

VILTFORUM # 1/2009

Bly från ammunition som
förgiftningsrisk hos rovfåglar
- en kunskapsöversikt



Bly från ammunition som förgiftningsrisk hos rovfåglar - en kunskapsöversikt

*Doktor Jeanette Axelsson, Ekotoxikologiska avdelningen,
Institutionen för Fysiologi och Utvecklingsbiologi vid Uppsala Universitet*



ISBN: 978-91-88660-18-3

Innehåll

Uppdragets utformning	s. 4
Uppdragets genomförande	s. 5
Sammanfattning på svenska	s. 5
Summary in english	s. 6
Introduktion	s. 7
Exponeringsvägar	s. 10
Miljöfaktorer	s. 14
Upptag av bly	s. 14
Symptom och effekter av blyförgiftning	s. 16
Arter som drabbas av blyförgiftning	s. 17
Metodikkommentarer	s. 19
Effekter av förbud mot blyhagel i våtmarker/tidstrender	s. 20
Resultat från Sverige	s. 21
Eventuell bias vid publicering och exponeringsbedömning	s. 23
Avslutande diskussion	s. 24
Tack	s. 24
Referenser	s. 25
Appendix 1. - Fördjupning av litteratur angående experimentella studier	s. 31
Appendix 2. - Fördjupning av litteratur angående vissa utvalda arter av särskilt intresse.	s. 34
Appendix 3. Bly i ammunition- en beskrivning av olika ammunitionstyper <i>Författare: Fredrik Widemo och Niklas Holmqvist, Svenska Jägareförbundet</i>	s. 38
Appendix 4. Svenska Jägareförbundets rekommendationer för att undvika blyexponering för rovfåglar. <i>Från: Svenska Jägareförbundet</i>	s. 43

Uppdragets utformning

Blyförgiftning av rovfåglar som får i sig bly genom sin föda har ofta förts fram som ett argument mot att använda bly i ammunition. Svenska Jägareförbundet vill med denna kunskaps-sammanställning ge en objektiv och överskådlig bild av den vetenskapliga litteraturen kring detta problem för att underlätta framtida diskussioner.

Trots en längre diskussion kring användande av bly i ammunition i Sverige finns inte någon kunskaps-sammanställning eller utvärdering kring denna förgiftningsväg från bly i ammunition. Likaså har det tidigare saknats ett kunskapsunderlag för att bedöma behovet av och möjliga åtgärder för att undvika att bly från ammunition når rovfåglar.

I uppdraget ligger 3 huvuduppgifter:

1. Objektivt granska vetenskapligt publicerade arbeten kring sekundär blyförgiftning hos rovfåglar.
2. Samla kunskap från svenska myndigheter och organisationer för att ge en samlad bild av fenomenet i Sverige.
3. Sammanställa en övergripande objektiv rapport som beskriver problemet internationellt, utvärdera hur applicerbar denna kunskap är på svenska förhållanden och de svenska erfarenheterna som finns tillgängliga.

Svenska Jägareförbundet avser att publicera rapporten som ett nummer av Viltforum som ska spridas till intresseorganisationer och myndigheter. Förhoppningen är att rapporten kan bidra till en saklig diskussion kring dessa frågor och i slutändan undvika blyförgiftning av rovfåglar i möjligaste mån.

För uppdragets utförande anlitas doktor Jeanette Axelsson, Ekotoxikologiska avdelningen, Institutionen för Fysiologi och Utvecklingsbiologi vid Uppsala Universitet.

Hans von Essen
Riksjaktvårdskonsulent, Svenska Jägareförbundet



*Vårdar
det vilda*

Uppdragets genomförande

Vetenskaplig litteratur har sökts med hjälp av databaser som Biological Abstracts, BioOne, och PubMed. Sökorden har varit lead, shot, bird, raptor och ammunition i olika kombinationer. Alla artiklar som av titeln har bedömts som relevanta för den här sammanställningen har undersökts genom att läsa abstract och om artikeln därefter bedöms som relevant har hela artikelns innehåll lästs och i de flesta fall refererats i rapporten. Jag har även tagit del av studier från Naturhistoriska riksmuseet (NRM), Sveriges Veterinärmedicinska Anstalt (SVA), United States Fish and Wildlife Service (USFWS), National Wildlife Health Centre (NWHC) i USA, samt Canadian Wildlife Service i Kanada.

Sammanfattning på svenska

Bly är en toxisk tungmetall som sprids i miljön via mänskliga aktiviteter. På 1950-talet uppmärksammades problemet med blyförgiftning av sjöfågel och omkring 2,5 miljoner sjöfåglar beräknades dö av blyförgiftning orsakad av blyhagel varje år i USA. En lång rad olika länder runt om i världen rapporterade liknande problem och i många länder, däribland Sverige, råder nu förbud mot jakt med blyhagel i våtmarker.

