</i>	25
6. SLUTSATS	26
7. REFERENSER	27

1. Inledning

Havsisen i Norra Ishavet ligger som ett täcke över vattnet och är en livsviktig plattform för de arter som lever där. En hel livscykel är beroende av havsisen, allt från marina djur och mikroorganismer till den inhemska befolkningen i Arktis. Havsisen är även en viktig komponent till det samspel som sker mellan atmosfär och hav. Utan havsis skulle många arter inte existera, och klimatet skulle påverkas. Havsisen är en fundamental komponent för jordens system och en viktig del i den process som kommer påverka det framtida klimatet på jorden (Thomas & Dickemann, 2003).

Under de senaste åren har havsisens utbredning i Arktis dramatiskt blivit mindre, vilket är en indikator på den globala uppvärmningen. Havsisen har minskat med 40 % sedan 1979, när den i september 2007 nådde sitt minimum genom tiderna. Åren därefter, 2008 och 2009, visades en likande nedgående trend med ett andra och tredje rekordlåga minimum observerat sedan 1979. Ett Arktis utan havsis under sommarperioden kan vara möjligt att beskåda i mitten av detta århundrade om denna trend fortsätter (Koç *et al.*, 2009).

2. Syfte och metod

Denna uppsats är en litteraturstudie där fakta och material samlas från publicerade artiklar. Detta material ska hjälpa till att besvara uppsatsens frågeställningar, samt föra en diskussion kring ämnet.

Syftet med denna uppsats är att undersöka hur havsisen i Arktis förändras på grund av de klimatförändringar som sker, och vilka effekter det leder till. Vad för konsekvenser kommer det leda till och vem kommer påverkas av det, och hur kommer en eventuell klimatförändring i Arktis förändra och påverka miljön för de ekosystem och djur som lever där. De frågor som främst ska besvaras i denna uppsats är:

- Vad är det som orsakar havsisens avsmältning i Arktis?
- Hur har trenderna för havsisutbredningen sett ut de senaste årtiondena?
- Hur påverkas miljön i Arktis av avsmältningen och vilka möjliga effekter kommer det bidra med?
- Hur kommer dessa effekter påverka världen globalt?

3. Bakgrund

3.1 Havsis – termodynamiska processer

Havsis bildas när havsvatten fryser till is i polarhaven. Isen som bildas består av sammanvuxna kristaller av rent vatten. Men en del av vattnet fryser inte helt, utan i isen finns hålligheter där saltlake koncentreras, så kallat saltfickor. Den största delen av saltlaken dräneras bort från dessa saltfickor när isen bildas, men en del blir kvar under en lång period (Thomas, 2004). Själva saltkoncentrationen i saltfickorna är förhållandevis hög, tillskillnad från den totala saltkoncentrationen i isen. Efterhand som temperaturen i isen sjunker och höjs med årstiderna försvinner saltlaken ur isen, därför är där mycket lite saltlake kvar i gammal is till skillnad från ny is (Polaris, 2010).

För att isen ska växa i tjocklek och koncentration måste temperaturen i luften vid isens övre yta, samt temperaturen i vattnet under isen, stämma överens (Thomas, 2004). Temperatur och fryspunkt för maximal densitet avtar med ökande salthalt, vilket ger vatten med en salthalt på över 24,7 ‰ en ökande densitet fram till fryspunkten, där havsvatten med en salthalt på 35 ‰ har en fryspunkt på $-1,8^{\circ}\text{C}$. När saltlaken dräneras ut ur isen höjs salthalten i vattnet under isen, detta medför en ökande densitet i vattnet närmast isen och vattnet sjunker. Samtidigt som vattnet med högre densitet sjunker förs varmare vatten med lägre salthalt upp till ytan, dessa thermohalina konvektiva rörelser försätter så tills vattnet har nått sin fryspunkt (Thomas & Dickemann, 2003).

Den värme som transporteras genom isen, från den lägre ytan i vattnet till isens övre yta, ut till atmosfären kallas latent värme. Andelen värme som kan utvinnas bestäms av energibalansen i den nedre och undre delen av isen, samt de termiska egenskaperna. För att en yta ska vara i termiskt jämvikt med atmosfären krävs det en balans mellan den ingående och utgående värmen enligt formeln:

$$(1 - \alpha)F_r - I_0 + F_L \downarrow - F_L \uparrow + F_S + F_e + F_c + F_m = 0$$

Där F_r är den inkommande kortvågiga strålningen, med is-albedo, α , som ger ett mått på förhållandet mellan infallande och utfallande kortvågig strålning för en viss yta is. I_0 är

mängden kortvågig strålning som penetreras genom isen. $F_L \downarrow$ är den mängden inkommande långvågig strålning, där $F_L \uparrow$ är den utgående långvågiga strålningen. F_s och F_e är de turbulenta latent värme flödena, F_m är värme flödet skapat på grund av smältning och frysning i ytan av isen, som startar under sommaren i Arktis när smält perioden börjar, och slutligen F_c är det konduktiva värme flödet. Denna balans styrs även av temperaturgradienten samt tjockleken på isen (Thomas & Dickemann, 2003).

Isen som bildas har olika benämningar beroende i vilket stadium den befinner sig i. Exempelvis är där stora variationer i den årliga cykeln beroende på var i frys- eller smältperioden isen befinner sig i. Packis är is som har brutits isär på grund av den inre stress som havet utsätts för av bland annat vindar, strömmar och tidvatten. När isen brutits upp packas den samman på grund av vindens och vågornas påverkan, isflak möts och byggs på varandra till större och kraftigare packis. Vindar och strömmar är även bidragande orsaker till att packisen sedan driver och öppnar upp större områden med öppet hav (Donald *et al.*, 2009).

