UPPSALA
UNIVERSITET

Klimatförändringars påverkan på havssköldpaddor

Frida Alexandersson

Independent Project in Biology
Självständigt arbete i biologi, 15 hp, höstterminen 2016
Institutionen för biologisk grundutbildning, Uppsala universitet

Klimatförändringars påverkan på havssköldpaddor

Frida Alexandersson

Självständigt arbete 2016

Sammandrag

Det finns många hot mot havssköldpaddor idag. De största hoten är förhöjda temperaturer i stränderna där äggläggningen sker, förhöjda havsnivåer och minskning av sjögräsbäddar. I grunden är de förhöjda temperaturerna på Jorden på grund av klimatförändringarna som gör att dessa hot uppstår. Temperaturen på jorden kommer att kunna, enligt studier, stiga markant i framtiden på grund av förhöjda nivåer av växthusgaser i atmosfären och i världens hav. Detta leder i sin tur till stora klimatförändringar. Därför är klimatförändringarna som sker idag ett stort problem, då de sker i snabbare takt än de gjort tidigare. Detta kommer i sin tur leda till ett mer instabilt och extremt klimat än vad som redan ses idag och som i sin tur kan ha svåra konsekvenser på ekosystem såväl som arter. Marina havsmiljöer och ekosystem är mycket känsliga för klimatförändringar och drivs idag mot förhållanden med varmare temperaturer som inte setts på miljoner år. Dessa förändringar påverkar havssköldpaddor. Om havssköldpaddor minskar eller försvinner riskerar detta även att påverka andra delar av ekosystemen, exempelvis sjögräsbäddars utbredning och tillgänglig mat för tigerhajar vilket kan påverka hela ekosystemet. Om havssköldpaddorna minskar eller försvinner påverkar detta diversiteten av sjögräs. Dock kan sjögräsbäddar minska oberoende av havssköldpaddor på grund av framför allt temperaturförändringar. Minskande storlek av sjögräsbäddar på grund av klimatförändringar påverkar då också havssköldpaddor negativt då de har sjögräsbäddarna som föda. De får då mindre tillgång till föda på grund av habitatförstörelse och måste i många fall ta sig till nya områden för att få mat. Dock kan det bli svårare för dem att hitta nya ställen att äta ju mer habitaten försvinner. Alla havssköldpaddors äggläggningsplatser påverkas också då temperaturökningen på Jorden leder till höjd havsnivå som kan dränka stränder där havssköldpaddor tidigare lade sina ägg. Äggläggningsplatserna påverkas även av att temperaturerna i stränder stiger. Havssköldpaddor har en temperaturberoende könsbestämning (TBK) som berörs av ändringar i temperaturen i stränderna. TBK innebär att temperaturen bestämmer vilket kön som föds. Detta leder då till en förändrad könskvot vid förhöjda temperaturer och även risk för ökad dödlighet hos ägg samt nykläckta ungar. Utöver dessa faktorer finns det även direkta mänskliga faktorer som spelar roll i havssköldpaddans liv, exempelvis plast och att de fiskas upp som bifångst, det vill säga att havssköldpaddorna inte är målet för fiskandet men att de kommer upp i näten av misstag. Dessa är två av de största problem de utsätts för idag förutom klimatförändringarna.

Det är svårt att säga exakt hur situationen ser ut för de olika arterna och därför är det ännu viktigare att sätta in åtgärder som kan hjälpa dem. Som det ser ut nu är alla arter av havssköldpaddor hotade. Det finns idag bevarandeåtgärder som satts in för att skydda havssköldpaddorna men dessa behöver utvecklas och spridas då det mest är på vissa platser i världen de utförs. Förändringar av till exempel nät som fiskas med har gjorts för att minska upptaget av bifångst, dock behöver detta spridas och gälla allt fiske som sker och inte bara vissa. Mängden plast i haven måste också minska drastiskt. Vad som mer behöver göras är att minska mängden utsläpp av växthusgaser för att förändringarna i havet ska vända. FN:s klimatpanel IPCC beslutade i Paris under FN:s klimatkonferens (COP21) år 2015 om att minska mängden utsläpp av växthusgaser, vilket är ett steg i rätt riktning. Havssköldpaddorna kan bli hjälpta så länge världen hjälps åt att ändra på hur det ser ut idag.

Inledning

De antropogena, människoorsakade, klimatförändringarna som hotar världen i dag sker fortare under kortare tid än vad de gjort tidigare århundranden (Lewis 2016). Klimatförändringarna beror framför allt på ökade växthusgasnivåer i atmosfären som ger en ökad temperatur på jordklotet, såväl på land som i vatten. Enligt FN:s klimatpanel IPCC (eng. Intergovernmental Panel on Climate Change) visar de senaste studierna på att temperaturerna på jorden under detta århundrande kommer att öka mellan cirka 1,0–3,7 °C beroende på framtida utsläpp av växthusgaser (Anderson *et al.* 2016). De 195 länder som deltog på FN:s klimatkonferens (COP21) i Paris år 2015 kom överens om ett gemensamt mål för temperaturen i världen. Temperaturen ska se till att hållas under 2°C varmare än vad det var innan industriella revolutionen (slutet av 1700-talet) då medeltemperaturen låg på 13,89°C (Miller 2008) och utsläppen ska minskas (Anderson *et al.* 2016; Zickfeld *et al.* 2016). Dock tyder nuvarande trender på att temperaturen på jorden kommer att öka med över 2°C mot vad den var innan, med en statistisk sannolikhet på 66-100% (Anderson *et al.* 2016). Dessa förändringar i världen leder till extrema klimat som i sin tur leder till många olika skador på miljön. Om detta fortsätter i den takt det är idag kommer klimatextremer att bli mer frekventa i takt med att världen blir varmare. Utvecklingarna i extrema klimatföreteelser, intensitet och när de sker har stor inverkan på ekosystemen. Detta kombinerat med extrema händelser, såsom stormar och värmeböljor, kan orsaka ännu svårare konsekvenser för arter och ekosystem (Hegerl *et al.* 2011).

Marina havsmiljöer och ekosystem, framför allt nära polerna och i tropiska vatten, är mycket känsliga för klimatförändringar då de är beroende av vissa temperaturer. Studier har visat att ökad mängd växthusgaser driver haven mot förhållanden som inte setts där på miljoner år, med en medföljande risk för fundamentala och irreversibla ekologiska förändringar (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010). I marina ekosystem finns komplicerade näringskedjor som kräver vissa temperaturer för att fungera normalt, vilket gör dem känsliga. I dem finns också energi som kommer från primärproducenter som sedan går igenom intermediära konsumenter, predatorer och sedan tillbaka igen genom nedbrytning av organismer. Därför kan man tydligt se att alla organismer i ekosystemet är hoplänkade på olika sätt, oavsett om det till exempel är en predator-byte relation, symbios eller genom konkurrens (Doney *et al.* 2011).

Effekterna av de antropogena klimatförändringarna förändrar havens produktivitet, ändrar näringskedjan och reducerar antalet habitatformande arter samt ändrar arters distribution i haven och ökar förekomsten av sjukdomar. Organismer i haven är oftast anpassade till en viss temperatur och när detta förändras ökar risken för dödlighet, fitness minskar och populationer minskar eller drivs till lokal utrotning (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010).