På senare år har även problem med blyförgiftning orsakat av bly i ammunition uppmärksammats i allt större utsträckning hos landlevande fåglar. Rovfåglar exponeras via ihjäl- eller påskjutna bytesdjur, eller via slaktavfall från jaktbart vilt. Det är vid exponering via mag-tarmkanalen som blyhagel eller fragment från blykulor kan utgöra en risk för rovfåglar. Metalliskt bly som inte går genom mag-tarmkanalen lämnar endast ifrån sig mindre mängder blyjoner som kan tas upp i levande celler. I magen råder däremot mycket sura förhållanden och blyjoner kan snabbt bildas på metallens yta. Ju större yta som exponeras för det sura maginnehållet desto större mängd bly kan frigöras och bli biotillgängligt. I muskelmagen bearbetas dessutom mat och eventuella blyprojektiler mekaniskt, vilket ytterligare bidrar till att blyjoner kan bildas. Det är bly i metallisk form dvs hagel eller kulfragment, som utgör den främsta risken för rovfåglar. Studier där rovfåglar matats med kött från blyförgiftade bytesfåglar har visat att biologiskt inkorporerat bly inte orsakar ökad dödlighet hos rovfåglar, även om vissa effekter på blodvärden kunde observeras.

Blyförgiftning av rovfåglar har konstaterats i en rad olika länder i Europa, Nordamerika och Asien. I Sverige har blyförgiftning visat sig vara en mortalitetsfaktor hos både kungsörn (8,3 %) och havsörn (13,5 %). Förgiftade fåglar med kraftigt förhöjda vävnadsnivåer av bly och klassiska symptom på blyförgiftning har hittats med hagel eller kulfragment i mag-tarmkanalen, och experimentella studier har visat att samma halter och symptom kan framkallas genom att mata fåglar med blyhagel under experimentella förhållanden. Internationellt finns ytterst få indikationer på att någon faktor i miljön förutom bly från ammunition skulle kunna orsaka blyförgiftning hos rovfåglar, med reservation för enstaka fall som orsakas av blylod som använts vid fiske.

Förbudet mot blyhagelanvändning i våtmarker har minskat förekomsten av blyhagel i spybollar från rovfåglar i Spanien och man har sett en minskning av blyhalten i blod hos nordamerikanska rovfåglar. Dock har man i den amerikanska studien inte sett en signifikant minskning av antalet förgiftningsfall av vithövdad havsörn och kungsörn. Detta tror man beror på exponering från blyhagel och kulfragment som härrör från jakt på skogsfågel och terrestra däggdjur, som hare och hjortdjur. Studier från USA har visat att högexpanderande blykulor ger

upphov till en stor fragmentsvärm i ett påskjutet bytesdjur och de fragment som kvarlämnas i räntor (inre organ) från ett hjortdjur som skjutits i thorax-regionen innehåller tillräckligt mycket bly för att förgifta flertalet rovfåglar. I Sverige används dock så kallad "bondad" kulammunition i relativt stor utsträckning, vilket ger upphov till betydligt mindre fragmentering. Trots detta förekommer fall där kulfragment påträffats i blyförgiftade havsörnar och kungsörnar även i Sverige (för mer information om ammunition se Appendix 3).

Summary in english

Lead is a toxic heavy metal that is widespread in the environment by human activities. In the 1950's the problem with lead poisoned waterbirds was brought to the public's attention by Bellrose in 1959, when he estimated that approximately 2.5 million waterbirds were killed by lead poisoning caused by lead shot each year in the United States. Since then, many countries around the world have reported similar problems, and in many countries, among them Sweden, have banned the use of lead shot in wetlands.

During recent years a lot of attention has been focused on the poisoning of terrestrial birds by leaded ammunition. Raptors are exposed to lead shot or bullet fragments from shot unrecovered game or offal. When lead ammunition in the form of lead shot or bullet fragments enters the gastro-intestinal tract, the acidic environment of the stomach causes lead ions to dissolve from the surface and become bioavailable. Lead ammunition in other tissues dissolves slowly and is not associated with acutely toxic levels. The exposure route of concern for raptorial birds is therefore intake of lead through the feed.

Metallic lead constitutes the greatest risk for raptorial birds. Studies on raptors fed with tissues from lead poisoned birds have shown a low absorption of biologically incorporated lead and it caused no increase in mortality, although some sub-lethal effects could be observed. Lead poisoning of raptors has been observed in a number of countries in Europe, North America and Asia. In Sweden lead poisoning has been shown to be a mortality factor for white-tailed eagles (13.5 %) and golden eagles (8.3 %). Poisoned birds with high levels of lead and classic symptoms of lead poisoning are frequently found with lead shot or bullet fragments in their gastro-intestinal tract. Similar lead levels and symptoms can be obtained by experimentally feeding raptors with lead shot. There are very few indications that any environmental factor, with the exception of lead-containing ammunition, could cause acute lead poisoning in raptors, with the exception for occasional poisonings caused by lead fishing sinkers.

