



Sveriges lantbruksuniversitet  
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap

# Miljökemikaliers påverkan på isbjörnars (*Ursus maritimus*) reproduktion och hur dessa kemikalier når djuren

*Jessica Isaksson*



---

Examensarbete, 15 hp

Agronomprogrammet - Husdjur, examensarbete för kandidatexamen

Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

Uppsala 2015





Sveriges lantbruksuniversitet  
**Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap**  
Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

## **Miljökemikaliers påverkan på isbjörnars (*Ursus maritimus*) reproduktion och hur dessa kemikalier når djuren**

Environmental chemicals impact on polar bear (*Ursus maritimus*) reproduction and how these chemicals reach the animals

*Jessica Isaksson*

**Handledare:**

Ellinor Spörndly-Nees, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Examinator:**

Lena Holm, SLU, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi

**Omfattning:** 15 hp

**Kurstitel:** Kandidatarbete i husdjursvetenskap

**Kurskod:** EX0553

**Program:** Agronomprogrammet – husdjur 270 hp

**Nivå:** Grund, G2E

**Utgivningsort:** SLU Uppsala

**Utgivningsår:** 2015

**Omslagsbild:** AP Photo/The Canadian Press, Jonathan Hagward. No changes made. CC-licensed.  
<https://creativecommons.org/licenses/by/2.0/legalcode>

**On-line publicering:** <http://epsilon.slu.se>

**Nyckelord:** Isbjörn, Slädhund, Reproduktion, Miljökemikalier, Spridning, Könsmognad, Könsgorgan, Missbildningar, Polyklorerade Bifenyler och Organiska klor föreningar

**Key words:** Polar bear, Sledge dog, Reproduction, Environmental chemicals, Distribution, Sexual maturation, Genitals, Malformations, Polychlorinated biphenyls and Organochlorine compounds



## Abstract

Environmental chemicals are transported to the Arctic through the air and oceans, once within the Arctic they spread through rivers, lakes and other watercourses. Polar bears and sledge dogs ingest high concentrations of environmental chemicals since many of the chemicals are fat-soluble and their diet mainly consists of marine mammals. The aim of this study is to describe how environmental chemicals spread in nature, how they reach the polar bears, and finally how they affect the animals reproduction, with reproductive hormones and genitals in focus. The animals are exposed to a cocktail effect which complicates the assessment of the chemicals impact on the reproduction. Studies show that the genitals can decrease in size or become malformed, sexual maturation can be affected and the reproductive hormones can be disturbed. This can complicate or delay courtship, mating and gestation. More research is needed in this area to get a better picture of how the polar bears reproduction is affected and to understand how environmental chemicals may affect the survival of the species in the future. It is also important to extend the research so more environmental chemicals are included, because of the complexity of the cocktail effect.

## Sammanfattning

Miljökemikalier transporteras till Arktis med hjälp av luft och hav, väl inne i Arktis sprider de sig sedan med hjälp av floder, sjöar och andra vattendrag. Isbjörnar och slädhundar får i sig höga koncentrationer miljökemikalier eftersom många kemikalier är fettlösliga och deras föda består till största del av marina däggdjur. Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva hur miljökemikalier sprids i naturen, hur de når isbjörnar och slutligen hur de påverkar djurens reproduktion, med reproduktionshormoner och könsorgan i fokus. Djuren utsätts för en cocktaileffekt vilket försvårar bedömningen av miljökemikaliers effekt på reproduktionen. Studier visar att könsorganen kan minska i storlek eller missbildas, könsmognaden kan påverkas och reproduktionshormonerna kan störas. Detta kan försvåra eller försena själva parningsleken, parningen och dräktigheten. Det behövs mer forskning på området för att få en bättre bild av hur isbjörnars reproduktion påverkas och för att förstå hur miljökemikalier i framtiden kan påverka artens överlevnad. Det är även viktigt att utöka forskningen så att fler miljökemikalier inkluderas på grund av cocktaileffektens komplexitet.

## Introduktion

Det finns cirka 800 olika kemikalier som stör eller tros störa såväl hormonreceptorer som hormonsyntes. Några väl kända kemikalier är polyklorerade bifenyler (PCB), diklordifenyltrikloretan (DDT), organiska halogenföreningar (OHC), hexaklorbensen (HCB), hexaklorcyklohexan (HCH), polybromerade difenyletrar (PBDE), klordan och dieldrin. Kemikalierna återfinns i många olika produkter, till exempel elektronik, livsmedelsförpackningar, kläder, läkemedel, kroppsvårdsprodukter, produkter gjorda av plast, insekticider och flamskyddsmedel. De före-

kommer även i maten och när de hamnar i naturen kallas de för miljökemikalier (UNEP & WHO, 2012). Det finns en allmän uppfattning om att Arktis är en ren och orörd plats men så är inte fallet eftersom miljökemikalier transporteras dit via luft och hav, de sprids sedan inom Arktis med hjälp av floder, sjöar och andra vattendrag. Miljökemikalier tar sig in i mikroorganismer och växter som finns i ekosystemen i hav och på land. Dessa konsumeras sedan av herbivorer och karnivorer vilket betyder att kemikalier överförs till djuren. Isbjörnar (*Ursus maritimus*) är högst upp i näringskedjan vilket bidrar till att de får i sig relativt höga koncentrationer miljökemikalier via födan (AMAP, 1998).