Havsisen är en betydelsefull interaktiv komponent för det globala klimatsystemet, på grund av processer som albedo i Arktis, utbyte av gaser i haven samt saltkoncentrationens och färskvattnets reglering mellan oceanerna (IPCC, 2007). Andra faktorer som påverkar havsisens rörelse och utbredning är bland annat vindar, havsströmmar, och inre stress. Alla dessa komponenter interagerar tillsammans, för att under vintertid täcka 7 % av norra halvklotets yta med havsis (Thomas & Dieckmann, 2003).

3.1.1 Albedo

Solinstrålningens cykliska balans är inte så kraftig att den på egen hand kan ge upphov till växlingar mellan istider och varmare perioder. Däremot kan flera processer förstärka denna strålningsbalans, som ökningen eller minskningen av jordytans albedo (Bernes, 2009). Albedo är den mängden kortvågig strålning som kommer ifrån solen, som sedan reflekteras tillbaka från jordens yta. En del ytor absorberar mer inkommande solinstrålning, medan andra absorberar mindre. Till exempel en yta med ett högt albedo, som is och snö, reflekterar tillbaka ungefär 45 till 85 % av den inkommande strålningen vilket ger ett albedo på 0,45 till 0,85. En yta svart som asfalt reflekterar nästan inget solljus alls, därför har den ett mycket lågt albedo (Strahler & Strahler, 2006).

Den solenergi som når jordens yta i form av kortvågig strålning påverkas inte bara av solens ljusstyrka utan även av de förändringar jordens läge och rörelse har i förhållande till solen (Ahrens, 2009). Under hösten och vintern står solen lågt över Arktis, infallsvinkeln för inkommande solinstrålning är mycket låg och temperaturen i Atmosfären sjunker. När temperaturen når fryspunkten börjar havsisen att växa. Eftersom havsis har ett högre albedo än havet, reflekteras den största delen inkommande solinstrålningen tillbaka igen. Detta medför att temperaturen sjunker ytterligare och havsisens tillväxt gynnas. Denna negativa återkoppling är en styrande faktor av den globala stålningbalansen (Bernes, 2003).

Under sommaren ändras solinstrålningens infallsvinkel i Arktis, temperaturen i atmosfären stiger och isen börjar smälta. Den största delen av den inkommande strålningen reflekteras fortfarande, men trots detta värmer strålningen upp isen tillräckligt för en inledande smältsäsong. De delar av havsisen som är täckta av snö, reflekterar mer inkommande strålning än de utan vilket beror på att snö har högre albedo än is (NSIDC, 2010). Snön har även en isolerande effekt, detta medför att avsmältningen tar ännu längre tid. När snön väl börjar smälta på havsisen bildas vattendammar på isen, eftersom vatten har lägre albedo än snö och is absorberas mer solinstrålning, vilket leder till större vattendammar och en ökad frekvens av ismältningen (Thomas & Dieckmann, 2003).

3.1.2 Utbyte av gaser

Världshaven är stora bassänger mättade på syre, koldioxid och kväve. Man brukar tala om haven som stora kolsänkor. Tillsammans med atmosfären försöker de alltid skapa en temperaturbalans genom att driva värme mot polerna från ekvatorn. Under vintern är den Arktiska atmosfären mycket kall, till skillnad från havet som är mycket varmare. Havsisen ligger då som ett lager mellan havet och atmosfären, och hindrar havet från att värma upp atmosfären genom en värmetransport från hav till atmosfär. Under sommaren när havsisen börjar smälta, bryts isen isär och lämnar öppet hav efter sig. Detta leder till fri värmetransport från hav till atmosfär, vilken i sin tur påverkar hela den globala atmosfäriska cirkulationen (NSIDC, 2010).

3.1.3 Salthaltens betydelse och isens cirkulationsmönster

Vindarna och temperaturen är de största faktorerna till havscirkulation både på ytan och i djupet, tack vare dess faktorer är havsisen i ständiga rörelser. Den vinddrivna arktiska havsisen påverkas av två huvudsakliga system, *BeaufortGyre* och *Transpolar DriftStream*, vilka illustreras i figur 1. På grund av ett högtryckssystem cirkulerar havsisen medurs i *BeaufortGyre*. Detta medför att vindarna spinner runt och därför kan isen stannat kvar i flera år. Den andra komponenten *Transpolar drift stream* flyttar isen från den sibiriska kusten i Ryssland genom den Arktiska bassängen ner till den östra kusten av Grönland, där den sedan driver ut i Nordatlanten (NSIDC, 2010).

Havsströmmarna transporterar ständigt varmare vatten från ekvatorn till polerna. Denna process kallas den thermohalina cirkulationen. När isen lämnar den Arktiska oceanen och närmar sig varmare vatten på lägre breddgrader smälter den sakta. Samtidigt som varmt vatten med högre densitet transporteras till polerna. Under transporten från ekvatorn till polen kyls vattnet sakta ner och densiteten ökar. Detta leder till att vattnet sjunker mot havsbotten och bildar så kallat bottenvatten. Om inte denna process hade fungerat hade vattnet i haven inte cirkulerat alls och en värmetransport från ekvatorn till polerna hade inte existerat. Det är skillnaderna mellan salthalten och temperaturen i vattenmassorna som driver vattnets cirkulation. Om andelen färskvatten ökar från en avsmältning av havsis eller glaciärer så påverkas den thermohalina cirkulationen (NSIDC, 2010).



Figur 1. Havsströmmarna i Arktis, med BeaufortGyresystemet i mitten och Transpolar Drift som en linjal genom den Arktiska oceanen ner mot Grönland och ut mot Nord Atlanten, Röda pilar visar varma strömmar och blå pilar visar kalla havsströmmar (NSDIC, 2010).