The ban of lead shot in wetlands has decreased the occurrence of lead shot in egested pellets from predators in Spain and in North America leading to a decrease of mean lead concentration in blood from bald and golden eagles. However, there is no significant decrease in the number of cases of lethal lead poisoning among bald eagles and golden eagles. This is probably a consequence of exposure to lead shot and bullet fragments originating from hunting of terrestrial birds and mammals.

Studies from the United States have shown that the commonly used expanding bullets undergo a high degree of fragmentation in shot deer. The offal from a deer shot in the thorax region contains enough lead to poison several raptors. In Sweden however, a majority of the bullets sold (70 %) are bonded, which means they will release smaller amounts of fragments upon impact. Despite this, fragments of lead from ammunition are found in the gastro-intestinal tract in lead poisoned white-tailed and golden eagles in Sweden.

Introduktion

Bly är en toxisk tungmetall som sprids i miljön främst via mänskliga aktiviteter. Både människor och djur utsätts för bly via föda, vatten och luft, men denna exponering når sällan upp i nivåer som orsakar kliniska symptom på blyförgiftning. I och med förbudet mot bly i bensin har bakgrundsnivåerna i blod hos Sveriges befolkning sjunkit från 60 µg/l under slutet av 70-talet, till dagens 20 µg/l sedan totalförbudet 1994¹.

Den första studien som uppmärksammade att ammunitionsbly kunde vara ett problem för fåglar publicerades i USA av Bellrose (1959). Han beräknade att ca 2,5 miljoner vattenlevande fåglar förgiftades av uppätta blyhagel varje år på den amerikanska kontinenten². Sedan dess har blyförgiftning hos vilda fåglar orsakat av blyhagel rapporterats från mer än 20 olika länder³. Andfåglar och gäss är särskilt utsatta för blyhagel då de finner mycket av sin föda i våtmarker och även aktivt plockar grus till sin kräva. Man har i en spansk studie funnit att så många som 71% av kopparänderna (*Oxyura Leucocephala*) som återfinns som fallvilt i spanska El Hundo (1996-2001) har blyhagel i sitt mag-tarmsystem. Man har även funnit genom studier av den kemiska uppbyggnaden av bly (blyisotoper) som återfinns i dessa fåglar konstaterat att den liknar den som finns i blyhagel som används i Spanien⁴.

Hos andfåglar och gäss (sjöfågel) är den vanligaste källan till bly att fåglarna misstar blyhagel för småsten eller grus, vilka behövs för att bearbeta födan i muskelmagen. Blyhaglet äts upp och hamnar i den sura miljön i muskelmagen där blysalter bildas på ytan. Dessa blysalter är biotillgängliga, d.v.s. de kan tas upp i kroppen. Den ständiga nötningen i muskelmagen bidrar till att frilägga nya ytor på vilka blyjoner åter kan bildas vilket ytterligare ökar biotillgängligheten.



Foto: Magnus Nlyman

Fig. 1. Gräsanden är en av de andarter där man konstaterat blyförgiftning efter att fågeln ätit av blyhagel från sjöbotten.

Under senare tid har ett antal studier som visar att blyförgiftning är ett problem även för landlevande fåglar, både genom primärt (främst hönsfåglar) och sekundärt (rovfåglar) intag av blyhagel eller kulfragment publicerats^{5,7}. Hundratals rovfåglar som dött av blyförgiftning har rapporterats i USA sammanställning i⁸). I Kanada undersöktes 184 landlevande rovfåglar som fallvilt, fördelat på 16 olika arter. Totalt hade 3-4 % av dessa fåglar blyhalter som översteg letala nivåer⁹. Under 1990 fångades 162 kungsörnar i USA, varav 36 % hade blykoncentrationer i blodet som låg över bakgrundsniån. Fyra procent uppvisade en nivå som tyder på biologisk påverkan och ytterligare fyra procent hade akut toxiska nivåer av bly i blodet. En annan studie visar korrelation mellan blynivåer och jaktsäsongen, och drar slutsatsen att exponeringen främst sker via ammunitionsbly i slaktrester från påskjutet vilt¹⁰. Korrelation mellan jaktsäsong och blyhalten i blod har även upptäckts hos brun kärrhök (*Circus aeruginosus*) i Frankrike, där antalet fåglar med förhöjda blyhalter i blodet ökade signifikant under jaktsäsongen (upp till 36 %), medan den låg på en stabil bakgrundsniån under resten av året. Honorna hade signifikant högre blyhalter än hanar. Även mängden spybollar innehållande blyhagel/kulfragment ökade från 1.4 % under icke-jaktsäsong till 15.6-25 % under jaktsäsong¹¹. Vid undersökningar av spybollar har man funnit att 11 % av dessa innehåller blyhagel och att 52.5 % av kärrhökarna har förhöjda blyhalter i blodet¹². I samma område observerades även att blykällan hos kärrhökarna i en av de undersökta kärrmarkerna främst orsakades av skjutna däggdjur¹³.