Miljökemikaliers hormonliknande egenskaper kan störa isbjörnars reproduktion (Oskam et al., 2003). Det är många olika hormoner som kan påverkas vilket gör denna process väldigt komplex (UNEP & WHO, 2012). Miljökemikalier kan vara långlivade och bioackumulerande (Sonne et al., 2009), de kan också påverka isbjörnars steroidhormoner, vilket stör det endokrina systemet och påverkar reproduktionen (Oskam et al., 2003). För att arter och populationer ska kunna förnyas är det viktigt med en fungerande reproduktion samt att djuren har ett fungerande och friskt endokrint system (UNEP & WHO, 2012). Exponering för miljökemikalier sker successivt och samtidigt, vilket kallas cocktaileffekt och det är svårt att bedöma kemikaliernas skadliga effekter eftersom det kan finnas okända agonistiska och antagonistiska interaktioner mellan dem (Sonne et al., 2008). Isbjörnar utsätts för denna cocktaileffekt vilket även slädhundar gör eftersom de äter samma sorts föda (Sonne et al., 2008), nämligen marina däggdjur (Kirkegaard et al., 2010). Vid försök i laboratorium exponeras djur oftast för en specifik miljökemikalie, vilket ger information om just den kemikaliens effekt på reproduktionen. Mycket av den information och kunskap om miljökemikaliers effekt på reproduktionen kommer från sådana experiment, vilket gör det svårt att dra slutsatser om de effekter som en blandning (cocktail) kan ha på vilda djur (Sonne et al., 2008; Sonne et al., 2009). Denna litteraturstudie kommer fokusera på hur isbjörnens reproduktion påverkas av miljökemikalier. Dock är forskningen på detta område begränsad och därför kommer även slädhundars reproduktion studeras. Syftet med denna litteraturstudie är att beskriva hur miljökemikalier sprids i naturen, hur de når isbjörnar och slutligen hur de påverkar djurens reproduktion, med reproduktionshormoner och könsorgan i fokus.

## **Miljökemikaliers väg till Arktis och isbjörnar**

Miljökemikalier som hamnar i Arktis kommer till stor del från de industrialiserade länderna och från platser som bedriver en stor jordbruksproduktion (Oehme, 1991). För att förstå hur olika miljökemikalier sprids till Arktis måste först ekosystemets funktion förklaras. Arktis kännetecknas av en relativt låg reproduktionshastighet där djuren har en lång livslängd, blir könsmogna vid relativt höga åldrar och diversiteten av olika arter är liten. Det är vanligt med korta näringskedjor och den näringskedja där isbjörn ingår består av växtplankton som konsumeras av djurplankton, vilket konsumeras av fiskar, fiskarna blir sedan uppätta av sälar som i sin tur konsumeras av isbjörnar (Barrie et al., 1992). Koncentrationen av olika miljökemikalier i Arktis har varierat med tiden på grund av ett förändrat användningsmönster i de

länder som sprider kemikalier. I mitten på 1970-talet förbjöds användningen av PCB och DDT i Europa vilket bidrog till att koncentrationerna minskade (Derocher et al., 2003). Idag finns många olika organiska klorföreningar (OC) i Arktis (Oehme, 1991), vilket kännetecknas av att de transporteras långa sträckor, har en låg löslighet i vatten och att de har en hög biologisk och kemisk stabilitet (Barrie et al., 1992). Andra miljökemikalier som ofta hittas är hexacyklohexan (HCH) och klordan (Oehme, 1991). Transporten av miljökemikalier sker i huvudsak via luft men det förekommer även en stor transport via hav (Oehme, 1991). Spridningen via luften varierar beroende på årstid, under vintern kommer luftströmmar till Arktis vilka drivs på av ett högtryck som finns över Sibirien, Europa och Asien. Luften fortsätter sedan ut över Nordamerika eller ut över Aleuterna och södra Grönland. Under sommaren kommer luftströmmar till Arktis via Stilla havet och Atlanten. Sommarens varmare temperatur bidrar till en högre luftfuktighet, vilket ger mer moln och nederbörd som kan transportera miljökemikalier (Barrie et al., 1992). Miljökemikalier finns i vatten och is och transporteras i haven med hjälp av havsströmmar. Dessa strömmar varierar beroende på bland annat tidvatten, gravitationskrafter, vindbelastning på vattenytan eller på inlandsisen och jordens rotationskrafter. En annan viktig spridningsväg på sommaren är floder som löper genom Arktis eftersom isen smälter och frigör bundna kemikalier (Barrie et al., 1992).

Klimatet i Arktis varierar beroende på årstid, under vintern är temperaturen  $-25^{\circ}\text{C}$  till  $-45^{\circ}\text{C}$ , jämfört med sommar då temperaturen ligger runt  $0^{\circ}\text{C}$  (Barrie et al., 1992). För att isbjörnar ska hålla kroppstemperaturen och deras hälsa intakt använder de sig av lipider som främsta energikälla. De äter till stor del späck och skinn från vikare (*Phoca hispida*) som även kallas ringsäl. Många miljökemikalier är fettlösliga, anrikas i fett och koncentrationen som är bunden i fett varierar beroende på säsong. Isbjörnar genomgår en period av fasta vilket ger dem en negativ energibalans. Honor fastar då de går i ide för att föda och ta hand om ungarna (Brunström & Halldin, 2000) och hanar fastar under sommaren till hösten eftersom tillgången på markbundna födokällor är begränsade (Oskam et al., 2003). Under fastan tas energi från fett vilket får kemikalier att frigöras och cirkulera fritt i kroppen (Brunström & Halldin, 2000).