Effekterna som klimatförändringarna har på habitatformande arter, såsom koraller, sjögräs, mangrove och ostron är en av de största konsekvenserna av klimatförändringarna i världens hav. Exempelvis gör ökade temperaturer att masskorallblekning sker och får ökad dödlighet av korallrev som konsekvens. Dessa organismer bildar tillsammans habitat för tusentals andra arter och vissa arter är helt beroende av dessa habitat och skulle försvinna om habitaten försvann. Detta gör att mängden och variationen av fiskar och andra organismer i dessa områden minskar, såsom de havssköldpaddor, ex. atlantisk bastardsköldpadda (*Lepidochelys kempii*), som lever mestadels på sjögräs och bor i korallrev (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010). Klimatförändringarna påverkar havssköldpaddor genom flera processer, exempelvis förhöjda havsnivåer och varmare temperaturer. Då havssköldpaddor är ektoterma påverkas deras beteende genom att de förflyttar sig från ett område till ett annat vid förändrad temperatur. Även fysiologin förändras genom framför allt att fullvuxna havssköldpaddor inte blir lika

stora vid förhöjda temperaturer än vad de skulle varit annars. Detta gör dessa djur viktiga att studera för att bättre kunna se vilka effekter miljö- och klimatförändringarna har på marina miljöer och framför allt på dessa djur (Poloczanska *et al.* 2009). Det är inte bara viktigt att studera dessa djur för att se effekterna av klimatförändringar utan även för att förstå vilken roll de har i ekosystemen (Burkholder *et al.* 2013).

Syfte
Syftet med denna litteraturstudie är att visa på hur havssköldpaddorna påverkas av klimatförändringar samt varför det är viktigt att bevara dem. De följder av klimatförändringar som tas upp i rapporten är havsnivåökningen, temperaturhöjning i stränderna där äggen läggs och minskningen av sjögräs. Övriga direkta mänskliga faktorer som påverkar havssköldpaddor kommer också kort behandlas, med fokus på två viktiga faktorer: plast och bifångst.

Havssköldpaddor

Det finns sju arter av havssköldpaddor, vilka alla är på IUCNs (eng. the International Union for Conservation of Nature) lista över rödlistade arter där 3 arter är listade som sårbara, oäkta karettsköldpadda (*Caretta caretta*) (IUCN 2015), sydlig bastardsköldpadda (*Lepidochelys olivacea*) (IUCN 2008a) och havsläderköldpadda (*Dermochelys coriacea*) (IUCN 2013). En art av havssköldpaddor är klassad som starkt hotad, grön havssköldpadda (*Chelonia mydas*) (IUCN 2004). Två arter är klassade som akut hotade, karettsköldpadda (*Eretmochelys imbricata*) (IUCN 2008b) och atlantisk bastardsköldpadda (*Lepidochelys kempii*) (funnen i Golfströmmen) (IUCN 1996). Det finns en art, plattskaligsköldpadda (*Natator depressus*) som lever runt Australien, som inte är klassad i dagsläget på grund av otillräckliga data och kunskapsbrist. Oäkta karettsköldpadda, sydlig bastardsköldpadda, havsläderköldpadda, grön havssköldpadda och karettsköldpadda lever alla bland annat runt Brasiliens kust (de Carvalho *et al.* 2016).

Havssköldpaddorna lever alla på olika ställen beroende på stadier i livet. I olika stadier i deras liv kan de leva och söka föda i öppna hav eller främst vid kustnära områden eller så kan de vara ombytliga och ta sig fram och tillbaka mellan olika områden (Limpus *et al.* 2003). Deras födosök är också olika beroende på livsstadie, exempelvis kan de äta maneter et cetra när de är juveniler och sedan gå över till att bli herbivorer. Eller så kan de äta sjögräs och maneter och andra smådjur eller så är de karnivorer hela livet. De havssköldpaddor som är karnivorer är också reglerare av mängden maneter, blötdjur et cetra som finns i ekosystemen (Thomson *et al.* 2015).

Havssköldpaddor har en temperaturberoende könsbestämning (TBK), vilket är den dominerande formen av miljöbetingad könsbestämning hos reptiler (Standora & Spotila 1985). Könsfördelningen bestäms av inkubationstemperaturen hos äggen. Detta gör att om temperaturerna stiger förändras könkvoten och i havssköldpaddornas fall, kan en för stor mängd honor födas, vilket i sin tur leder till att populationerna minskar eller dör ut (Hoegh-Guldberg & Bruno 2010). Könsfördelningen påverkas av flera olika faktorer utöver temperaturen. Dessa faktorer inkluderar geografiskt område för äggläggning, vilken tid på året äggen läggs, vilka sorts näringsämnen stränderna har där äggen läggs, metabolisk värme hos äggen samt hur vädermönstren ser ut under åren (McNeill *et al.* 2016). Havsnivån är beräknad att stiga märkbart på grund av smältande isar och värmespridning orsakad av klimatförändringarna. Den globala havsnivån har redan ökat signifikant under det senaste århundrandet och data visade redan för tio år sedan, att smältandet av isar sker dubbelt så

snabbt än vad tidigare anats. Denna ökning av havsnivån sker 60 % snabbare än vad IPCC förutsett (Wetzel *et al.* 2013). Havsnivån har en beräknad höjning från år 2010 på 18 cm till 59 cm år 2100 samt en sannolik ökning på ytterligare minst 10–20 cm på grund av de smältande isarna och glaciärerna runt om i världen. Detta påverkar var havssköldpaddorna lägger sina ägg och då också indirekt hur könskvoten blir (Fuentes *et al.* 2010).

Havsläderköldpaddan, som enda art, hör till familjen Dermochelyidae. Familjen har funnits sedan 100 miljoner år tillbaka och havsläderköldpaddan i sig har funnits på jorden under 1 miljon år. Detta tyder på att denna familj har utstått och överlevt flera dramatiska förändringar i klimatet tidigare (Santidrián Tomillo *et al.* 2015). Havssköldpaddor har alltså evolverat med kontinuerlig förändring av livsmiljöer i alla tider men de förändringar som har inträffat de senaste 30 åren har effekter som sker snabbare än vad de gjort tidigare (Fish *et al.* 2005). Detta gör att de inte hinner anpassa sig till förändringarna som sker (Santidrián Tomillo *et al.* 2015), vilket utgör ett hot mot havssköldpaddorna och deras äggläggningsplatser (Fish *et al.* 2005).

Ett viktigt steg för att bevara havssköldpaddorna är att skydda områden där många populationer av havssköldpaddearter finns. Det mest effektiva borde vara att skydda hela ekosystem istället för att försöka skydda enbart arten. Detta då det troligtvis skulle bli lättare att skydda dem då (Lal *et al.* 2010).

Havssköldpaddors roll som byte

Havssköldpaddor är föda för havsfåglar och fiskar och djur i haven, såsom tigerhajar (*Galeocerdo cuvier*) (Thomson *et al.* 2015). Tigerhajar och havssköldpaddor har alltså en rovdjur-byte relation. Dessa relationer är viktiga då dynamiken mellan arter indirekt kan påverka ekosystem genom trofiska kaskader. Enligt flera studier (Limpus *et al.* 2003; Hammerschlag *et al.* 2016) håller sig tigerhajar nära ytan vid kusten av Raine Island vid Australiens nordöstra kust där en stor del av grön havssköldpaddas äggläggning sker. Där håller de till framför allt under äggläggningsperioder för att i största möjliga mån få tillgång till byte i form av svaga, skadade, eller döda gröna havssköldpaddor. Detta visar på att havssköldpaddor är viktiga som byte för tigerhajarna och att dessa två arter påverkar varandra (Hammerschlag *et al.* 2016).

Havssköldpaddor och tigerhajar är båda också känsliga för mänskliga hot såsom överfiskning, klimatförändringar och minskning av habitat (Espinoza *et al.* 2014; Hammerschlag *et al.* 2016). Tigerhajars populationer minskar i områden där de fiskas mycket men de är idag inte utrotningshotade. Dock riskerar de att minska ytterligare i framtiden om efterfrågan på hajfenor fortsätter (IUCN 2005; Espinoza *et al.* 2014). De är idag klassade som nära hotade på IUCNs lista över rödlistade arter (IUCN 2005).