Att man hittar blyhagel i spybollar hos rovfåglar tycks vara ett globalt fenomen. I USA har man hittat blyhagel i spybollar från vithövdade havsörnar (*Haliaeetus leucocephalus*) i flera olika områden över kontinenten, t ex Utah, Missouri och Arkansas. I Sverige undersöktes mellan 1964 och 1980 spybollar från havsörn under olika årstider. Under vintersäsongen (oktober – början av april) var förekomsten högst, då 9 % av spybollarna innehöll blyhagel. På sommaren sjönk förekomsten till 0.7 %, vilket tyder på att jaktsäsongen har betydelse för örnarnas intag av blyhagel¹⁴. Vithövdade havsörnar som övervintrat i Utah, USA har rapporterats få i sig stora mängder blyhagel genom att äta skjutna harar (*Lepus californicus*). Blyhagel återfanns i 71 % av de undersökta spybollarna från de ca 100 örnarna i området^(15 och sammanfattat i 5).

Problemet med förhöjda blyhalter i blod uppvisar också en stor geografisk spridning. Detta har dokumenterats hos kungsörn (*Aquila chrysaetos*) och vithövdad örn i Idaho, Alaska, Iowa, Illinois, Indiana, Michigan, Minnesota, Nebraska, North Dakota, Ohio, South Dakota, Wisconsin och Montana (sammanfattat av¹⁶). I Kanada har förhöjda blodblyhalter hittats hos kungsörn och vithövdad havsörn i de kanadensiska prärieprovinserna¹⁷, och Saskatchewan¹⁸. Förutom den amerikanska kontinenten har rapporter om blyförgiftning av rovfågel kommit från Japan, där höga vävnadsnivåer och blyinducerad mortalitet rapporterats hos havsörn och jättehavsörn (*Haliaeetus pelagicus*)¹⁹. Rapporter om blyförgiftning hos havsörn har även kommit från Finland²⁰, Grönland²¹, Tyskland²² och Polen²³.

I Frankrike har man även visat att blyförgiftning utgör en relativt stor mortalitetsfaktor (6 %) hos ormvråk (*Buteo buteo*) och sparvhök (*Accipiter nisus*)³. Ormvråk har också undersökts i Danmark, där man fann att 13.3 % av ormvråkarna hade förhöjda blyhalter (>2 ppm) i lever (sammanfattat i³), vilket indikerar subletala effekter²⁴. I Storbritannien har återintroduktionen av den i England starkt hotade röda gladan (*Milvus milvus*) gått långsammare än förväntat. Det har spekulerats kring att återetableringen försvårats p.g.a. att glador till stor del lever av kadaver och då riskerar att få i sig blyhagel och kulfragment. Vid en undersökning av blodblyhalten hade 34.4 % av de frisläppta gladorna förhöjda blyhalter i blodet²⁵. I en spansk studie

där blykoncentrationen i blodet undersökts hos 229 rovfåglar, fördelat på elva olika arter, uppvisade röda glador de högsta koncentrationerna av bly, troligen beroende på deras födoval²⁶.

I Sverige har man sedan länge samlat material från döda havsörnar och kungsörnar för analys. Studier har utförts av Naturhistoriska riksmuseet och Statens Veterinärmedicinska Anstalt (SVA) som visar att 13,5 % av de svenska havsörnarna som insamlats mellan 2000 och 2004, respektive minst 8,3 % av de svenska kungsörnarna som inlämnats som fallvilt mellan 1986 och 2007 dött av blyförgiftning^{27, 28}.

Rovfåglars effektiva upptag av bly beror på hur länge blyhaglet alt. kulfragmentet befinner sig i den sura miljön i magsäcken. Många rovfåglar spy ut hagel och kulfragment i s.k. spybollar, men även arter som i experimentella studier visat sig ha god förmåga att göra sig av med hagel eller fragment, som t ex kalkongam (*Cathartes aura*), har rapporterats kunna drabbas av blyförgiftning i naturen²⁹. Det finns stora individ- och artskillnader i känslighet för bly och vissa rovfåglar tycks betydligt känsligare än andra^{16, 30}. Risken för förgiftning ökar ju längre blyhaglet/kulfragmentet befinner sig i mag-tarmkanalen^{3, 31}, vilket i många fall kan påverkas av haglets/fragmentets form och storlek³². Andra faktorer som påverkar vid förgiftning är kön, fågelns kroppskondition och nutritionella status, om den tidigare varit exponerad för bly samt eventuella infektioner och parasiter (sammanfattat av 7). Det är en möjlighet att fåglar som gärna äter av slaktavfall, s.k. ränta, löper högre risk att drabbas av blyförgiftning eftersom fågeln då inte får ett samtidigt intag av fjäder, hår eller ben. Intag av dessa fjädrar och liknande påskyndar normalt bildningen av spybollar, med vilka eventuella blyhagel eller kulfragment kan lämna kroppen.