## **Isbjörnsreproduktion – en översikt**

Hanar producerar könshormonet testosteron, som under fosterstadiet hjälper till att bilda de hanliga könsorganen. Vid könsmognad utsöndrar testikelns Leydigceller större mängd testosteron vilket stimulerar produktionen av spermier och hanars könsdrift. Hormonet påverkar även nervsystemet, bestämmer könskörtlarnas storlek och funktion, samt bestämmer tillväxten av muskler och skelett (Sjaastad et al., 2010). Testosteronkoncentrationen varierar beroende på säsong och koncentrationen är som högst under parningssäsongen. Miljökemikalier som OC kan påverka hanars reproduktionssystem och därmed försämra deras reproduktiva förmåga. Det är många interna och externa faktorer som påverkar testosteronkoncentrationen under hanars livscykel (Oskam et al., 2003). Isbjörnars parningslek och parning sker ute på isen under april till maj, hanen och honan stannar sedan tillsammans i en vecka för att säkerställa att befruktningen blev

lyckad. Honor har ingen regelbunden ägglossning utan den framkallas under parningsritualen (Rosing, 2007). Vid befruktning transporteras spermier till äggledarna där befruktningen sker. Det honliga köns hormonet östrogen stimulerar follikeltillväxt, möjliggör parning och befruktning och hjälper könsorganet med transporten av spermier till äggledaren. Hormonet skapar även en fördelaktig miljö för det befruktade ägget, reglerar den könsspecifika lagringen av fett och stimulerar tillväxten av mjölkkörtlar och mjölknedsläpp. I slutet av dräktigheten är progesteronkoncentrationen lägre vilket förbereder honor för förlossning (Sjaastad et al., 2010). Ungarna föds i november till december, vanligtvis får honor två ungar men det förekommer även kullar med tre till fyra ungar. Honor tar hand om ungar i upp till två år vilket betyder att de parar sig vart tredje år (Rosing, 2007).

### **Hanar och honors könsmognad**

Isbjörnar på Grönland har under perioden 1975 till 2002 exponerats för en komplex cocktail av miljökemikalier innehållande bland annat gruppen OHC. Denna grupp består bland annat av kemikalierna OC, PBDE och perfluoroktansulfonsyra (PFOS) (Sonne et al., 2007). En studie utfördes av Rosing-Asvid *et al.* (2002) där könsorganen hos 165 isbjörnshanar analyserades för att säkerställa när deras könsmognad inträffade. Inga tecken på spermatogenes, vilket är processen där spermier produceras, fanns hos de ettåriga hanar som testades. Spermatogenesisen var dock påbörjad hos hanar som var två år och låga koncentrationer av spermier fanns hos hanar som var tre respektive fyra år. Bland de femåriga hanar som testades hade alla utom en individ spermieproduktion, denna hane var mager, vilket troligen bidrog till att produktionen uteblev. Sonne *et al.* (2007) undersökte hur isbjörnars könsmognad och utveckling av deras könsorgan påverkades av atmosfäriskt burna xenoendokriner kemikalier och klimatförändringar. I studien användes 55 hanar som fångades in under olika årstider eftersom årstidsvariationens påverkan på hanars könsorgan ville studeras. Hanar som var mellan fem till 15 år hade avlånga spermatider och spermier, vilket betyder att dessa hanar hade nått könsmognad. Detta skiljer sig något från Rosing-Asvid *et al.* (2002) resultat där de hittade spermier i låga koncentrationer hos hanar som var tre respektive fyra år, vilket tyder på en tidigare könsmognad. Sonne *et al.* (2007) fann en stark korrelation mellan testiklars längd och vikt men även att det fanns en årstidsvariation i testikelvikten. Årstidsvariationen kan förklaras med att isbjörnar parar sig på våren vilket bidrar till att hanars testiklar växer sig större. Viktskillnaden uppmärksammades även av Rosing-Asvid *et al.* (2002) eftersom de såg att testiklarna var längre på våren jämfört med hösten. Sonne *et al.* (2007) använde testiklars storlek och tillväxt för att fastställa när könsmognaden inträffade och kom fram till 7,3 års ålder eftersom testiklarna då hade vuxit klart till 95 procent. När hanarna var tio år hade testiklarna vuxit klart till 100 procent. Undersökningar utfördes även på penisbenets tillväxt och storlek och dessa visade att hanar blev könsmogna vid åldern 6,9 år, då penisbenet hade vuxit klart till 95 procent (Sonne et al., 2007). Rosing-Asvid *et al.* (2002) fann en positiv korrelation mellan sädeskanalernas diameter och längden på testiklarna och de ansåg att hanar blev könsmogna vid åldern 5,8 år eftersom testiklarna då hade vuxit klart till 95 procent.