Havssköldpaddor i sjögräshabitat

Stora förändringar, som extrema väderförhållanden, kan ske abrupt och ge bestående men på ekosystem genom att reducera eller eliminera fundamentala, viktiga arter, så kallade grundläggande arter. Exempel på sådana arter är koraller och sjögräs (Ellison *et al.* 2005). Dessa kan vara habitatformande för exempelvis havssköldpaddor. De grundläggande arterna påverkar ekosystemets struktur och funktion och då de är känsliga för direkta och indirekta effekter av klimatförändringar kan detta leda till bland annat minskad komplexitet i livsmiljön (Moore *et al.* 2014). Grundläggande arter har stor effekt på exempelvis havssköldpaddor, då de stödjer många näringskedjor och förser ekosystemet med viktiga tjänster såsom föda för havssköldpaddor med flera. Dock är extrema väderförhållanden förutspådda att ske oftare och

med högre intensitet på grund av klimatförändringarna. Dessa kommer påverka ekosystemen ännu mer, vilket i sin tur kommer att påverka arter som lever där (Thomson *et al.* 2015). En studie gjord av Thomson *et al.* (2015) visade att på grund av varmare vatten minskar mängden sjögräs och detta får markanta effekter på områden som erfarit svåra förluster av sjögräs. Detta påverkar marina arter som lever där. För herbivora havssköldpaddor ex. grön havssköldpadda, blir effekterna en förändrad distribution, förekomst och troligtvis även förändringar i storlek hos dessa djur (Thomson *et al.* 2015).

En studie gjord av Burkholder *et al.* (2013) runt Shark Bay i Gascoyneregionen vid Australiens västkust, tyder på att en exkludering av stora herbivorer, i detta fall grön havssköldpadda, har en inverkan på ekosystemet och i detta fall sjögräsbäddar. I dessa sjögräsbäddar blev lövlängden hos sjögräset *Cymodocea angustata* nästan tre gånger så lång vid exkludering av grön havssköldpadda, medan sjögräset *Halodule uninervis* nästan försvann på grund av uteslutandet av stora herbivorer. Detta tyder på att grön havssköldpadda är viktiga i detta område för att *H. uninervis* inte ska försvinna genom att de betar av *C. angustata* och *H. uninervis*. Fosfornivån var också högre i sjögräs som inte var utsatta för herbivorer. Denna nivåhöjning och att sjögräsen fick växa utan påverkan så att tillgängligheten av ljus reducerats, kan ha gjort att populationen av *H. uninervis* minskade. Effekterna av gräsätning är inte bara reducering av biomassa utan det hjälper även till att bestämma hur konkurrensen ser ut och även näringsdynamiken. Därför förändras strukturen på sjögräsområden när havssköldpaddor och andra herbivorer försvinner. Dock styrs populationen av grön havssköldpadda av tigerhajar och om dessa försvinner ökar populationer av grön havssköldpadda och sjögräsens biomassa riskerar att kollapsa (Burkholder *et al.* 2013). Denna relation är viktig då predationsrisken av tigerhajar kan få havssköldpaddorna att ändra sitt födosök och habitatval, vilket kan öka betestrycket på sjögräs och därigenom påverka sjögrässamhällen (Hammerschlag *et al.* 2016). Detta har styrkts av flera studier (Fourqurean *et al.* 2010; Lal *et al.* 2010). Det har också visats historiskt sett att interaktioner med gräsätare som grön havssköldpadda, har format många fysiska och kemiska egenskaper hos sjögräsen som en anpassning till intensivt växtätande. Herbivorerna har också aktivt optimerat matkvaliteten hos sjögräsängar genom olika tekniker av betande (Lal *et al.* 2010).

Symboliska paraplyarter

Symboliska paraplyarter, vilket innebär att de är karaktäristiska för en biotop, är arter som behöver bevaras då andra arter indirekt också får hjälp av att dessa bevaras. Grön havssköldpadda är ett exempel på en sådan art och de är viktiga mål för globala och regionala bevarandeåtgärder (Roberge & Angelstam 2004). Grön havssköldpadda i sig är inte bara viktig för att visa vilka problem det finns i marina miljöer, utan de är även, som tidigare nämnts, betydande ekosystemmodifierare och genom att öka deras antal kan deras habitat påverkas (Lal *et al.* 2010). Runt Agattilagunen har en ökning av havssköldpaddapopulationen noterats redan 1995 och detta gäller än idag. Anledningen har varit oklar men troligtvis beror det på ett förbud mot jakt på havssköldpaddor som införts i området (Lal *et al.* 2010). Liknande resultat av dess enkla medel har observerats på andra områden i världen (Hays 2004; Chaloupka *et al.* 2008).

Klimatförändringarnas effekter

Förlust av stora herbivorer och/eller toppredatorer är associerat med storskaliga förändringar i ekosystem runt om i världen. Detta gör att förlusten av havssköldpaddor kan ge olika förändringar på ekosystem beroende på vilken livsstil de har (Burkholder *et al.* 2013). Man kan även konstatera att det inte bara är en förändring som påverkar mängden havssköldpaddor

utan många processer tillsammans. Minskning av mängden sjögräs exempelvis, påverkar havssköldpaddor då de fungerar som föda och habitat för dem. Utöver det är havssköldpaddors äggläggningsplatsers utsatthet för klimatförändringar ett av deras största problem, då flera faktorer påverkar dem. Förhöjd havsnivå och ökade temperaturer i sanden är två av dem, vilka leder till flera följdeffekter (Poloczanska *et al.* 2009). Dessa kommer diskuteras nedan.

Förlust av sjögräs

Nära 15% av alla sjögräsarter är listade som hotade i någon del av världen och detta påverkar arter av havssköldpadda, såsom grön havssköldpadda och oäkta karettsköldpadda, då de är beroende av många av de hotade sjögräsarterna under större delen av deras liv. Om dessa minskar riskerar även havssköldpaddornas populationer att minska (Hughes *et al.* 2009). En studie gjord vid Shark Bay i västra Australien, använde sjögräsängar som ett modellsystem för att se vilka effekter extrema temperaturer har på ekosystem som upprätthålls av temperaturkänsliga nyckelarter i ett förändrande klimat. Stora delar, mer än 90%, av Shark Bays sjögräsängar (framför allt sjögräset *Amphibolis antarctica*) försvann efter en marin värmevåg under sensommaren år 2010/2011 (Pearce & Feng 2013). Efter denna händelse har det visat sig ske en stor habitatdegradering hos sjögräsassocierade megafauna (havssköldpaddor) jämfört med ett årtionde tidigare. Denna minskning i habitatkvalitet ledde till en motsvarande nedgång i hälsotillståndet hos framför allt växtätande grön havssköldpadda två år efter värmeböljan. Detta visar på att det finns långsiktiga effekter på ekosystemsnivå efter denna händelse. Det tyder också på att grön havssköldpadda är beroende av detta sjögräs även om de kan äta andra sjögräsarter också. Detta skulle innebära att om sjögräset försvann skulle hälsotillståndet hos grön havssköldpadda minska och kunna leda till minskningar i populationerna. Baserat på detta och liknande exempel från andra ekosystem, kan en allmän ram formas. Inom denna kan sårbarheten bedömas hos ekosystem där abrupta förändringar på grund av minskning av grundläggande arter, exempelvis sjögräs skett (Thomson *et al.* 2015).

Temperaturberoende könsbestämning

Temperaturberoende könsbestämning (TBK) är den dominerande formen av miljöbetingad könsbestämning hos reptiler och då också havssköldpaddor. Könsfördelningen bestäms av inkubationstemperaturen hos äggen (Standora & Spotila 1985). Populationer beroende av TBK lindrar de negativa effekterna av höjda temperaturer, såsom ökad dödlighet hos nykläckta ungar, genom en ökning av honkönade avkommor. Detta kan säkra framtidens fruktbarhet då fler kan lägga ägg. Dock är denna mekanism bara effektiv inom vissa temperaturer och blir mer ineffektiv ju mer temperaturerna stiger då könskvoten blir allt för skev. Hos de flesta arter av havssköldpaddor föds fler honor vid höga temperaturer och fler hanar vid lägre temperaturer. Klimatförändringarna kommer göra att ett oproportionerligt stort antal honor kommer födas, vilket i extrema fall kan leda till att populationerna dör ut (Mitchell & Janzen 2010). Den globala uppvärmningen hotar därför överlevnaden av havssköldpaddor och kan leda till deras utrotning inom en så kort tid som 50 år (Santidrián Tomillo *et al.* 2015).