Fig. 2. Efter det att ett vilt skjutits tas oftast de inre organen ut på skottplatsen. Det som lämnas på platsen kallas "ränta" och kan innehålla bly från ammunition.

Exponeringsvägar

De exponeringsvägar för bly som är möjliga för rovfåglar är 1) via skjutna bytesdjur, alt. blyhagel/kulfragment i slaktavfall (ränta) 2) biologiskt inkorporerat bly (i blyförgiftade bytesdjur) 3) miljöfaktorer (dvs bakgrundskällor)

Att akut förgiftning skulle uppstå till följd av påskjutning är inte troligt då blyjoner löser ut från metalliskt bly i större mängd endast under sura förhållanden. Studier har visat att rovfåglar som är påskjutna med blyhagel kan ha måttligt förhöjda blyvärden i levern jämfört med bakgrunds nivå, men akut toxiska nivåer uppnås inte (^{6, 33}, Adrian Frank, pers. komm.).

Påskjutna bytesdjur alternativt bytesdjur med hagel eller kulfragment i mag-tarmkanalen

Av de ovanstående exponeringsvägarna är det sekundärt intag av hagel eller blyfragment som är den troligaste orsaken till blyförgiftningar hos rovfåglar. Både påskjutna bytesdjur, eller bytesdjur med blyhagel eller kulfragment i mag-tarmkanalen kan potentiellt förgifta rovfåglar. Alla rovfåglar som lever av jaktbart vilt anses vara i riskzonen för att exponeras för blyhagel eller fragment från blykuler. En del påskjutna fåglar återfinns inte av jägarna. I USA räknar man med att ca 19 % av alla skjutna andfåglar och 15 % av alla skjutna gäss inte återfinns³⁴, samt att det avlossas mellan 5 och 8 hagelpatroner för varje duva som återfinns⁵. I Sverige användes totalt under 2005 mellan 580 och 709 ton blyammunition, varav mellan 110 och 166 ton användes vid jakt³⁵.

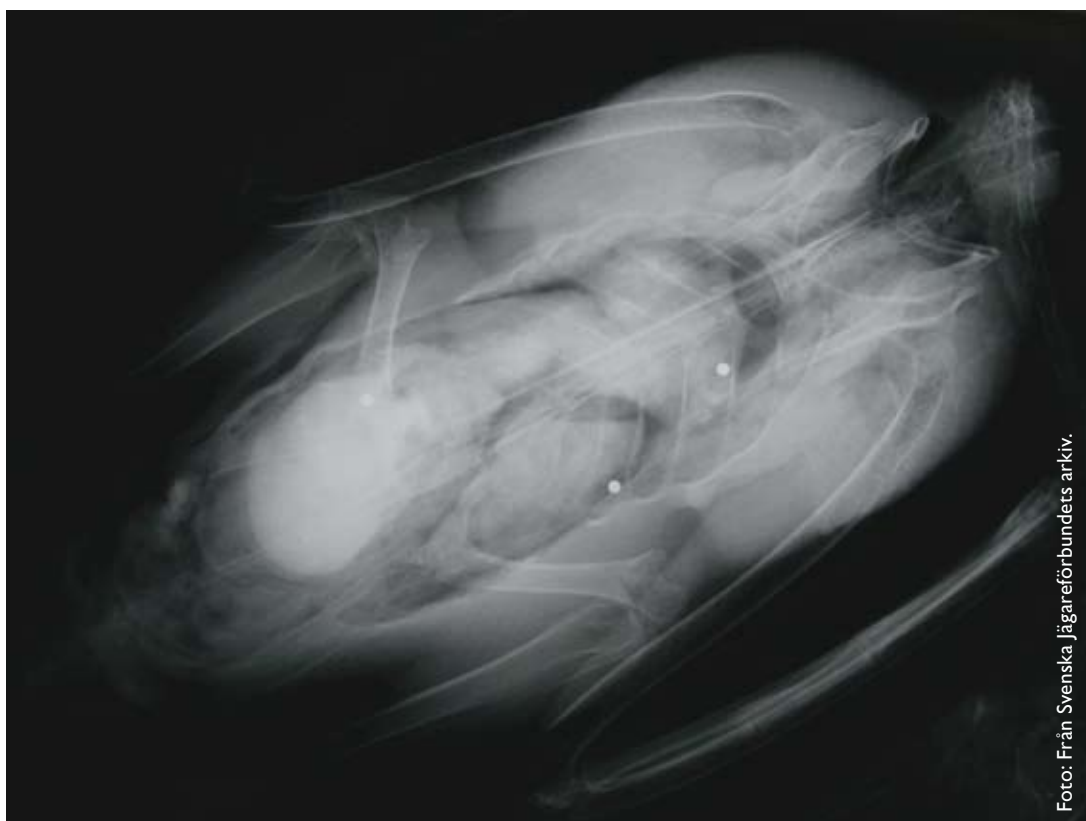


Foto: Från Svenska Jägareförbundets arkiv.