Honors könsmognad studerades av Sonne *et al.* (2007) och inga säsongsskillnader hittades. Det fanns dock starka korrelationer mellan livmodershornens diameter och ett antal parametrar, nämligen äggstocksvikten, äggstockslängden och diametern och längden hos livmoderkroppen. Baserat på dessa korrelationer kunde könsmognaden skattas och den beräknades inträffa när honorna var mellan tre till fem år. Folliklarna studerades hos 28 honor och Sonne *et al.* (2007) fann att honor som var äldre än fem år hade folliklar vid alla utvecklingsstadier medan honor som var yngre än fem år hade folliklar med en primär eller sekundär utveckling. Det fanns en negativ korrelation mellan folliklar som var mindre än en millimeter och åldern. Honor som var fem år eller äldre hade en mogen slemhinna i livmodern och gulkroppar hittades hos två honor som var fem respektive sex år gamla. Detta indikerar att dessa honor hade fungerande könsorgan, att de var könsmogna och att de möjligtvis har varit dräktiga. Resultaten visar därmed att honor når sin könsmognad vid tre till fem års ålder, vilket stämmer ganska väl överens med Rosing-Asvid *et al.* (2002) resultat som säger att vissa honor når könsmognad vid fem års ålder.

## **Effekter på reproduktionshormoner vid exponering för miljökemikalier**

### **Hanar**

Testosteronkoncentrationen hos slädhundar undersöktes av Kirkegaard *et al.* (2010) för att se hur koncentrationen påverkades av en långvarig exponering av OHC. I studien användes två honor som var syskon, vilka parades med samma icke exponerade hane. Honorna var syskon eftersom detta säkerställde att den genetiska diversiteten hos deras valpar minskade, men även att valparnas gensvar på den genetiska variationen var relativt lika. Honorna fick en bestämd diet från att de var två månader gamla. Ena honans föda innehöll höga koncentrationer OHC, nämligen späck från vikvalar (*Balaenoptera acutorostrata*), medan den andra honans föda innehöll låga koncentrationer OHC, nämligen grisfläsk. Födan kompletterades även med hundfoder för att täcka honornas näringsbehov. Honorna fick valpar med 20 dagars mellanrum och ur dessa valdes tre hanar ut ur varje kull. Hanvalparna exponerades för de olika koncentrationerna kemikalier i livmodern, men även via laktationen eftersom de fettlösliga kemikalierna överfördes via mjölken. Efter avvänjningen fick valparna samma föda som deras mödrar och när hanarna var tre, fem, sju, nio och tolv månader gamla analyserades deras testosteronkoncentration. Testosteronkoncentrationen ökade signifikant hos alla hanar från att de var tre månader gamla tills de nådde tolv månaders ålder. Inga skillnader kunde dock hittas mellan hanarna som fick höga respektive låga koncentrationer OHC i olika åldrar.

### **Honor**

PCB är en av de vanligaste OC som förekommer i höga koncentrationer och som följd av detta har den blivit väldigt uppmärksammas eftersom den har förmågan att störa reproduktionen genom att rubba steroid-hormon balansen. Havve *et al.* (2003) redovisade en studie som berörde isbjörnar och PCB:s effekt på reproduktionen. Mellan 1995 till 1998 fångades 360 isbjörnar (honor och hanar) in och ur dessa valdes 86 honor vilka var fyra år eller äldre. Honorna delades

upp i tre olika grupper, där grupp ett bestod av honor som inte hade några ungar eller som hade ungar som var äldre än två år. Grupp två bestod av honor som hade ungar som var yngre än tolv månader och grupp tre bestod av honor som hade ungar som var tolv till 24 månader gamla. En analys utfördes på progesteron (P4), 17 $\beta$ -estradiol (E2) och kortisol för att se om höga koncentrationer PCB påverkade dessa hormoner. Resultaten visade en signifikant högre koncentration P4 hos honor som inte hade några ungar jämfört med honor som hade ungar som var tolv till 24 månader. P4 koncentrationen ökade även med tiden hos honor som inte hade några ungar. E2 koncentrationen var densamma hos de olika grupperna, dock fanns det en negativ korrelation mellan E2 och PCB-118 hos honor som hade ungar. Plasmakoncentrationen av kortisol var densamma i de olika grupperna. När jämförelser utfördes mellan honor som hade ungar kunde ingen skillnad upptäckas i P4 eller E2 koncentrationen, detta kan bero på att honorna har diat ungar och var därmed i anöstrus. Haave *et al.* (2003) kom fram till att PCB kan medföra en förhöjd koncentration av P4 vilket påverkar follikelstimulerande hormon (FSH) och luteiniserande hormon (LH), detta kan förhindra mognaden av folliklar och därmed ägglossning hos honor som ännu inte fått några ungar. Detta kan få negativa konsekvenser för isbjörnars reproduktion eftersom honor får ägglossning vid parning och om den uteblir påverkas de framtida subpopulationerna. Honor som inte har några ungar ska normalt ha en högre koncentration E2 än honor som har ungar och befinner sig i anöstrus. PCB koncentrationen var lika i de olika grupperna vilket bidrog till att Haave *et al.* (2003) ansåg att PCB kan hämma produktionen av E2 hos honor som inte har några ungar. Detta visar att PCB kan ha inverkan på reproduktionen hos isbjörnshonor men mycket arbete återstår för att klarlägga mekanismerna i detalj.