3.2 Havsisutbredning och koncentration

Sedan början av 1970-talet började man använda satellitbilder för att mäta havsisen utbredning och koncentration (Vinnikov *et al.*, 1999). Tekniken har utvecklats sedan dess och idag baseras data på bilder tagna med hjälp av passiv mikrovågsradiometri från satelliter som går i kretslopp kring jorden. Bilderna ger en bra överblick av hur havsisen har förändrat sin utbredning under säsongerna (Walsh *et al.*, 2005). Under säsongerna varierar havsisen sin utbredning kraftigt. I mars månad når havsisen sitt maximum och i september månad, efter sommarens avsmältning, når den sitt minimum (Thomas, 2004).

All havsis är en del av den så kallade packisen vilken cirkulerar i den Arktiska oceanen driven av vindar och havsströmmar. Denna packis är mycket inhomogen och varierar i både tjocklek och ålder (Lemke *et al.*, 2007).

Havsisvariabeln, som grundas på den information man fått genom observationer från fartyg, flygplan och satellitdata, definieras som den havsareal som täcks av en iskoncentration på mer än 15 %. Arktisk havsis maxutbredningen under vintern sträcker sig till ungefär 15 miljoner km² när minutbredningen under sommarn sträcker sig till ungefär 7 miljoner km². Den areala havsisutbredningen sträcker sig mellan 5 till 6 miljoner km² under sensommaren till 14 miljoner km² under slutet av vintern (Parkinson *et al.*, 1999).

Havsisens rörelse påverkar isens förekomst både lokalt, genom deformation och skapande av öppna vattenområden, regionalt genom advektion av is från ett område till ett annat och globalt genom export av is från polarhaven till lägre breddgrader där den smälter (Lemke *et al.*, 2007).

3.3 Havsisens tjocklek

Det är inte bara utsträckningen och den areal av havet som är istäckt utan även djupet på havsisen som är av stor vikt för själva havsisens massbudget, hur mycket is som formas under vintern respektive smälter under sommaren. Men det är inte förrän på senare år som mätningar på djupet har varit möjliga (Thomas, 2004). Tjockleken på isen i början av våren spelar roll för hur mycket is som överlever sommarens smältperiod. Faktorer som påverkar isens tjocklek är isens rörelse, vilken regleras av vindar samt havsströmmar. Dessa i sin tur påverkas av olika väderförhållanden som den arktiska oscillationen (AO) och beror på skillnader i atmosfäriska tryck mellan Arktiska regionen och regioner längre söderut. Dessa tryckskillnader skapar västgående vindar högre upp i atmosfären (NSIDC, 2010). Under en positiv AO-fas råder starka tryckskillnader över regionen och vindarna konvergerar cykloniskt, vilket medför ett mycket kallt Arktis. Vindarna som sveper in från Atlanten är fuktiga och varma och vi får en mild vinter i Europa. När det råder en negativ AO-fas råder mindre tryckskillnader mellan den Arktiska regionen och de sydliga. Detta medför svagare västliga vindar, vilket medför en kallare vinter i Europa (Arhens, 2009).

3.3.1 Ett-årsis och flerårsis

Skillnaden mellan ettårs- och flerårsis är livslängden. Havsis som inte smälter bort under första året efter den bildas kallas ett-årsis, och flerårsis är is som överlever två somrar (NSIDC, 2010). Livslängden för havsis beror till stor del på vindar och havsströmmar, vilka

är avgörande faktorer för vilket håll isen driver. Ungefär 80 % av alla is som bildas varje år smälter under en sex månaders period, på grund av säsongsskiftningar och driver till lägre breddgrader där havstemperaturen är varmare (Thomas, 2004). Sedan 2005 har flerårsisen minskat med nästan 40 % på grund av smälta och vindrörelser hos isen. Detta har resulterat i att ett-årsisen har blivit den dominerande typen av is i Arktis både i koncentration och i utbredning (Overland *et al.*, 2009).

3.4 Ekosystem beroende av havsisen

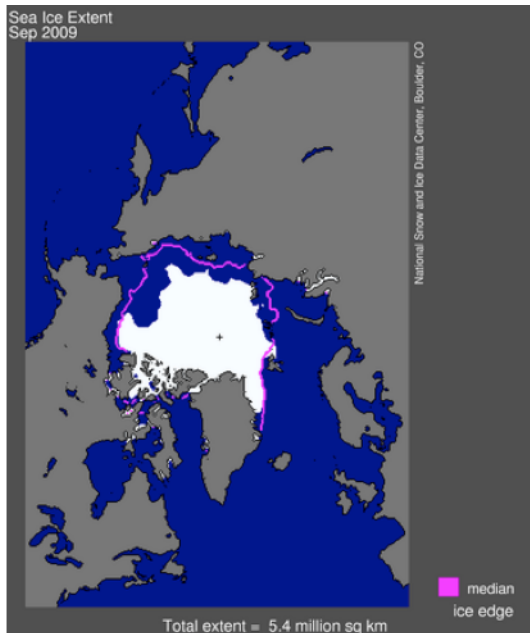
I Arktis lever det en mängd olika arter, bland annat däggdjur och fåglar. De har, trots det rådande stränga klimatet, funnit ett sätt att leva här. Här är packisen en vital plattform, där de jagar föda, reproducerar och skyddar sig från rovdjur högre upp i näringskedjan. Djur som är mycket beroende av havsisen är bland annat sälar, valar och isbjörnar. Vikare är en säl i Arktis som man vanligtvis finner uppe på packisen för att vila, föda ungar och skydda sig mot rovdjur. När packisen bryter upp i mindre plättar använder sig vikaren av de öppna områdena till andningshål. Isbjörnen som bland annat jagar vikare är mycket beroende av packisen. Den rör sig kring områden där isen är något tunnare och där den spricker upp i mindre flak, där finns i regel mer föda. Trots påträffandet av isbjörnar på fastlandet är isbjörnen helt beroende av havsisen för deras existens. Den har lärt sig att jaga på packisen eftersom vikaren tar sig upp i de olika andningshålerna, vilket leder till bra jaktmarker för isbjörnen (Thomas, 2004).