Könskvoten

En av konsekvenserna om könskvoten förändras är att den genetiska variationen kommer minska, då det i slutändan kommer finnas mindre hanar att befrukta alla honor. Hos mindre populationer kommer detta således vara ett större problem än hos större populationer. Hos havssköldpaddor bedöms ofta storleken på populationen från hur många honor som lägger ägg varje år på etablerade äggläggningsplatser och därför skulle en nedgång av honor vara

mer tydlig än en minskning av hanar. Detta skulle därför kunna leda till en skenbar ökning av populationer om antalet honor ökar (Mitchell & Janzen 2010). Könskvoten har visat sig på vissa ställen vara upp till 90% honor på grund av ökade temperaturer i sanden redan idag. Även om detta skiljer sig mellan arter och platser, kan klimatförändringarna och de förhöjda temperaturerna leda till att många äggläggningsplatser för havssköldpaddor kommer få avkommor som är 100% honor i framtiden (Santidrián Tomillo *et al.* 2015).

Könskvoten vid ökad temperatur på stränderna
Temperaturerna ändrar inte enbart könskvoten utan den påverkar även själva kläckningen, eftersom en ökad temperatur hos äggen även påverkar överlevnaden hos nykläckta sköldpaddsungar. Exempelvis har havsläderköldpaddor, som lägger ägg i Costa Rica i östra Stilla havet, idag en inkubationstemperatur som är högre än 30°C. Denna inkubationstemperatur ger en ökad mortalitet hos äggen och de nyligen kläckta ungarna. Detta ger också en könskvot som är 100% honor. Hos havsläderköldpaddor överskrids gränsen för temperaturramarna på grund av klimatförändringarna och deras TBK blir därför ineffektiv. Detta kan göra att de inte kommer kunna överleva överväldigande temperaturökningar som sker (Santidrián Tomillo *et al.* 2015).

Oäkta karettköldpadda är den mest studerade havssköldpaddan för att se vilka effekter TBK kan få av temperaturskillnader. De har en inkuberingstemperatur i sanden på runt 1,8–29,2°C (Hawkes *et al.* 2007). Trots oro för en potentiell ändring i könskvoten med TBK på grund av varmare förhållanden (stränder, vatten, luft) kunde en studie gjord av McNeill *et al.* (2016) på en population oäkta karettköldpaddor som lever runt North Carolinas kustnära vatten, visa på att könskvoten inte ändrades signifikant mellan åren 1998–2007. Studier på oäkta havssköldpaddor utanför kusten till Madeira Island (2000–2006) och i Medelhavet (2000–2011) visar inga tecken på en signifikant skillnad hos årliga populationers könskvot. Dock lever havssköldpaddor i många år och en tidsperiod på cirka 10 år är därför inte nödvändigtvis lång nog för att kunna påvisa en förändring. Även om dessa studier inte visade någon skillnad, så kan dessa vara bra referensramar till framtida studier på könskvoten hos havssköldpaddorna (McNeill *et al.* 2016).

En annan anledning till att det inte uppvisar någon skillnad i könskvoten kan vara för att oäkta havssköldpaddor kan ha börjat anpassa sig till en annan temperatur (McNeill *et al.* 2016). North Carolinas kust ligger nära Golfströmmen som fungerar som ett lindrande inflytande på klimatvariationer, då dess varma strömmar till kallare områden minskar fluktuationer i temperaturer. Detta i kombination med den lokala topografin ger ett mycket varierande klimat regionalt som kan skilja sig mycket från klimatmönster som observerats på andra ställen i sydöstra kusten av USA (Boyles & Raman 2003). North Carolina har inte heller erfarit tydlig värmeökning på grund av klimatförändringar vilket kan tyda på att det kan vara ett område som är mindre sannolikt att erfara detta än andra områden i norra hemisfären. På andra platser, exempelvis Florida, är sannolikheten större att könskvoten ändras till fler honor eller enbart honor. Det är här majoriteten av förökningen hos havssköldpaddor sker runt om i USA. En studie visade att enbart en ökning på 2°C i inkubationstemperatur kan räcka för att det ska leda till enbart födda honor och med en ökning på 3°C kommer många äggläggningsplatser i södra Florida erfara inkubationstemperaturer över dödlig nivå. Förutom extrem könsfördelning finns risken för mindre lyckade eller inga lyckade kläckningar hos alla äggläggande populationer som har skev könsfördelning till följd av klimatförändringarna i Florida, Medelhavet och Brasilien (Hawkes *et al.* 2007).

Förhöjd havsnivå
I och med stigande havsnivåer kommer fler kustmiljöer att allt bli periodvis översvämmade. Detta kommer att störa och påverka livscykeln hos fauna långt innan permanenta förluster av livsmiljöer sker (Schlacher *et al.* 2007). De översvämmade kustmiljöerna kommer att störa reproduktionen hos arter som lever åtminstone delvis vid kusten, genom att ha direkt inverkan på känsliga livsstadier hos arterna. Havssköldpaddor är beroende av lågt liggande kustområden över hela världen för att kunna lägga ägg. Äggen grävs ner i sanden och är under inkubationstiden känsliga för översvämningar (Pike *et al.* 2015). Under de sex-åtta veckor det tar innan äggen kläcks utsätts de för olika miljöförhållandena. Det har visat sig att översvämning under inkubationen märkbart förändrar äggens livsduglighet. De stigande havsnivåerna kommer också påverka havssköldpaddorna genom att spola bort bon där äggen ligger och/eller dränka äggen eller nykläckta ungar (Patino-Martinez *et al.* 2014). Vid risk för översvämning väljer många havssköldpaddor att lägga ägg högt upp på stränderna. Risken med att lägga dem för högt upp är dock att de nykläckta havssköldpaddorna får problem att ta sig ner till havet. Översvämningar har också inverkan i långa loppet då det ändrar habitaten, dess substratsammansättning, salthalt, och tillgänglighet till material som djuren behöver när de gräver ner äggen (Pike *et al.* 2015).

Det är oklart hur länge äggen på äggläggningsområdena klarar sig vid närvaro av vatten och fortfarande ha möjlighet att kläckas utan problem. Ju tidigare äggen utsätts för översvämning, desto sämre blir möjligheten för lyckad kläckning. Detta då de tidigare stadier av embryoutvecklingen är mest känsliga för översvämningar (Patino-Martinez *et al.* 2014). Embryot behöver ett gassystem som går två vägar genom äggskalen, vilket hindras av översvämningen. Även korta perioder av översvämning, såsom de som uppstår vid högvatten under svåra stormar, påverkar havssköldpaddor. Korta perioder av hypoxi, där kroppens vävnader lider brist på syre under inkubationen, är orsakade av saltvattensöversvämningar och minskar direkt livskraften hos havssköldpaddsembryon. Dock behöver detta inte vara dödligt, det finns studier som visar på att embryon kan överleva och kläckas efter att ha blivit utsatta för översvämning i 6 timmar (Pike *et al.* 2015).

Den mest extrema ökningen av havsnivån – en 0,59 meters höjning - är förutsett av IPCC att kunna översvämma 27,7% av norra Stora barriärrevets äggläggningsplatser för populationer av grön havssköldpadda. Tittar man på individuella stränder riskerar 11%-36% av dess areal att översvämmas (Fuentes *et al.* 2010). Liknande resultat finns för havssköldpaddors äggläggningsplatser i den karibiska regionen där 26% av äggläggningsområdena i Barbados och 32% av äggläggningsplatserna i Bonaire är förutsagda att bli översvämmade om det sker en 0,5 meters havsnivåhöjning (Fish *et al.* 2005).