## Effekter på könsorganen vid exponering för miljökemikalier

### Hanar

Sonne *et al.* (2006) studerade isbjörnars könsorgan där 55 hanar delades upp i två åldersgrupper. Den första gruppen innehöll hanar som var yngre än sex år och den andra gruppen innehöll hanar som var sex år eller äldre. Ett samband hittades mellan könsorganens utformning och en högre koncentration av miljökemikalier. Testiklarnas längd minskade signifikant när koncentrationerna  $\Sigma$ HCH,  $\Sigma$ DDT,  $\Sigma$ PBDE och klordan ökade hos hanar som var yngre än sex år. Hos hanar som var sex år eller äldre minskade testiklarnas längd något när koncentrationen HCB ökade. Kirkegaard *et al.* (2010) studerade testiklarnas längd hos sex slädhundar som delades upp i två grupper, för att ta reda på om det fanns någon skillnad beroende på om hanar utsattes för en hög respektive låg koncentration OHC, inga skillnader upptäcktes dock mellan grupperna. Sonne *et al.* (2006) fann en stark korrelation mellan testiklars vikt och längd hos isbjörnar, där vikten minskade hos hanar som var sex år eller äldre när koncentrationen  $\Sigma$ HCH och dieldrin ökade. Kirkegaard *et al.* (2010) undersökte testikelvikten hos slädhundar som exponerades för OHC och upptäckte att hanar som exponerades för högre koncentrationer hade lägre testikelvikt jämfört med hanar som exponerades för lägre koncentrationer.

Längden på penisbenet har studerats av Ferguson & Lariviere (2004) som nämner att längden kan vara avgörande för att en fördröjd implantation ska kunna inträffa. Isbjörnar har fördröjd implantation, vilket innebär att det tidiga embryot inte fäster vid livmoderslemhinnan direkt. Analyser har utförts på rovdjur som visade att längden på penisbenet har anpassat sig beroende på var djuren lever. Rovdjur som lever på höga latituder och i kalla och snörika klimat rör sig generellt sett över större områden än djur som lever på lägre latituder, vilket bidrar till att det är svårare att hitta en partner. Miljökemikalier kan påverka längden på penisbenet vilket minskar chansen för en lyckad befruktning (Ferguson & Lariviere, 2004). Sonne *et al.* (2006) undersökte hur penisbenet påverkades av olika halogenerade organiska föreningarna och upptäckte att mängden kalciumfosfat (g) per kvadratcentimeter minskade signifikant om koncentrationen av olika miljökemikalier ökade. Konsekvenser som detta kan medföra är att antalet benfrakturer ökar. Mängden kalciumfosfat (g) per kvadratcentimeter minskade signifikant när koncentrationen klordan och  $\Sigma$ DDT ökade hos hanar som var yngre än sex år, men även när koncentrationen HCB ökade hos hanar som var sex år eller äldre. Penisbenets vikt minskade signifikant hos hanar som var yngre än sex år när koncentrationen  $\Sigma$ PBDE,  $\Sigma$ PCB, klordan och dieldrin ökade. Hos hanar som var sex år eller äldre minskade vikten signifikant när koncentrationen HCB och  $\Sigma$ PCB ökade. Generellt minskade längden på penisbenet signifikant om koncentrationen av olika miljökemikalier ökade. Hos hanar som var yngre än sex år minskade längden på penisbenet mycket signifikant när koncentrationen klordan, dieldrin och  $\Sigma$ PBDE ökade. Hos hanar som var sex år eller äldre minskade penisbenets längd signifikant när koncentrationen HCB ökade. Kirkegaard *et al.* (2010) studerade hur penisbenets vikt och längd påverkades hos slädhundar vid exponering för en hög respektive låg koncentration av OHC, dock upptäcktes inga skillnader mellan grupperna. Det fanns inte heller någon skillnad mellan grupperna i mängden kalciumfosfat (g) per kvadratcentimeter men penisbenet var ändå något större hos hanar som exponerades för en lägre koncentration OHC.

Slädhundars könsorgan studerades av Sonne *et al.* (2008) för att ta reda på hur könsorganen påverkas vid exponering för miljökemikalier. Sonne *et al.* (2008) undersökte 100 slädhundar på östra Grönland, bland dessa fanns en tvåårig hanhund med diagnosen hypospadi. Det är en missbildning av könsorganet som även ger felplacerad svans och anus. Hanen kom från en kull som bestod av två hanar och tre honor och vid undersökning upptäcktes det att hanen hade exponerats för höga halter OC i livmodern. Hanens dagliga intag av toxiska ekvivalenter (TEQ) var 32-128 enheter över WHO:s rekommenderade dagliga intag. TEQ består av en blandning av kemikalierna PCB, polyklorerade dibenso-p-dioxiner (PCDD) och polyklorerade dibensofuraner (PCDF). Hanens ollon och peniskropp hade utvecklats till en kort 50 millimeter körtel som varken hade urinrörsmynning eller penisben, färgen på slemhinnan var även avvikande. Förhuden var inte alls utvecklad men det fanns en förhudslignande påse och området runt om var hårlöst. Hanen hade även en 100-150 millimeter stor öppning vilket liknar honors könsorgan och hanen var steril trots att testiklarna var normala, placerade på rätt ställe och hade en fungerande spermatogenes.