4. Resultat

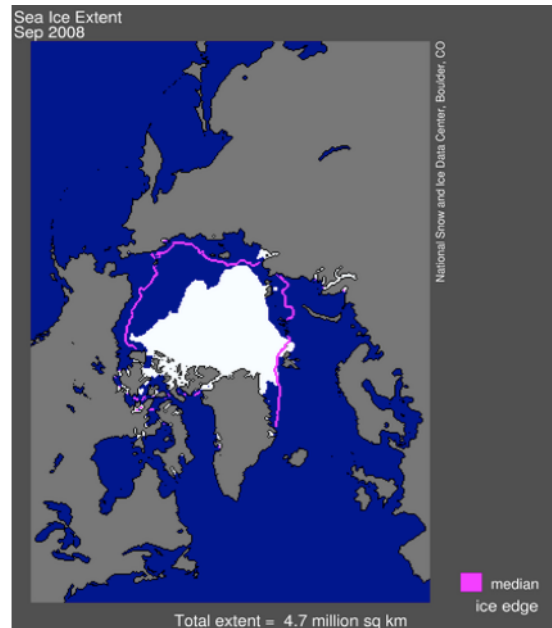
4.1 Trender i havsisutbredning 1979 till 2009

Sedan 1979 kan man se en signifikant negativ trend i den årliga utbredningen av havsisen i Arktis. Den maximala havsisutbredningen i mars visar en minskning med 2,8 % per årtionde och den minimala utbredningen i september visar en minskning på 11,2 % per årtionde. I september 2007 nådde havsisutbredningen ett rekordlåg minimum med endast 4,2 miljoner km² jämfört med 7,8 miljoner km² 1980. Efter det rekordlåga året 2007 följde 2008 och 2009 efter med det andra och tredje rekordlåga värdena sedan början av övervakningen 1979. Isen smälter även signifikant mycket fortare än vad tidigare klimatmodeller har visat, speciellt under sommaren (Koç *et al.*, 2009). I figurerna 2-5, visas havsisutbredningen för september

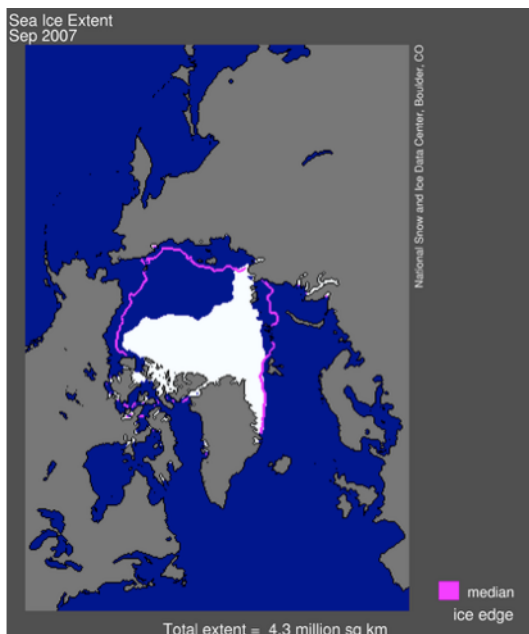
månad under åren 2006 till 2009, den rosa linjen visar medianen för havsisens utbredning under perioden 1979-2000.



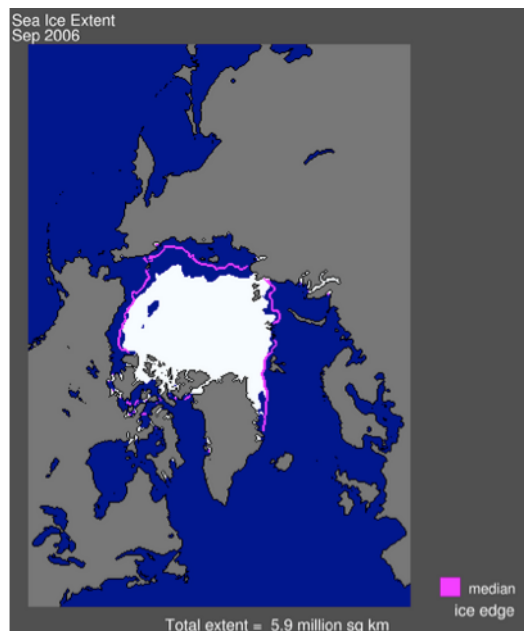
Figur 2. Havsisutbredning i september 2009, där den rosa linjen visar medianen för utbredningen (NISDC, 2010).



Figur 3. Havsisutbredning i september 2008, där den rosa linjen visar medianen för utbredningen (NISDC, 2010).



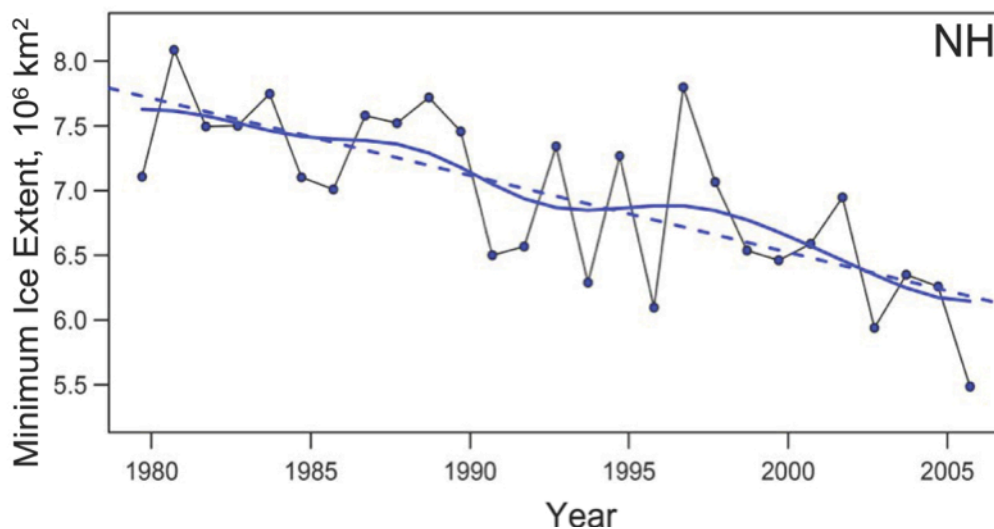
Figur 4. Havsisutbredning i september 2007, där den rosa linjen visar medianen för utbredningen (NISDC, 2010).