Stränderna där sköldpaddorna lägger sina ägg kan också bli påverkade av ökad havsnivå genom erosion av strandlinjen. Erosion är en utjämnande kraft som är beroende av flera olika faktorer såsom vågenergin, tidvattenströmmar, öar och revs morfologi, sedimenttyp med mera, som gör att områden förändras (Woodroffe 2008). Detta kan göra att stränderna förändras, så att de antingen blir större eller mindre. Det kan därför vara viktigt att ha med sanderosion i beräkningarna då dessa kan leda till större eller mindre äggläggningsområden (Fuentes *et al.* 2010).

Förhöjd havsnivå vid Stilla havet och Karibien
Små öar, som de som finns i Stilla havet och Karibien, är speciellt känsliga för ökad havsnivå på grund av deras små storlekar, höga populationsdensitet och deras beroende av resurser som finns vid kusten (Huang 1997). Sex av de sju havssköldpaddorna som finns i världen lägger

ägg på fastland och öars stränder i Karibien, vilket gör detta område till en viktig plats att bevara för att kunna skydda havssköldpaddorna. Dessa havssköldpaddor är: äkta karettsköldpadda, oäkta karettsköldpadda, grön havssköldpadda, havsläderköldpadda, atlantisk bastardsköldpadda, och sydlig bastardsköldpadda. I dessa områden minskar populationer av arterna på grund av överexploatering av området, sjukdomar i form av infektioner, virus och bakteriella sjukdomar, samt att de fångas som bifångst av fiskare och på grund av förstörelse av deras äggläggningshabitat (Fish *et al.* 2005).

Förhöjd havsnivå vid Raine Island
Raine Island ligger vid nordöstra delen av Australien kust. Där finns världens största population av gröna havssköldpaddor och de lägger sina ägg på denna ö. Populationen har under närmare två årtionden haft en minskning i lyckad äggläggning och kläckning. Detta kan ha många olika anledningar, allt från havssköldpaddehonans hälsa som kan påverka hur många ägg som lyckas kläckas och överleva, till att det kan finnas höga nivåer av mikrober i jorden som kan göra att syrenivån minskar för embryona. Även upprepade översvämningstillfällen kan göra att kläckningen minskar ytterligare (Limpus *et al.* 2003). Minskningen av nykläckta ungar på Raine Island har dock inte kunnat förklaras. Det är troligen inte enbart ett resultat av översvämningar av äggläggningsplatserna, utan även andra faktorer såsom förhöjda temperaturer i sanden. Ökad havsnivå och stormar kommer ha en djupgående effekt på kustområden genom översvämning av ägg och minskning av äggläggningsområdena genom ändring av stränders geomorfologi. Detta kan ske om ny sand flyttas in på områden där det inte funnits sand innan eller genom att skräp bildar en barriär för äggläggande honor och nykläckta ungar mellan hav och strand. En ökad havsnivå kommer också att åtföljas av högre vågor under stormar. Detta kommer sannolikt öka dödligheten hos havssköldpaddsägg som är lagda i lågt liggande områden som då blir dränkta (Pike *et al.* 2015).

Då havsnivåerna ökar finns en risk att havssköldpaddorna flyttar på sig och lägger ägg på andra ställen än de brukar då vissa stränder på Raine Island kommer riskera att bli helt översvämmade om havsnivån fortsätter stiga, då det är beräknat att stiga över en meter år 2100 (Overpeck *et al.* 2006). Sköldpaddor kommer att behöva söka nya ställen att lägga ägg på så länge det inte är möjligt att lägga äggen högre upp på stränderna. Detta kan komma att göra att densiteten ökar på andra stränder på ön som är mer lämpliga eller så kommer de flytta till närliggande öar som inte blivit lika utsatta för höjningen av havsnivån (Fuentes *et al.* 2010).

Förändrade äggläggningsområden
Var havssköldpaddorna lägger sina ägg har visat sig påverka överlevnaden av nykläckta sköldpaddsungar och könsförhållandena. Hos populationen av grön havssköldpadda vid Stora barriärrevet i Australien är detta tydligt och om de då flyttar till ett nytt ställe för att lägga ägg kan detta påverkas. Förändringar i äggläggningsområden kan ha svåra konsekvenser och orsaka fler utmaningar för bevarandet av havssköldpaddor. Ett exempel på detta är att de då kan tvingas lägga ägg där det finns färre bevarandeåtgärder utsatta och/eller där det är svårt att utföra ett bevarandearbete (Limpus *et al.* 2003). Förändringarna kan också leda till en ökad populationsstorlek då de kan börja lägga ägg i områden där det är bättre förutsättningar för äggläggning, bättre inkubationsförhållanden och områden med mindre hot från människan, såsom födojakt som sker i vissa områden. Konsekvenser över längre tid kan vara förändrade genetiska bestånd. Detta kan göra att det blir skillnad i de biologiska parametrarna, exempelvis sköldpaddsbestånd med annorlunda fenologi (faser i livet) och en annan storlek hos vuxna honor. Detta har påståtts hänt hos plattskaligsköldpadda (*Natator depressus*),

vilken har utvecklats till två skilda populationer idag (Fuentes *et al.* 2010).

Minskning av äggläggningsområden
Fuentes *et al.* (2010) gjorde en studie på hur grön havssköldpaddas huvudsakliga områden för äggläggning runt nordöstra Australien kom att påverkas av höjningen av havsnivån. Denna visade på att 8%-38% av den totala tillgängliga arean för äggläggning kommer att bli översvämmad under olika scenarion av ökningen av havsnivån. Framför allt visade sig området West Dowar i den nordöstra delen av Australien vara under störst hot, med upp till 75% av tillgängliga äggläggningsplatser översvämmade och potentiellt 90% av äggläggningsplasterna drabbade under stormar. Minskning av tillgängliga äggläggningsplatser kommer att öka densitetsberoende problem i dessa områden och potentiellt öka infektion i havssköldpaddebon och förstörelse av bon av andra arter (Fish *et al.* 2008). Detta sker redan på öarna Raine Island, Moulter Cay, Dowar och Bramble Cay vid Australiens kust under år då det sker mycket äggläggning (Limpus *et al.* 2003).

Övriga faktorer

Problemen för havssköldpaddorna idag är inte bara klimatförändringarna utan även andra mänskliga påverkningar, såsom fiskeri där sköldpaddor fångas som bifångst eller fångas som föda samt tjuvjakt på ägg. Den mänskliga utvecklingen av kustområden kan också ha skadlig effekt på havssköldpaddornas äggläggningsplatser (Santidrián Tomillo *et al.* 2015). Sköldpaddornas risk att fångas som bifångst och risken med plast i haven behandlas nedan.

Bifångst
Bifångst är ett väldokumenterat och världsomfattande problem som resulterar i en ökad dödlighet hos arter som inte var målet att fiska. Bifångst vid fiske är ett av de största hoten mot bevarande av arterna av havssköldpaddor. Det är beräknat vara ett medelstort eller stort hot mot fler än 75% av alla havssköldpaddors populationer globalt. Mellan åren 1990 och 2008 beräknades 85 000 havssköldpaddor oavsiktligt bli fångade globalt, men den verkliga siffran bedöms vara 2 gånger så hög som den beräknade (Garcia-Parraga *et al.* 2014). Inte nog med att populationerna minskar på grund av bifångsten, studier har även visat att många havssköldpaddor drabbas av dykarsjuka som bildar proppar i blodet. Även om fiskarna tror att de gör en god gärning genom att slänga tillbaka sköldpaddorna i havet, har dessa studier därmed visat att många dör en plågsam död till följd av dykarsjuka (Garcia-Parraga *et al.* 2014). En studie från år 2000 visar även på att havsläderköldpaddor i östra delen av Stilla havet riskera att försvinna helt på grund av fiske (Spotila *et al.* 2000). Trots dessa negativa resultat finns det områden där havssköldpaddor har återhämtat sig efter att bevarandeåtgärder satts in (Hays 2004). En studie över 30 års tid visar att populationen av grön havssköldpadda runt Hawaii har återhämtat sig efter att bevarandeåtgärder har sattes in på 1970-talet (Balazs & Chaloupka 2004). Förutom havssköldpaddapopulationen runt Hawaii finns det också andra populationer som lyckats återhämta sig efter att bevarandeåtgärder satts in, till exempel populationer av grön havssköldpadda vid Turtuguero (Karibiska havet), Stora Barriärrevet (västra Stilla Havet) samt ön Ascension i Atlanten (Hays 2004).