## Honor

Könsorganen hos isbjörnshonor har studerats för att se hur de påverkas vid exponering för miljökemikalier. Sonne *et al.* (2006) undersökte könsorganen hos 39 honor som delades upp i två grupper. Den första gruppen innehöll honor som var yngre än fem år och den andra gruppen innehöll honor som var fem år eller äldre. Längden och vikten på äggstockar undersöktes och Sonne *et al.* (2006) såg att dessa minskade när koncentrationen  $\Sigma$ PCB och klordan respektive  $\Sigma$ PBDE ökade. Längden på livmoderhornen minskade mycket med en ökad koncentration HCB. Wiig *et al.* (1998) undersökte utvecklingen av könsorganen hos 269 isbjörnshonor för att säkerställa deras avelsstatus mellan år 1988 till 1997. År 1990 och 1997 hittades två 15-åriga honor som hade röda och svullna klitoris med en ollonliknande topp, vilket resulterade i att de fick diagnosen pseudohermafroditism. Det är en missbildning på de yttre delarna av könsorganet som gör det svårt att avgöra vilket kön djuret har. Dessa honor kan ha exponerats för miljökemikalierna OC och speciellt PCB. Anledningen till att honorna fick diagnosen pseudohermafroditism var att de levde vid undersökningen vilket bidrog till att Wiig *et al.* (1998) inte kunde fastställa om honorna var sanna hermafroditer, vilket betyder att de är tvåkönade. I samma studie påträffades även två isbjörnsungar som var sanna hermafroditer, ungarna var honor och syskon, de hade normala vaginor men de hade även 20 millimeter långa penisar. Syskonen kunde genetiskt fastställas som honor eftersom de inte hade någon Y-kromosom. Om en dräktig hona exponeras för höga halter PCB kan det påverka fostren indirekt genom att störa det endokrina systemet hos modern eller direkt genom att störa det endokrina systemet hos fostren. Därför kan pseudohermafroditism bland annat uppkomma om djuren exponeras för miljökemikalier men det kan även uppkomma om modern har tumörer som orsakar en androgen sekretion vilket stör ungarnas fosterutveckling. Sonne *et al.* (2005) tar dock upp att de diagnostiserade fallen av pseudohermafroditism kan vara feldiagnoser. År 1999 undersöktes en död 23-årig isbjörnhona som tidigare hade fått diagnosen pseudohermafroditism. Honan hade en förstorad klitoris med avvikande färg, men i övrigt var könsorganet normalt, båda internt och externt. Vid undersökningen upptäcktes det att honan inte hade pseudohermafroditism utan det handlade istället om en inflammationsreaktion vilket förstörde honans klitoris.

## Diskussion

I Arktis utsätts djuren för en cocktaileffekt av olika miljökemikalier vilket gör det svårt att fastställa exakt hur de skadliga effekterna uppstår (Sonne *et al.*, 2008). Isbjörnar rör sig över stora områden för att hitta en partner eller föda, vilket gör det svårt att ta upprepade prover. Därför blir ofta en ögonblicksbild tillgänglig av hur stora koncentrationerna är av olika miljökemikalier i vävnader och blodet hos djuren (Barrie *et al.*, 1992; Ferguson & Lariviere, 2004; Sonne *et al.*, 2009). De industrialiserade länderna och platser som bedriver en stor jordbruksproduktion släpper ut de mesta av miljökemikalierna som hamnar i Arktis (Oehme, 1991). Miljökemikalier sprids via luft och hav till Arktis, de sprids sedan inom Arktis med hjälp av floder, sjöar och andra vattendrag (Oehme, 1991; AMAP, 1998; Brunström & Halldin, 2000). Isbjörnar och släd-

hundar får i sig stora koncentrationer via födan, vartefter miljökemikalier anrikas i fettet och när djuren genomgår en period av fasta frisätts de i kroppen. För att djuren ska kunna ha en normal könsmognad och en fungerande fortplantningsförmåga är det viktigt att utsöndringen av reproduktionshormoner är normal (Oskam et al., 2003). Rosing-Asvid *et al.* (2002) och Sonne *et al.* (2007) studerade isbjörnars könsmognad och Rosing-Asvid *et al.* (2002) kom fram till att hanars könsmognad inträffar vid 5,8 års ålder medan Sonne *et al.* (2007) kom fram till att den inträffar vid 6,9 till 7,3 års ålder. Denna skillnad kan bero på att Rosing-Asvid *et al.* (2002) använde sig av sammanslagna resultat för att jämföra nordvästra och östra Grönland med varandra och regionskillnaden togs därför inte i beaktning. Skillnaden kan även bero på att hanarna exponerades för såväl miljökemikalier som förändringar i klimatet. Honor könsmognad studerades också och Rosing-Asvid *et al.* (2002) uppskattade att vissa honor når sin könsmognad när de är fem år vilket stämmer ganska väl överens med Sonne *et al.* (2007) som uppskattade könsmognaden till mellan tre till fem års ålder.