Fig. 3. Röntgenbild av en sädgås med gamla hagel i kroppen vilka syns som vita prickar på bilden (3 st). Denna gås avlivades med ett kulvapen så haglen kommer från tidigare påskjutning (dvs en skadskjutning). En rovfågel som äter av ett byte som har blyhagel i kroppen riskerar att drabbas av blyförgiftning. Huvudet på gåsen ligger snett upp åt höger på bilden.

Hagel

Rapporter om blyförgiftningar orsakade av blyhagel hos rovfåglar har inkommit sedan mitten av 70-talet³⁶. Förhöjda blyhalter och blyförgiftningar har rapporterats i många olika arter av fåglar, däribland många rovfågelsarter (se tabell 2). I Sverige har blyhagel påträffats i mag-tarmkanalen hos blyförgiftade kadaver av både havs- och kungsörn^{27, 28}, och liknande rapporter finns från bl.a. Grönland, Tyskland och USA^{37, 38}. Blyhagel har också påträffats i spybollar från bl. a. brun kärrhök (*Circus aeruginosus*)^{11, 12}, röd glada (*Milvus milvus*)^{25, 39}, kejsarörn (*Aquila adalberti*)³⁹ och havsörn (*Haliaeetus albicilla*)¹⁴. Den primära exponeringskällan för havsörnar har länge antagits vara blyhagel från jakt i våtmark⁴⁰, men i en amerikansk undersökning observerades att även om blyhalten i blod och antalet akutförgiftade vithövdade havsörnar sjönk till följd av förbud mot blyhagel i våtmarker, så har totalantalet fall av kroniska blyförgiftningar inte minskat⁴¹. Detta förklaras av författarna bl.a. med att övervintrande örnar gärna utnyttjar terrestra födoresurser, som mindre däggdjur, fågel och ränta från större däggdjur, som inte berördes av förbudet mot blyhagel i våtmark.

Kula

Iwata et al., (2000), rapporterade på ett havsörnskonvent i Japan att dödsorsaken för sex av nio undersökta havsörnar i Japan var blyförgiftning. Av dessa sex hade fem fragment från blykulor i mag-tarmkanalen. Av detta drogs slutsatsen att den primära exponeringskällan för bly för dessa örnar var fragment från blykulor i slaktavfall från skjutna hjortdjur. Blyfragment har även hittats i havsörnskadaver från Finland²⁰, Tyskland⁴² och Sverige²⁷.

Efter ett förbud för användning av blyhagel under 1987 sjönk blykoncentrationen i blod hos vithövdad havsörn och kungsörn i Minnesota och Wisconsin, USA. Trots att medelkoncentrationen av bly i blod minskade sågs ingen minskning av antalet förgiftningsfall och författarna till studien ansåg att bl.a. slaktavfall från hjortdjur skjutna med kulammunition bidrog till att minskningen uteblev⁴¹. I Wisconsin har man gjort en bedömning av den ungefärliga förekomsten av slaktavfall från hjortar som skjutits med blyammunition och kommit fram till att densiteten för hela staten Wisconsin hamnar på omkring 5 högar med slaktavfall per km² vilket är betydligt högre tätheter än vad kan förväntas vid svenska förhållanden. Större rovfåglar äter gärna kadaver, slaktavfall och skadade djur (inkl. skadeskjutna) och kan då exponeras via dessa för blyhagel eller blyfragment från kulammunition³.