Plast
Plast i haven är också ett stort problem för havssköldpaddorna då de antingen förväxlar plasten med föda och därmed får i sig stora mängder plast under sin livstid, eller så trasslar de in sig i det. I vissa områden är 80% av skräpet i haven plast (Schuyler *et al.* 2012). Det har visat sig i studier av innehåll i havssköldpaddors magar att mellan åren 1985 till 2012 har sannolikheten för att grön havssköldpadda ska få i sig skräp i form av framför allt plast, ökat

från 30% av fångade havssköldpaddor till 50% av dem (Energy 2009; Schuyler *et al.* 2014). I havsläderköldpaddans fall har studier visat att i deras levnadsmiljöer har mängden plast nått en mättnadspunkt för skräpets distribution, vilket gör att sannolikheten för att de ska få i sig detta inte har ökat men heller ej minskat under de senaste åren. En modell, där man satte in skräp i ett system under 10 års tid, visade att plasten fortsätter att ta sig in i systemet men hamnade på samma platser oavsett hur mycket som togs in. Detta tydde på att plasten inte spreds mer. Dock har det visat sig att sannolikheten för de olika arterna av havssköldpaddor att få i sig skräp beror på i vilken del av världen de lever i och att det också beror på vilken föda de föredrar. Exempelvis är det större risk att få i sig plast och annat skräp om födan består av maneter och sjögräs (Schuyler *et al.* 2014).

Diskussion

Haven är mindre utforskade än vad landytorna är, detta gör det viktigt att sprida kunskap om att det vi gör i vardagen påverkar mer än bara det vi kan se. Det som tagits upp ovan visar på att på att det finns många faktorer som påverkar havssköldpaddorna och deras habitatområden. Då de har en viktig roll i ekosystemet tyder det på att de är en viktig art att rädda för att ekosystemet inte ska förändras (Limpus *et al.* 2003; Lal *et al.* 2010; Burkholder *et al.* 2013; Hammerschlag *et al.* 2016). Temperaturhöjningarna tillsammans med förhöjda havsnivåer tyder starkt på att havssköldpaddornas äggläggningsplatser och överlevnad kan påverkas negativt. Då stora arealer av områdena, till exempel på Raine Island, kommer att täckas av vatten på grund av havsnivåhöjningar i framtiden, innebär det att kommer att finnas färre områden än förut som passar för äggläggning (Fuentes *et al.* 2010). Då temperaturerna i stränderna ökar, ökar även risken för att bara ett kön ska födas eller att inga ägg ska kunna överleva om temperaturerna stiger för mycket. Om ingenting görs kommer färre ägg att lyckas kläckas och de som kläcks kommer troligtvis vara honor. Detta kommer göra att flera arter av havssköldpaddor, om inte alla, sannolikt kommer försvinna och dö ut. Även de övriga faktorer som tagits upp, plast och effekterna av bifångst, bidrar till populationernas minskningar. Detta gör det därför viktigt att minska förekomsten av plast i haven. Detta då det inte bara påverkar sköldpaddor utan en mängd andra arter (Limpus *et al.* 2003; Burkholder *et al.* 2013; Hammerschlag *et al.* 2016). Det kan göras genom att sprida kunskap om vilken effekt dessa har och vad som kan göras för att minska användningen och nedskräpningen av plast i framför allt våra hav.

Havssköldpaddor utgör en viktig del i näringskedjan då de är en viktig del av födan för exempelvis tigerhajar och de växtätande havssköldpaddorna reglerar mängden sjögräs i sjögräsområden (Burkholder *et al.* 2013; Thomson *et al.* 2015). De havssköldpaddor som är karnivorer är också reglerare av mängden maneter, blötdjur etc som finns i ekosystemen. Utan dessa djur skulle ekosystemen de lever i förändras. En art skulle kunna ta över, över en annan och då göra att en annan art får mindre utrymme eller minskar i populationsstorlek eller till och med försvinner helt (Thomson *et al.* 2015).

För att kunna bevara havssköldpaddorna i takt med att klimatförändringarna fortskrider måste framtida påverkan på dessa hotade arter identifieras, förstås, förutses och mildras. De extrema havsnivåhöjningar som beräknas ske måste förebyggas för att havssköldpaddorna ska ha tillgängliga platser kvar att lägga sina ägg på. De är beroende av lågt liggande stränder och kan därför inte heller lägga sina ägg var som helst. Minskning av tillgängliga äggläggningsplatser kommer att öka densitetsberoende problem i dessa områden och potentiellt öka risken för infektioner i havssköldpaddebon och förstörelse av bon av andra arter (Fish *et al.* 2008). Detta sker redan på öarna Raine Island, Moulter Cay, Dowar och

Bramble Cay vid Australiens kust under år då det sker mycket äggläggning (Limpus *et al.* 2003). Högre densitet i bona på ett visst ställe kan också minska den totala reproduktionskapaciteten. Det kan också ge ökad störning av äggen som kan resultera i förtidig användning av somatiska energikällor och absorption av äggblåsor vid inkubationen av äggen. Ett annat resultat av havsnivåökningar är ökade mängder stormar, vilket orsakar periodiska stranderosioner och risken för att bon sköljs bort eller översvämmas. Detta ökar äggens dödlighet, vilket påverkar den övergripande reproduktionsframgången hos populationen hos exempelvis grön havssköldpadda. Då havsnivåerna ökar finns det även risk för att havssköldpaddorna flyttar på sig och lägger ägg på andra ställen än de brukar, vilket i sin tur förändrar både ekosystemen havssköldpaddorna flyttar från och de ekosystem de hamnar i (Fuentes *et al.* 2010).

Klimatförändringarna påverkar redan idag livskraften hos alla arter av havssköldpaddor, och kommer fortsätta att påverka livskraften hos dem i framtiden. Detta kommer ske framför allt tillsammans med andra processer såsom minskande habitat och ökad spridning av sjukdomar. Om detta fortsätter kommer sannolikheten vara stor för att havssköldpaddorna dör ut. Mycket forskning säger dock att havssköldpaddorna också kan användas som ”kanariefåglar i kolgruvan” för de biologiska effekterna som de snabba klimatförändringarna har. Det vill säga varna och visa hur långt klimatförändringarna har kommit, då dessa djur är beroende av omgivningens temperatur för att leva (Mitchell & Janzen 2010). Dock är det viktigare att bevara dessa djur än att använda dem som en varningsklocka.

Eftersom att effekter av klimatförändringar på havssköldpaddor redan kan ses i många delar av världen är bevarandearbeten och åtgärder av vikt att genomföra. Detta har redan inletts, men de flesta åtgärder som görs är framför allt för att skydda sköldpaddorna från direkt mänsklig påverkan, såsom plast, bifångst, oljespill etc. Bifångst är ett av de största problemen som havssköldpaddorna möts av från detta perspektiv. Det har visats att det skett en stor minskning av bifångst av havssköldpaddor de senaste årtiondena. De bästa strategierna för att bevara dem har visat sig vara att integrera havssköldpaddornas ekologi med fiskemönstren och metoder och på så sätt försöka minska intrassling i fiskeredskap vilket leder till en minimal inverkan på djuren (Hays 2004). Ett annat viktigt steg för att bevara havssköldpaddorna är att skydda områden där många populationer av havssköldpaddearter finns. Det mest effektiva borde vara att skydda hela ekosystem istället för att försöka skydda enbart arten, vilket har gjorts i vissa områden av världen (Lal *et al.* 2010).