Effekter på reproduktionshormoner vid exponering för miljökemikalier visar lite olika resultat. Kirkegaard *et al.* (2010) kunde inte påvisa någon skillnad i den totala testosteronkoncentrationen hos sex slädhundar som exponerades för höga respektive låga koncentrationer OHC. En orsak till detta kan vara att koncentrationen av testosteronbindande protein skiljer sig åt hos hanarna och för att få ett mer förlitligt resultat borde den fria fraktionen testosteron ha mätts. Det kan även bero på att testgruppen var liten och att en hane som fick höga koncentrationer OHC inte kunde användas på grund av att hanen genomgick andra behandlingar under studiens gång. Kirkegaard *et al.* (2010) tar även upp att bristen på skillnad kan bero på att hanar som exponerades för en högre koncentration OHC kan ha en större metabolism av testosteron. Dessutom kan en orsak vara att hanarna har komplexa interaktioner mellan hormoner vilket bibehåller den normala koncentrationen testosteron. Havve *et al.* (2003) undersökte isbjörnshonor och upptäckte att en ökad koncentration PCB påverkade deras steroid-hormonbalans. Hormonerna P4, E2 och kortisol undersöktes och resultaten tyder på att höga halter av PCB kan förhindra mognaden av folliklar och därmed ägglossning hos honor som ännu inte fått några ungar. Detta kan påverka de framtida subpopulationerna negativt eftersom honor får ägglossning vid parning. PCB kan även hämma produktionen av E2 hos honor som inte fått några ungar vilket skapar problem då dessa honor normalt ska ha en högre koncentration E2 än honor som har ungar och befinner sig i anöstrus (Havve et al., 2003).

Flera studier har visat att könsorganen hos både isbjörnar och slädhundar kan påverkas av miljökemikalier. Sonne *et al.* (2006) fann att testiklars längd och vikt minskade när koncentrationen av olika miljökemikalier ökade i olika åldrar hos isbjörnar. Kirkegaard *et al.* (2010) fann inga skillnader i testiklars längd hos slädhundar som exponerats för en hög respektive låg koncentration OHC, dock minskade testikelvikten när hanar utsattes för en högre koncentration OHC. Sonne *et al.* (2006) fann att penisbenet hos isbjörnar påverkades av olika halogenerade organiska föreningar och mängden kalciumfosfat (g) per kvadratcentimeter minskade när koncentrationen av olika miljökemikalier ökade. Vikten och längden på penisbenet minskade också vid högre koncentrat-

ioner. Kirkegaard *et al.* (2010) kunde inte hitta dessa effekter hos slädhundar som exponerats för höga koncentrationer OHC. Anledningen till detta kan vara att testgruppen var liten, men även att den exakta koncentrationen som överfördes via laktationen inte kunde fastställas. Könsorganen hos isbjörnshonor studerades av Sonne *et al.* (2006) som såg att längden och vikten på äggstockar samt längden på livmoderhornen minskade vid en ökad koncentration av olika miljökemikalier.

Missbildade könsorgan kan uppkomma hos såväl slädhundar som isbjörnar vid exponering för miljökemikalier, vilket påvisats av både Sonne *et al.* (2008) och Wiig *et al.* (1998). Sonne *et al.* (2008) fann en hanhund med diagnosen hypospadi som hade exponerats för höga halter av OC i livmodern. Könsorganet var missbildat och hanen var steril trots normala testiklar med fungerande spermatogenes. Sonne *et al.* (2008) tar upp att slädhundar utsätts för en cocktaileffekt av olika miljökemikalier vilket kan bidra till diagnosen. Wiig *et al.* (1998) upptäckte två 15-åriga isbjörnshonor som hade röda och svullna klitoris med en ollonliknande topp vilket bidrog till att honorna fick diagnosen pseudohermafroditism. Honorna kan ha fått diagnosen eftersom de har exponerats för OC och speciellt PCB, men det kan även uppkomma på grund av att deras mödrar hade tumörer som orsakar en androgen sekretion vilket då stör honornas fosterutveckling. De diagnostiserade fallen av pseudohermafroditism kan dock vara feldiagnoser, vilket påvisades av Sonne *et al.* (2005). Detta eftersom de hittade en 23-årig hona med diagnosen, som i själva verket hade en inflammationsreaktion, vilket förstörde honans klitoris.

## Slutsats

Många miljökemikalier tar sig till Arktis via luft och hav, varefter de tas upp av djuren som sedan påverkas på olika sätt. Bevis finns som visar att de kan störa reproduktionen och därmed hota framtida subpopulationer. Djuren utsätts för en cocktaileffekt vilket försvårar bedömningen av miljökemikaliers effekt på reproduktionen. Studier visar att könsorganen kan minska i storlek eller missbildas, könsmognaden kan påverkas och reproduktionshormoner kan störas. Detta kan försvåra eller försena själva parningsleken, parningen och dräktigheten. Det behövs mer forskning på området för att få en bättre bild av hur isbjörnars reproduktion påverkas och för att förstå hur miljökemikalier i framtiden kan påverka artens överlevnad. Det är även viktigt att utöka forskningen så att fler miljökemikalier inkluderas, så att förståelsen för cocktaileffektens komplexitet ökar. Det är dock viktigt att komma ihåg att det inte bara är miljökemikalier som hotar isbjörnars överlevnad utan det gör även de rådande klimatförändringarna och den mänskliga aktiviteten. Dessa parametrar bör därför också tas i beaktning i framtida forskningsförsök.