Figur 5. Havsisutbredning i september 2006, där den rosa linjen visar medianen för utbredningen (NISDC, 2010).

Skillnaden mellan åren 2006 och 2007 är markant när havsisen nådde sin minimala utbredning någonsin för att sedan åter öka något i utbredning under åren 2008 och 2009, men för att ändå vara betydligt mindre utbredning än medianen vilken är beräknad på medelvärden mellan åren 1979 och 2000 (NSIDC, 2010).

De mest uppmärksammade förändringarna av havsisen i Arktis är de observationer som visar de stora förlusterna av is som inte överlever sommaravsmältningen, illustrerat i figur 7. Mätdata visar den minimala Arktiska havsisens utbredning mellan åren 1979 och 2005. Trenden visar en minskning på $-60 \pm 20 \times 10^3 \text{ km}^2 \text{ år}^{-1}$, vilket är en minskning på $-7,4 \pm 2,4\%$ per årtionde. Mätpunkterna visar medelvärden under åren 1979 till 2005, där den streckade linjen är en linjär trend av mätpunkterna. Den heldragna blåa linjen visar variationen över årtionden (Lemke *et al.*, 2007).



Figur 7. Den minimala havsisutbredningen mellan åren 1979 och 2005. Punkterna visar mätdata över varje år, den streckade linjen är den linjära trenden och den heldragna linjen visar variationen över årtionde (IPCC, 2007).

Att den stora avsmältningen under sommaren är den största förändringen av havsisutbredningen är ett faktum, dock visar mätdata från åren 1978-98 en förlust av flerårsis under vintern med 7 % per årtionde (Comiso & Parkinson, 2004). Och enligt Arctic Climate Impact Assessment visade en analys där resultat visade att flerårsisen hade minskat med 14 % under vintern i Arktisk mellan samma år (Walsh *et al.*, 2005).

Många forskare menar på att den rådande havsisavsmältningen inte bara beror på en global uppvärmning orsakad av människan, utan även uppvärmningen på grund av den naturliga

variationen i klimatet. Overland and Wang (2009) menar på att den senaste havsisavsmältningen i Arktis är direkt länkad med förändringar i det nordliga vindmönstret. Den arktiska oscillationen är under en negativ fas och påverkar klimatet i Arktisk. Under en negativ fas råder anticyklona vindar vilka driver havsisen ut från den Arktiska oceanen genom passagen Fram Strait (Lindsay *et al.*, 2007).

4.2 Trender i havsisutbredning år 2020, 2050 och 2080

2005 presenterar ACIA fem olika klimatmodeller som simulerar havsisutbredningen i Arktis för år 2020, 2050 och 2080 (Walsh *et al.*, 2005). Modellerna visar en simulerad distribution av havsisen under mars månad då isens utbredning är som störst och under september månad när isen är som minst efter sommaravsmältningen. Minskningen av havsis är positivt korrelerad med temperaturökningen som beräknas ske i Arktis. En av modellerna visar ett havsisfritt Arktis under september månad omkring år 2080 och ett nästan isfritt Arktis år 2050. Stroeve *et al* (2007) menar även att många klimatmodeller världen över visar en positivt korrelation mellan en ökande mängd växthusgaser och en minskande havsis. Bland deras egna modeller visar trenden på ett näst intill havsisfritt Arktis omkring år 2050 , där trenden fortsätter in i 2100-talet.

5. Diskussion

5.1 Trender i havsisutbredningen

Att havsisens avsmältning är en effekt av den globala temperaturökningen är de flesta forskare eniga om. Temperaturökningen är ett resultat av den ökande mängd växthusgaser som har tillförts till atmosfären under de senaste 100 åren, där människan är en bidragande faktor (Lemke *et al.*, 2007). Denna temperaturökning har påverkat havsisens utbredning och startat en trend. Men temperaturförhöjningen har inte bara påverkat havsisavsmältningen utan även processer som styr klimatförhållandena i Arktis, så som den arktiska oscillationen och den thermohalina cirkulationen. Huruvida dessa processer styr havsisavsmältningen är inget man riktigt vet om, vilket gör det svårt att peka ut en enskild process som en styrande faktor. Utan alla processerna integrerar och formar tillsammans den rätta miljön för att havsisen ska kunna formas och existera. Exempelvis är havsisens albedo en avgörande faktor dels för energins strålningsbalans och dels för is-albedo återkopplingen. Båda processerna kan påskynda havsisens variationer över stora tidsskalor, de kan vara naturliga variationer men de kan även vara ett resultat av en klimatförändring som världen står inför.

När havsisen minskade markant 2007, och lämnade den arktiska oceanen näst intill öppen, kan man säga att havsisutbredningen nådde en ”tipping point” mot ett mer tunnare och mindre utbrett istäcke. De termodynamiska processerna vid isbildningen har påverkats av is-albedo mekanismen och minskat den tjocka flerårsisen (Dorn *et al.*, 2008)

5.2 Trender i havsisutbredning i framtiden

Många klimatmodeller förutspår att det i framtiden inte kommer finnas en havsis i Arktis. Att bekräfta ett sådant resultat är omöjligt då modeller enbart simulerar efter vad som tror sig vara möjligt, byggt på data från tidigare år. Eftersom man inte riktigt vet i vilken utsträckning varje process styr havsisens utbredning är det svårt att simulera modellerna rätt. Olika scenarier kan man ta fram, men det är inte säkert att de kommer inträffa. Det ända man kan göra är att uppmärksamma de förändringar som hela tiden sker och utvärdera dem på bästa möjliga sätt.