För att kunna skydda havssköldpaddorna från klimatförändringarna och inte bara mänsklig påverkan krävs mer information om dem och en förståelse för hur de påverkas av klimatförändringarna för att få fram åtgärder, vilket tyvärr idag inte är tillräcklig (Pike *et al.* 2015). De viktigaste åtgärderna som kan göras är att minska växthusgasutsläppen så att temperaturerna i haven kan sluta öka. Detta gör i sin tur att havsnivåerna inte stiger i samma hastighet som de gör idag eller förhoppningsvis inte alls (Lewis 2016). Det viktigaste av allt är att vända denna trend med temperaturhöjning för att få en positiv effekt i världen. Detta bör ske framför allt i de marina miljöerna där havssköldpaddorna lever, vilket ser ut att kunna ske tack vare bestämmelserna på klimatkonferensen i Paris år 2015 (Anderson *et al.* 2016).

Tack

Stort tack till min handledare Elisabeth Bolund för värdefull vägledning och hjälp under hela uppsatsens förlopp. Tack också till mina medstudenter Olle Henriksson, Miranda Berg och Jonathan Haars för er hjälp under skrivandets gång. Tack till Elisabeth Alexanderson och

Peter Alexanderson för användbara kommentarer på arbetets uppbyggnad och för att ni läst igenom och hjälpt mig med detta arbete. Ytterligare tack till Hanna Börjeson för att du hjälpt mig med texten i slutskedet av processen. Sist men inte minst ett stort tack till Yrla Hanström för dina värdefulla kommentarer och din hjälp.

Referenser

Anderson TR, Hawkins E, Jones PD. 2016. CO2, the greenhouse effect and global warming: from the pioneering work of Arrhenius and Callendar to today's Earth System Models. Endeavour **40**: 178–187.

Balazs GH, Chaloupka M. 2004. Thirty-year recovery trend in the once depleted Hawaiian green sea turtle stock. Biological Conservation **117**: 491–498.

Boyles RP, Raman S. 2003. Analysis of climate trends in North Carolina (1949–1998). Environment International **29**: 263–275.

Burkholder DA, Heithaus MR, Fourqurean JW, Wirsing A, Dill LM. 2013. Patterns of top-down control in a seagrass ecosystem: could a roving apex predator induce a behaviour-mediated trophic cascade? Journal of Animal Ecology **82**: 1192–1202.

Chaloupka M, Bjorndal KA, Balazs GH, Bolten AB, Ehrhart LM, Limpus CJ, Suganuma H, Troëng S, Yamaguchi M. 2008. Encouraging outlook for recovery of a once severely exploited marine megaherbivore. Global Ecology and Biogeography **17**: 297–304.

de Carvalho RH, Mamede N, Bastos RR, de Sousa BM. 2016. Attitudes towards conservation and fishing interaction with sea turtles in the southeast coast of Brazil. Ocean & Coastal Management **127**: 55–62.

Doney SC, Ruckelshaus M, Duffy JE, Barry JP, Chan F, English CA, Galindo HM, Grebmeier JM, Hollowed AB, Knowlton N, Polovina J, Rabalais NN, Sydeman WJ, Talley LD. 2011. Climate Change Impacts on Marine Ecosystems. WWW-dokument 2011-12-12: http://www.annualreviews.org/eprint/fzUZd7Z748TeHmB7p8cn/full/10.1146/annurev-marine-041911-111611. Hämtad 2016-11-16.

Ellison AM, Bank MS, Clinton BD, Colburn EA, Elliott K, Ford CR, Foster DR, Kloeppel BD, Knoepp JD, Lovett GM, Mohan J, Orwig DA, Rodenhouse NL, Sobczak WV, Stinson KA, Stone JK, Swan CM, Thompson J, Von Holle B, Webster JR. 2005. Loss of Foundation Species: Consequences for the Structure and Dynamics of Forested Ecosystems. Frontiers in Ecology and the Environment **3**: 479–486.

Espinoza M, Cappo M, Heupel MR, Tobin AJ, Simpfendorfer CA. 2014. Quantifying Shark Distribution Patterns and Species-Habitat Associations: Implications of Marine Park Zoning. PLOS ONE **9**: e106885.

Fish MR, Côté IM, Gill JA, Jones AP, Renshoff S, Watkinson AR. 2005. Predicting the Impact of Sea-Level Rise on Caribbean Sea Turtle Nesting Habitat. Conservation Biology **19**: 482–491.

Fish MR, Côté IM, Horrocks JA, Mulligan B, Watkinson AR, Jones AP. 2008. Construction setback regulations and sea-level rise: Mitigating sea turtle nesting beach loss. Ocean & Coastal Management **51**: 330–341.

Fuentes M, Limpus C, Hamann M, Dawson J. 2010. Potential impacts of projected sea-level rise on sea turtle rookeries. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems **20**: 132–139.

Garcia-Parraga D, Crespo-Picazo JL, Bernaldo de Quiros Y, Cervera V, Marti-Bonmati L, Diaz-Delgado J, Arbelo M, Moore MJ, Jepson PD, Fernandez A. 2014. Decompression sickness ('the bends') in sea turtles. Diseases of Aquatic Organisms **111**: 191–205.

Hammerschlag N, Bell I, Fitzpatrick R, Gallagher AJ, Hawkes LA, Meekan MG, Stevens JD, Thums M, Witt MJ, Barnett A. 2016. Behavioral evidence suggests facultative scavenging by a marine apex predator during a food pulse. Behavioral Ecology and Sociobiology **70**: 1777–1788.

Hawkes LA, Broderick AC, Godfrey MH, Godley BJ. 2007. Investigating the potential impacts of climate change on a marine turtle population. Global Change Biology **13**: 923–932.

Hays GC. 2004. Good news for sea turtles. Trends in Ecology & Evolution **19**: 349–351.

Hegerl GC, Hanlon H, Beierkuhnlein C. 2011. Climate science: Elusive extremes. Nature Geoscience **4**: 142–143.

Hoegh-Guldberg O, Bruno JF. 2010. The Impact of Climate Change on the World's Marine Ecosystems. Science **328**: 1523–1528.

Huang JCK. 1997. Climate change and integrated coastal management: a challenge for small island nations. Ocean & Coastal Management **37**: 95–107.

Hughes AR, Williams SL, Duarte CM, Heck KL, Waycott M. 2009. Associations of concern: declining seagrasses and threatened dependent species. Frontiers in Ecology and the Environment **7**: 242–246.

IUCN. 2015. *Caretta caretta*: Casale, P. & Tucker, A.D.: The IUCN Red List of Threatened Species 2015: e.T3897A83157651.

IUCN. 2008a. *Lepidochelys olivacea*: Abreu-Grobois, A & Plotkin, P. (IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group): The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T11534A3292503.

IUCN. 2013. *Dermochelys coriacea*: Wallace, B.P., Tiwari, M. & Girondot, M.: The IUCN Red List of Threatened Species 2013: e.T6494A43526147.

IUCN. 2004. *Chelonia mydas*: Seminoff, J.A. (Southwest Fisheries Science Center, U.S.): The IUCN Red List of Threatened Species 2004: e.T4615A11037468.

IUCN. 2008b. *Eretmochelys imbricata*: Mortimer, J.A & Donnelly, M. (IUCN SSC Marine Turtle Specialist Group): The IUCN Red List of Threatened Species 2008: e.T8005A12881238.

IUCN. 1996. *Lepidochelys kempii*: Marine Turtle Specialist Group: The IUCN Red List of Threatened Species 1996: e.T11533A3292342.

IUCN. 2005. *Galeocerdo cuvier*: Simpfendorfer, C.: The IUCN Red List of Threatened Species 2009: e.T39378A10220026.