## Litteraturförteckning

Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP) (1998). *AMAP assessment report: Arctic Pollution Issues*. ss. 7-9.

Barrie, L.A., Gregor, D., Hargrave, B., Lake, R., Muir, D., Shearer, R., Tracey, B. & Bidleman, T. (1992). Arctic contaminants: sources, occurrence and pathways. *The Science of the Total Environment*, vol. 122, ss. 2, 5, 22, 24-25, 30-31.

- Brunström, B. & Halldin, K. (2000). Ecotoxicological risk assessment of environmental pollutants in the Arctic. *Toxicology Letters*, vol. 112-113, ss. 111-118.
- Derocher, A.E., Wolkers, H., Colborn, T., Schlabach, M., Larsen, T.S. & Wiig, O. (2003). Contaminants in Svalbard polar bear samples archived since 1967 and possible population level effects. *The Science of the Total Environment*, vol. 301, ss. 163-174.
- Ferguson, S.H. & Lariviere, S. (2004). Are long penis bones an adaption to high latitude snowy environments?. *Oikos*, vol. 105, ss. 255-267.
- Haave, M., Ropstad, E., Derocher, A.E., Lie, E., Dahl, E., Wiig, O., Skaare, J.U. & Jenssen, B.M. (2003). Polychlorinated biphenyls and reproductive hormones in female polar bears at Svalbard. *Environmental Health Perspectives*, vol. 111, ss. 431-436.
- Kirkegaard, M., Sonne, C., Dietz, R., Jenssen, B.M., Leifsson, P.S., Jensen, J.E.B. & Letcher, R.J. (2010). Testosterone concentrations and male genital organ morphology in Greenland sledge dogs (*Canis familiaris*) dietary exposed to organohalogen contaminants. *Toxicological & Environmental Chemistry*, vol 92, ss. 955-967.
- Oehme, M. (1991). Dispersion and transport paths of toxic persistent organochlorines to the Arctic – levels and consequences. *The Science of the Total Environment*, vol. 106, ss. 43-53.
- Oskam, I.C., Ropstad, E., Dahl, E., Lie, E., Derocher, A.E., Wiig, O., Larsen, S., Wiger, R. & Skaare, J.U. (2003) Organochlorines affect the major androgenic hormone, testosterone, in male polar bears (*Ursus maritimus*) at Svalbard. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, vol. 66, ss. 2119-2139.
- Rosing-Asvid, A., Born, E.W. & Kingsley, M.S.C. (2002). Age at sexual maturity of males and timing of the mating season of polar bears (*Ursus maritimus*) in Greenland. *Polar Biology*, vol. 25, ss. 878-883.
- Rosing, N. (2007). *The world of the polar bear*. Hardback: A & C Black Publishers Limited.
- Sjaastad, O. V., Sand, O. & Hove, K. (2010). *Physiology of Domestic Animals*. 2nd edition. Oslo: Scandinavian Veterinary Press. ss. 684-732.
- Sonne, C., Leifsson, P.S., Dietz, R., Born, E.W., Letcher, R.J., Kirkegaard, M., Muir, D.C.G., Andersen, L.W., Riget, F.F. & Hyldstrup, L. (2005). Enlarged clitoris in wild polar bears (*Ursus maritimus*) can be misdiagnosed as pseudohermaphroditism. *Science of the Total Environment*, vol. 337, ss 45-58.
- Sonne, C., Leifsson, P.S., Dietz, R., Born, E.W., Letcher, R.J., Hyldstrup, L., Riget, F.F., Kirkegaard, M. & Muir, D.C.G. (2006). Xenoendocrine pollutants may reduce size of sexual organs in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*). *Environmental Science & Technology*, vol. 40, ss. 5668-5674.
- Sonne, C., Dietz, R., Born, E.W., Riget, F.F., Leifsson, P.S., Bechshoft, T.O. & Kirkegaard, M. (2007). Spatial and temporal variation in size of polar bear (*Ursus maritimus*) sexual organs and its use in pollution and climate change studies. *Science of the Total Environment*, vol. 387, ss. 237-246.
- Sonne, C., Dietz, R., Born, E.W., Leifsson, P.S. & Andersen, S. (2008). Is there a link between *hypoadys* and organochlorine exposure in East Greenland sledge dogs (*Canis familiaris*)?. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 69, ss. 391-395.
- Sonne, C., Gustavson, K., Rigét, F.F., Dietz, R., Birkved, M., Letcher, R.J., Bossi, R., Vokamp, K., Born, E.W. & Petersen, G. (2009). Reproductive performance in East Greenland polar bears (*Ursus maritimus*) may be affected by organohalogen contaminants as shown by physiologically-based pharmacokinetic (PBPK) modelling. *Chemosphere*, vol. 77, ss. 1558-1568.

United Nations Environment Programme (UNEP) & World Health Organization (WHO) (2012). *State of the science of endocrine disrupting chemicals-2012*. ss. viii, 17, 189-191

Wiig, O., Derocher, A.E., Cronin, M.M. & Skaare, J.U. (1998). Female pseudohermaphrodite polar bears at Svalbard. *Journal of Wildlife diseases*, vol. 34 (4), ss. 792-796.