5.3 Effekter av avsmältningen

5.3.1 Lokala effekter

I Alaska är kusterosion en konsekvens av havsisens avsmältning. När isen längs kusterna minskar, och på grund av ett mer öppet hav, har vinden en längre fetch. Detta resulterar i att fler och större vågor färdas över öppet hav och skapar erosion vid kusterna (Serreze *et al.*, 2007). Havsisavsmältningen påverkar även den traditionella jakten hos inhemska kulturer i Arktis. Jakten är inte bara ett sätt att överleva på utan även en kultur och social identitet (Naturvårdsverket, 2010). En avsmältning av havsisen som en följd av ett varmare klimat, kommer ha stora effekter på de däggdjur och fåglar som lever beroende av havsisen. De marina däggdjuren som lever uppe på isen, kommer vara tvungna att finna nya livsmiljöer (Walsh *et al.* 2005). En förlust av havsis kommer leda till att isbjörnens jaktmarker bli mindre och farligare. Isen blir mindre pålitlig, då packis och flerårsis bryts loss snabbare under säsongen på grund av smältan. Isbjörnen kommer då få dra sig tillbaka tidigare under sommaren, utan att ha byggt upp en fettreserv inför vintern (Thomas, 2004).

5.3.2 Globala effekter

En förändring av havsisens utbredning kommer påverka inte bara det Arktiska klimatet utan även andra klimatsystem. Samspelet mellan atmosfären, havet, isen och fastlandet får konsekvenser om en faktor förändras. Exempel på detta är bland annat is-albedo mekanismen, där en minskning av havsisen skapar mindre reflekterande yta vilket ökar upptaget av kortvägig strålning som i sin tur ger en värmande effekt för klimatet. Däremot kan en ökande temperatur ökning i Arktik resulterar i en ökad nederbörd vilket leder till större ytor av snö vilket har en delkylande effekt på grund av sitt höga albedo (Comiso & Parkinson, 2004).

Den thermohalina cirkulationen tenderar att störas vid en omfattande havsisavsmältning. Färskvattens transport från Arktis till Atlanten har sedan 1960-talet ökat, och tenderar att fortsätta göra så under hela 2000-talet (Serreze *et al.*, 2007). I vilken utsträckning detta kan påverka det globala havet och dess klimat behövs uträttas mer. En bättre förståelse för denna process och hur den kommer att påverka klimatet i Europa och den Arktiska oceanen (Walsh *et al.*, 2005).

Ett mer öppet Arktiskt hav kommer resultera i en förlängd säsong för sjötransporter. Naturresurser som gas och olja kommer bli möjliga att utnyttja och en snabbare sträcka mellan Asien och Europa mellan Atlanten och Stilla havet kommer öppna fler möjligheter för sjötransporten genom nordostpassagen. Denna passage har blivit mer isfri, då havsisen har minskat (Naturvårdsverket, 2010). Att havsisens minskning kommer påverka miljön i Arktis är ett faktum, men i vilken utsträckning är svår att veta. Men något man vet är att denna havsisminskning kommer få stora effekter för vår värld i ett större perspektiv.

6. Slutsats

Havsisen har minskat sedan 1979 och denna trend fortsätter i en allt snabbare takt. Enligt klimatmodeller kommer det i framtiden inte finnas mer havsis i Arktis. Trenden visar en positiv korrelation mellan en ökande mängd växthusgaser och en minskande havsis. De naturliga variationerna kan även vara en förstärkande faktor till havsisens minskning. En mekanism som påverkas av detta är is-albedot. Denna återkoppling blir mer positiv då isen försvinner mer och mer, vilket i sin tur leder till ett varmare Arktis som påskyndar processen ytterligare. Arktiska miljön kommer få stora effekter på grund av den rådande havsisminskningen. Ekosystem kommer att få anpassa sig på nytt och den inhemska befolkningen kommer få ändra sin livsmiljö. Att havsisen är en viktig komponent för resten av jordens klimatsystem vet många forskare om, men i vilken utsträckning en avsmältning av havsisen kommer påverka kan man inte svara på med säkerhet.

7. Referenser

- Bernes, C., 2003. En varmare värld – växthuseffekterna och klimatets förändringar. AB Danagårds Grafiska, Ödeshög. ISBN 91-620-1228-2
- Comiso, J. C. and Parkinson, C. L., 2004. Satellite-Observed changes in the Arctic. *Physics Today*, 57:38-44 doi:10.1063/1.1801866
- Koç N., Njåstad B., Armstrong R., Corell R. W., Jensen D. D., Leslie K. R., Rivera A., Tandong Y. & Winther J-G., 2009. Melting snow and ice: a call for action. Centre for Ice, Climate and Ecosystems, Norwegian Polar Institute.
- Lemke, P., J. Ren, R.B. Alley, I. Allison, J. Carrasco, G. Flato, Y. Fujii, G. Kaser, P. Mote, R. H. Thomas and T. Zhang, 2007: Observations: Changes in Snow, Ice and Frozen Ground. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K. B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Lindsay, R. W., Zhang, J. and Schweiger, A., 2008. Arctic sea ice retreat in 2007 follows thinning trend. *Journal of climate*22: 165-177
- Naturvårdsverket, 2009. ”Aktisk havsis smälter”
<http://www.naturvardsverket.se/sv/Klimat-i-forandring/Sa-forandras-klimatet/Hela-varlden-paverkas/Arktis-havsis-smalter/> hämtad:2010-05-17
- NSIDC, National Snow and Ice Data Center, 2010. ”All about sea ice”
<http://nsidc.org/seaice/intro.html> hämtad: 2010-03-05