Lal A, Arthur R, Marbà N, Lill AWT, Alcoverro T. 2010. Implications of conserving an ecosystem modifier: Increasing green turtle (*Chelonia mydas*) densities substantially alters seagrass meadows. Biological Conservation **143**: 2730–2738.

Lewis NS. 2016. Aspects of science and technology in support of legal and policy frameworks associated with a global carbon emissions-control regime. **9**: 2172–2176.

Limpus CJ, Parmenter CJ, Limpus DJ, Miller JD. 2003. The green turtle, *Chelonia Mydas*, population of Raine Island and the northern Great Barrier Reef: 1843-2001.

McNeill JB, Avens L, Hall AG, Goshe LR, Harms CA, Owens DW. 2016. Female-Bias in a Long-Term Study of a Species with Temperature-Dependent Sex Determination: Monitoring Sex Ratios for Climate Change Research. PLOS ONE **11**: e0160911.

Miller RC. 2008. International Political Economy: Contrasting World Views. Routledge

Mitchell NJ, Janzen FJ. 2010. Temperature-Dependent Sex Determination and Contemporary Climate Change. Sexual Development **4**: 129–140.

Moore KA, Shields EC, Parrish DB. 2014. Impacts of Varying Estuarine Temperature and Light Conditions on *Zostera marina* (Eelgrass) and its Interactions With *Ruppia maritima* (Widgeongrass). Estuaries and Coasts **37**: 20–30.

Overpeck JT, Otto-Bliesner BL, Miller GH, Muhs DR, Alley RB, Kiehl JT. 2006. Paleoclimatic Evidence for Future Ice-Sheet Instability and Rapid Sea-Level Rise. Science **311**: 1747–1750.

Patino-Martinez J, Marco A, Quiñones L, Hawkes LA. 2014. The potential future influence of sea level rise on leatherback turtle nests. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology **461**: 116–123.

Pearce AF, Feng M. 2013. The rise and fall of the "marine heat wave" off Western Australia during the summer of 2010/2011. Journal of Marine Systems **111–112**: 139–156.

Pike DA, Roznik EA, Bell I. 2015. Nest inundation from sea-level rise threatens sea turtle population viability. Royal Society Open Science **2**: 150127.

Poloczanska ES, Limpus CJ, Hays GC. 2009. Chapter 2 Vulnerability of Marine Turtles to Climate Change. I: Biology B-A in M (red.). s. 151–211. Academic Press,

Roberge J-M, Angelstam P. 2004. Usefulness of the Umbrella Species Concept as a Conservation Tool. Conservation Biology **18**: 76–85.

Santidrián Tomillo P, Genovart M, Paladino FV, Spotila JR, Oro D. 2015. Climate change overruns resilience conferred by temperature-dependent sex determination in sea turtles and threatens their survival. Global Change Biology **21**: 2980–2988.

Schlacher TA, Dugan J, Schoeman DS, Lastra M, Jones A, Scapini F, McLachlan A, Defeo O. 2007. Sandy Beaches at the Brink. Diversity and Distributions **13**: 556–560.

Schuyler Q, Hardesty BD, Wilcox C, Townsend K. 2012. To Eat or Not to Eat? Debris Selectivity by Marine Turtles. PLOS ONE **7**: e40884.

Schuyler Q, Hardesty BD, Wilcox C, Townsend K. 2014. Global Analysis of Anthropogenic Debris Ingestion by Sea Turtles. Conservation Biology **28**: 129–139.

Spotila JR, Reina RD, Steyermark AC, Plotkin PT, Paladino FV. 2000. Pacific leatherback turtles face extinction. Nature **405**: 529–530.

Standora EA, Spotila JR. 1985. Temperature Dependent Sex Determination in Sea Turtles. Copeia **1985**: 711–722.

Thomson JA, Burkholder DA, Heithaus MR, Fourqurean JW, Fraser MW, Statton J, Kendrick GA. 2015. Extreme temperatures, foundation species, and abrupt ecosystem change: an example from an iconic seagrass ecosystem. Global Change Biology **21**: 1463–1474.

Wetzel FT, Beissmann H, Penn DJ, Jetz W. 2013. Vulnerability of terrestrial island vertebrates to projected sea-level rise. Global Change Biology **19**: 2058–2070.

Woodroffe CD. 2008. Reef-island topography and the vulnerability of atolls to sea-level rise. Global and Planetary Change **62**: 77–96.

Zickfeld K, MacDougall AH, Matthews HD. 2016. On the proportionality between global temperature change and cumulative CO 2 emissions during periods of net negative CO 2 emissions. Environmental Research Letters **11**: 55006.

[**Hur påverkar klimatförändringar havssköldpaddor?**]: etisk bilaga

Frida Alexanderson

Självständigt arbete i biologi 2016

Frågeställning

I min rapport har jag skrivit om hur klimatförändringar påverkar havssköldpaddor. Klimatförändringarna är ett stort hot mot allas överlevnad och även andra faktorer bidrar. Detta gäller även havssköldpaddor. Ett förebyggande och bevarande arbete för att skydda havssköldpaddorna mot dessa påverkningar kräver dock mycket resurser i form av bl.a. pengar och forskning. Detta för att kunna skydda dem och få bättre kunskap om vad som kan göras. Det väckte frågan om man bör göra något åt det och vilka som är ansvariga för att bevara dem, vilket jag vill diskutera här.

Varför är havssköldpaddor viktiga att bevara och vem bär ansvaret för att bevara dem?
Ett viktigt argument för att vi bör lägga resurser på att bevara havssköldpaddor är att de har visat sig ha en viktig roll i ekosystem i form av byte och som predator av mindre djur och växter. Om dessa skulle försvinna skulle ekosystemen de lever i förändras och göra att andra arter i ekosystemet riskerar att också försvinna helt. Om dessa ekosystem förändras kan det även komma att förändra jorden i det stora hela, vilket påverkar oss människor. Detta kan påverka våra överlevnadsförutsättningar negativt genom exempelvis minskad fiskefångst. Men frågan är om detta är nog för att vi ska bevara dem även om det är vi som orsakat klimatförändringarna.

Samhället, och myndigheter framför allt, har därför en viktig roll i det förebyggande arbetet, då de har medel att få fram förändringar i beteende och attityd som kan leda till minskning av växthusgaser i haven och att andra faktorer minskar ex. risken att bli fångade som bifångst. De har även möjlighet att lägga mer pengar på forskning och bevarande av marina miljöer. För att bevara havssköldpaddorna bör mer pengar satsas på forskningen. Detta för att få en överblick i hur dessa miljöer faktiskt fungerar. Marina ekosystem är dock svåra att forska på då det är ett mycket större område än landområden med komplexa näringskedjor som är svårare att övervaka.

Därför skulle ett bevarandearbete för att bevara havssköldpaddor vara ett viktigt steg för att ta itu med de förödande utmaningar vi står inför, inte enbart för dessa arter, men också för marina ekosystem. Detta kan i långa loppet gynna alla, påverkas en del negativt påverkas alla delar i världens ekosystem negativt. Om haven dör, dör vi.

Forskningsetik
I rapporten har tillförlitliga källor i form av originalrapporter används i största möjliga mån samtidigt som aktuell och ny forskning varit i fokus. Jag har valt dessa då de har utfört studier som visar hur havssköldpaddor påverkas av olika aspekter av klimatförändringar och mänskliga faktorer. De har ofta visat på andra studier som antingen styrkt det de sagt eller som sagt emot dem. Jag har även försökt, i den mån det är möjligt, visa vilka ställen klimatförändringarna och människan påverkar havssköldpaddorna mycket och att det finns platser i världen där de inte påverkar lika mycket. Källor har angivits i texten där mina åsikter eller slutsatser inte dragits. Under arbetets gång har jag sett att många forskare tittar på separata delar som påverkar havssköldpaddor men det är också viktigt att titta på alla faktorer tillsammans för att få en helhetsbild om hur står påverkan olika faktorer tillsammans faktiskt har.