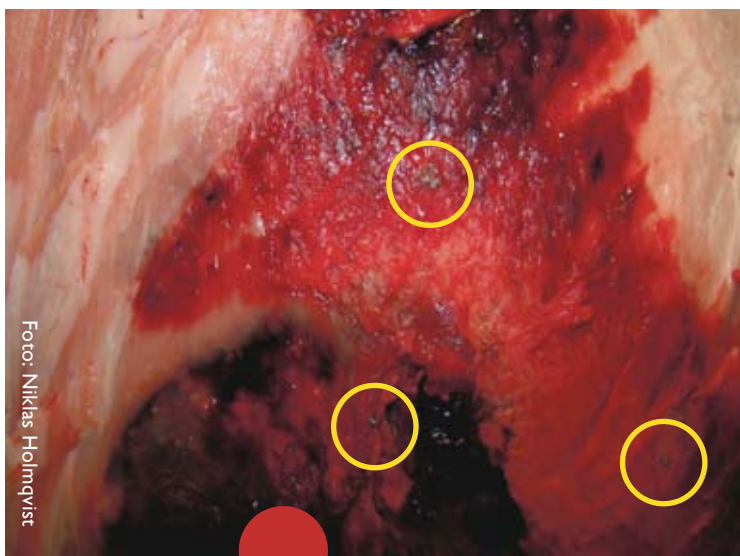


Foto: Niklas Holmqvist

Fig. 4. En flädd slaktkropp av ett vildsvin. Bilden visar utgångshålet (röda prick) från en kula från ett kulvapen. Kulan har avgett blyfragment vilka stannat mot huden på utgångssidan medan kulan gått rakt genom kroppen. Tre fragment (gula cirklar) kan ses på bilden varav två är 1-2 mm och ett 3-4 mm. Man kan med fog misstänka att fler fragment finns i det blodsprängda området (ca 1 dm i radie).

Blyförgiftning var troligen en starkt bidragande orsak till den höga mortaliteten hos Kalifornisk kondor (*Gymnogyps californianus*) före mitten av 1980-talet. Populationen infångades för att rädda arten från utdöende med hjälp av ett avelsprogram och utfodring med blyfri föda⁴³. Kondoren är en utpräglad asätare och risken för exponering av bly via kulfragment eller hagel bedöms som mycket stor och blyförgiftning har fortsatt vara ett av de största hoten när kondorer uppfödda i fångenskap nu återintroduceras i den amerikanska naturen⁴⁴. Fortfarande måste kondorer regelbundet undersökas och genomgå behandling mot blyförgiftning^{37, 45}.

Även korpar lever till stor del av kadaver under vintern och slaktavfall från större jaktbart vilt utgör en stor del av födan. Craighead et al. (2007), undersökte blyhalten i blodet hos tillfångagagna korpar under klövviltsjakten i Wyoming, USA. Författarnas hypotes var att korparnas blyhalt skulle vara högre under jaktsäsongen på klövvilt framförallt kronhjort i Wyoming p.g.a. den goda tillgången på slaktavfall som innehåller kulfragment. Eftersom kronhjorten har tjockare hud och grövre skelett än mindre hjortdjur ansåg författarna att det var troligt att kulammunition fragmenteras i högre grad i kronhjort än vad som tidigare rapporterats för dessa mindre arter⁴⁶. I studien fann man att 47 % av korporna visade förhöjda blyhalter i blodet under jaktsäsongen, jämfört med 2 % av korporna under resten av året. Medianhalten bly i korparnas blod låg på 10.2 µg/dl, vilket är över 5 ggr högre än gränsvärdet för human exponering⁴⁷.

I USA är det även vanligt att i vissa områden skjuta av präriehundar och jordekorrar, då dessa räknas som skadedjur. De skjutna djuren ska då inte användas för mänsklig förtäring utan i de flesta fall lämnas kadavren på platsen och utgör föda för olika asätare. Vid denna jakt, s.k. "pest control", använder man snabbt expanderade kulor, s.k. Varmintkulor, som gör mycket stor skada i djurkroppen. Vid användning av högexpanderande, s.k. "våt", kulammunition (för mer information om olika kul typer se Appendix 3) bildas stora mängder kulfragment i kadavren och ett sådant kadaver kan innehålla tillräckligt med bly för att akut förgifta flertalet rovfåglar^{48, 49}.

Hunt et al., (2005)⁴⁶ visade att fragment av blykulor i slaktavfall från hjort och skjutna hjortar som inte tas om hand utgör en risk för asätande rovfåglar i USA. Genom att röntga kadaver och slaktavfall från 38 hjortar, varav 34 dödade med ett skott i thoraxregionen med expanderande kopparmantlade blykulor, med endera bly- eller polymerspets, fann man att fragmentsvärmen som omger sårkanalen hade en diameter på omkring 12 cm (se fig 4). Av de slaktavfallshögar som undersöktes innehöll 90 % kulfragment, med ett medelantal på 160 fragment per hög. De flesta fragmenten var mindre än 2 mm i diameter, vilket kan leda till att man vid röntgen av blyförgiftade fåglars mag-tarmkanal inte kan se blyfragmenten⁵⁰. Toxiciteten av flera mindre kul- eller hagelfragment är större än av ett sfäriskt blyhagel alt. intakt blykula med motsvarande vikt p.g.a. den större ytan i förhållande till vikten, vilket leder till att kontaktytan mot det sura maginnehållet blir större och mer bly löses ut vilket i sin tur innebär att ev bly tas upp på kortare tid^{32, 46}. Små blyfragment (<25 mg) är svårare för en rovfågel att stöta upp i spybollar än större fragment⁴⁹. Man har även sett att använda (och därmed deformerade) blyhagel löser ut mer bly än oanvända, helt sfäriska hagel. Detta tros också vara en direkt effekt av ytförstoringen vid förlust av den sfäriska formen, samt att en oregelbunden form ger upphov till större nötning i muskelmagen¹⁶.