- Overland, J.E. and Muiyin W., 2010. Large-scale atmospheric circulation changes are associated with the recent loss of Arctic sea ice. *Tellus: Series A*62:1-10
- Perovich, D.K. and Richter-Menge, J.A., 2009. Loss of Sea Ice in the Arctic. *Annual Review of Marine Science*1:417-441
- Polaris, möte med världens poler, 2010. "Klimat" <http://www.polarisen.se/klimat> hämtad: 2010-04-03
- Serreze, M.C., M.M. Holland, and J. Stroeve, 2007. Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover. *Science* 315: 1533-1536.
- Strahler A. & Strahler A., 2006. *Introducing Physical Geography*. Fourth edition, John Wiley & Sons. ISBN: 0-471-67950-X
- Troeve, J., M.M. Holland, W. Meier, T. Scambos, and M. Serreze, 2007. Arctic sea ice decline: Faster than forecast. *Geophysical Research Letters* doi:10.1029/2007GL029703.
- Thomas, D.N., 2004. *Frozen water – the floating world of pack ice*. Natural History Museum, London. ISBN 0-565-09188-3
- Thomas, D.N. and Dieckmann, G.S., 2003. *Sea Ice: an introduction to its physics, chemistry, biology and geology*. Oxford, Blackwell science Ltd. ISBN 0-632-05808-0
- Vinnikov, K.Y., A. Robock, R.J. Stouffer, J.E. Walsh, C.L. Parkinson, D.J. Cavalieri, J.F.B. Mitchell, D. Garrett, and V.F. Zakharov. 1999. Global warming and Northern Hemisphere sea ice extent. *Science* 286: 1934-1937.
- Walsh, J.E., Anisimov, O., Hagen, J.O.M, Jakobsson, T., Oerlemans, J., Prowse, T.D., Romanovsky, D., Savelieva, N., Serreze, M., Shiklomanov, A., Shiklomanov, I., Solomon, S., 2005. *Cryosphere and Hydrology – ACIA Chapter 6*. In: *Arctic Climate Impacts Assessment: Technical report to the Arctic Council of Ministers*. Cambridge University Press. 183-242

Wang, J., J. Zhang, E. Watanabe, M. Ikeda, K. Mizobata, J. E. Walsh, X. Bai, & B. Wu, 2009.
Is the Dipole Anomaly a major driver to record lows in Arctic summer sea ice
extent?. *Geophysical Research Letters*.36, L05706, doi:10.1029/2008GL036706

Lunds Universitets Naturgeografiska institution. Seminarieuppsatser. Uppsatserna finns tillgängliga på Naturgeografiska institutionens bibliotek, Sölvegatan 12, 223 62 LUND. Serien startade 1985. Uppsatserna är även tillgängliga på <http://www.geobib.lu.se/>

The 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. Also available at <http://www.geobib.lu.se/>

111. Tränk, L., (2005): Kadmium i skånska vattendrag – en metodstudie i föroreningsmodellering.
112. Nilsson, E., Svensson, A.-K., (2005): Agro-Ecological Assessment of Phonxay District, Luang Phrabang Province, Lao PDR. A Minor Field Study.
113. Svensson, S., (2005): Snowcover dynamics and plant phenology extraction using digital camera images and its relation to CO₂ fluxes at Stordalen mire, Northern Sweden.
114. Barth, P. von., (2005): Småvatten då och nu. En förändringsstudie av småvatten och deras kväveretentionsförmåga.
115. Areskoug, M., (2005): Planering av dagsutflykter på Island med nätverkanalys
116. Lund, M., (2005): Winter dynamics of the greenhouse gas exchange in a natural bog.
117. Persson, E., (2005): Effect of leaf optical properties on remote sensing of leaf area index in deciduous forest.
118. Mjöfors, K., (2005): How does elevated atmospheric CO₂ concentration affect vegetation productivity?
119. Tolleback, E., (2005): Modellering av kväveavskiljningen under fyra år i en anlagd våtmark på Lilla Böslid, Halland
120. Isacson, C., (2005): Empiriska samband mellan fältdata och satellitdata – för olika bokskogområden i södra Sverige.
121. Bergström, D., Malmros, C., (2005): Finding potential sites for small-scale Hydro Power in Uganda: a step to assist the rural electrification by the use of GIS
122. Magnusson, A., (2005): Kartering av skogsskador hos bok och ek i södra Sverige med hjälp av satellitdata.
123. Levallius, J., (2005): Green roofs on municipal buildings in Lund – Modeling potential environmental benefits.
124. Florén, K., Olsson, M., (2006): Glacifluviala avlagrings- och erosionsformer i sydöstra Skåne – en sedimentologisk och geomorfologisk undersökning.
125. Liljewalch-Fogelmark, K., (2006): Tågbuller i Skåne – befolkningens exponering.
126. Irminger Street, T., (2006): The effects of landscape configuration on species richness and diversity in semi-natural grasslands on Öland – a preliminary study.
127. Karlberg, H., (2006): Vegetationsinventering med rumsligt högupplösande satellitdata – en studie av QuickBird-data för kartläggning av gräsmark och konnektivitet i landskapet.
128. Malmgren, A., (2006): Stormskador. En fjärranalytisk studie av stormen Gudruns skogsskador och dess orsaker.
129. Olofsson, J., (2006): Effects of human land-use on the global carbon cycle during the last 6000 years.

- 130 Johansson , T., (2006): Uppskattning av nettoprimärproduktionen (NPP) i stormfällan efter stormen Gudrun med hjälp av satellitdata.
- 131 Eckeskog, M., (2006): Spatial distribution of hydraulic conductivity in the Rio Sucio drainage basin, Nicaragua.
- 132 Lagerstedt, J., (2006): The effects of managed ruminants grazing on the global carbon cycle and greenhouse gas forcing.
- 133 Persson, P., (2007): Investigating the Impact of Ground Reflectance on Satellite Estimates of Forest Leaf Area Index
- 134 Valoczi, P. (2007): Koldioxidbalans och koldioxidinnehållsimulering av barrskog i Kristianstads län, samt klimatförändringens inverkan på skogen.
- 135 Johansson, H. (2007): Dalby Söderskog - en studie av trädarternas sammansättning 1921 jämfört med 2005
- 137 Kalén, V. (2007): Analysing temporal and spatial variations in DOC concentrations in Scanian lakes and streams, using GIS and Remote Sensing
- 138 Maichel, V. (2007): Kvalitetsbedömning av kväveretentionen i nyanlagda våtmarker i Skåne
- 139 Agardh, M. (2007): Koldioxidbudget för Högestad – utsläpp/upptag och åtgärdsförslag
- 140 Peterz, S. (2007): Do landscape properties influence the migration of Ospreys?
- 141 Hendrikson, K. (2007): Småvatten och groddjur i Täby kommun
- 142 Carlsson, A. (2008): Antropogen påverkan i Sahel – påverkar människans aktivitet NDVI uppmätt med satellit.
- 143 Paulsson, R. (2008): Analysing climate effect of agriculture and forestry in southern Sweden at Högestad & Christinehof Estate
- 144 Ahlstrom, A. (2008): Accessibility, Poverty and Land Cover in Hambantota District, Sri Lanka. Incorporating local knowledge into a GIS based accessibility model.
- 145 Svensson T. (2008): Increasing ground temperatures at Abisko in Subarctic Sweden 1956-2006
- 146 af Wählberg, O. (2008): Tillämpning av GIS inom planering och naturvård - En metodstudie i Malmö kommun.
- 147 Eriksson, E. och Mattisson, K. (2008): Metod för vindkraftslokalisering med hjälp av GIS och oskarp logik.
- 148 Thorstensson, Helen (2008): Effekterna av ett varmare klimat på fenologin hos växter och djur i Europa sedan 1950.
- 149 Raguz, Veronika (2008): Karst and Waters in it – A Literature Study on Karst in General and on Problems and Possibilities of Water Management in Karst in Particular.
- 150 Karlsson, Peggy (2008): Klimatförändringarnas inverkan på de svenska vägarna.
- 151 Lyshede, Bjarne Munk (2008): Rapeseed Biodiesel and Climate Change Mitigation in the EU.
- 152 Sandell, Johan (2008): Detecting land cover change in Hambantota district, Sri Lanka, using remote sensing & GIS.
- 153 Elgh Dalgren, Sanna (2008): vattennivåförändringar i Väneren och dess inverkan på samhällsbyggnaden I utsatta städer
- 154 Karlgård, Julia (2008): Degrading palsa mires in northern Europe: changing vegetation in an altering climate and its potential impact on greenhouse gas fluxes.
- 155 Dubber, Wilhelm and Hedbom, Mari (2008) Soil erosion in northern Loa PDR

- An evaluation of the RUSLE erosion model
- 156 Cederlund, Emma (2009): Metodgranskning av Klimatkommunernas lathund för inventering av växthusgasutsläpp från en kommun
- 157 Öberg, Hanna (2009): GIS-användning i katastrofdrabbade utvecklingsländer
- 158 Marion Früchtl & Miriam Hurkuck (2009): Reproduction of methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions
- 159 Florian Sallaba (2009): Potential of a Post-Classification Change Detection Analysis to Identify Land Use and Land Cover Changes. A Case Study in Northern Greece
- 160 Sara Odellius (2009): Analys av stadsluftens kvalitet med hjälp av geografiska informationssystem.
- 161 Carl Bergman (2009): En undersökning av samband mellan förändringar i fenologi och temperatur 1982-2005 med hjälp av GIMMS datasetet och klimatdata från SMHI.
- 162 Per Ola Olsson (2009): Digitala höjddata och höjdsystem. Insamling av höjddata med fokus på flygburen laserskanning.
- 163 Johanna Engström (2009): Landskapets påverkan på vinden -sett ur ett vindkraftperspektiv.
- 164 Andrea Johansson (2009): Olika våtmarkstypers påverkan på CH₄, N₂O och CO₂ utsläpp, och upptag av N₂.
- 165 Linn Elmlund (2009): The Threat of Climate Change to Coral Reefs
- 166 Hanna Forssman (2009): Avsmältningen av isen på Arktis - mätmetoder, orsaker och effekter.
- 167 Julia Olsson (2009): Alpina trädgränsens förändring i Jämtlands- och Dalarnas län över 100 år.
- 168 Helen Thorstensson (2009): Relating soil properties to biomass consumption and land management in semiarid Sudan – A Minor Field Study in North Kordofan
- 169 Nina Cerić och Sanna Elgh Dalgren (2009): Kustöversvämningar och GIS - en studie om Skånska kustnära kommuners arbete samt interpolationsmetodens betydelse av höjddata vid översvämningssimulering.
- 170 Mats Carlsson (2009): Aerosolers påverkan på klimatet.
- 171 Elise Palm (2009): Övervakning av gåsbete av vass – en metodutveckling
- 172 Sophie Rychlik (2009): Relating interannual variability of atmospheric CH₄ growth rate to large-scale CH₄ emissions from northern wetlands
- 173 Per-Olof Seiron and Hanna Friman (2009): The Effects of Climate Induced Sea Level Rise on the Coastal Areas in the Hambantota District, Sri Lanka - A geographical study of Hambantota and an identification of vulnerable ecosystems and land use along the coast.
- 174 Norbert Pirk (2009): Methane Emission Peaks from Permafrost Environments: Using Ultra-Wideband Spectroscopy, Sub-Surface Pressure Sensing and Finite Element Solving as Means of their Exploration
- 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): Havsisavsmältningen i Arktis och dess effekter