I en amerikansk studie där man jämförde fragmenteringen av helmantlad icke-expanderande kulammunition med olika expanderande kul typer vid jakt på präriehundar fann man att

endast 7 % av präriehundarna som sköts med icke-expanderande kulor hade synliga kulfragment vid röntgen. Av de präriehundar som sköts med högexpanderande ammunition uppvisade 87 % kulfragment i större delen av kadavren⁴⁹. I Sverige använder en relativt stor andel av jägarna s.k. bondad expanderande kulammunition, en kultyp där kopparmanteln och blykärnan är sammanlödda vilket minskar fragmenteringen (se Appendix 3). Under 2007 var ca 70 % av den kulammunition som såldes i Sverige av denna typ (Norma Precision AB, Kenneth Skoglund pers.komm.). Troligen är risken för blyförgiftning av rovfågel via kulammunition mindre i Sverige än i USA och Kanada p.g.a. den omfattade skyddsjakten med, s.k. "våta", kraftigt expanderande kulor som bedrivs i Nordamerika. De svenska jägarnas preferens för bondad ammunition med mindre fragmentering borde efterlämna mindre mängd blyfragment i ränta och skadeskjutna djur, men trots detta återfinns ändå blyfragment från kulammunition i en del av de blyförgiftade havs- och kungsörnar som undersökts i Sverige, även om andelen hagel som återfinns är betydligt större^{27, 28}.

Blyisotopratio

Alla grundämnen finns i olika varianter beroende på atomens uppbyggnad. Dessa varianter kallas isotoper. Genom att studera kvoter av dessa isotoper kan man spåra flera olika kemiska och biologiska processer. Det mest kända användningsområdet av isotopmätningar är den så kallade kol-14- metoden som används för att åldersbestämma arkeologiska eller paleontologiska fynd. Man mäter då kvoten av kol-14 isotopen (¹⁴C) mot de andra isotoperna av kol.

Blyinnehållet i levande organismer kan undersökas med avseende på blyisotopkvot (vidare förklaring finns under rubriken "Metodkommentarer") för att försöka avgöra ursprunget hos blykällan. Fåglar som har undersökts med avseende på blyisotopkvot uppvisar oftast en isotopkvot som är identisk med den som kan hittas i dess levnadsmiljö, d.v.s. i de bytesdjur den livnär sig på i fallet rovfåglar. Undantaget är de rovfåglar som har en förhöjd blyhalt som ligger över bakgrundsnivåer av bly eller sjöfåglar med kraftigt förhöjda blyhalter. Hos dessa fåglar har man i flertalet studier kunnat korrelera blyisotopkvoten med den hos olika ammunitions typer^{4, 25, 51-54}. Blyisotopkvot har även använts för att jämföra blykällor hos människor. I dessa studier har man funnit att blyisotopkvoten hos inuiter och cree-indianer, som av tradition konsumerar mycket viltkött och ofta har förhöjda blykoncentrationer, matchar den hos ammunitionsbly, medan referenspopulationer i mer urbaniserade områden har låga blykoncentrationer och har en isotopkvot som matchar den som finns i miljön^{55, 56}.

Biologiskt inkorporerat bly kan vara ett möjligt alternativ till att rovfåglar får i sig bly i metallisk form via kulfragment eller blyhagel i sin föda är konsumtion av blyförgiftade bytesdjur. Det är tänkbart att blyförgiftade bytesdjur kan uppnå så höga nivåer av bly i lever och andra inre organ att dessa i sin tur kan orsaka en förgiftning hos en rovfågel. Biologiskt inkorporerat bly kan inte stötas upp med spymbollar som hagel eller kulfragment och bör teoretiskt sett därför kunna utgöra en risk om exponering sker. Experimentella studier där effekterna av intag av blyförgiftade vävnader studerats har dock visat att upptaget av bly blir mindre än väntat. Custer et al. (1984)⁵⁷ använde sig av blyförgiftat fågelkött och matade 40 sparvhökar med kött innehållande 120, 212 eller 448 ppm biologiskt inkorporerat bly. Det fanns inga skillnader i dödlighet mellan exponerade grupper och kontrollgrupper, men honornas vikt, som var signifikant högre än hanarnas vid försökets början, var vid försökets slut inte skilda från hanarnas. Denna exponeringsväg är dock sparsamt studerat och mer forskning behövs för att kunna utröna hur stor del av blybelastningen hos rovfåglar som möjligen kan härledas till biologiskt inkorporerat bly.

Miljöfaktorer

Jämfört med blyintag från blyhagel och fragment från blykulor är miljöfaktorer i de flesta fall av mindre betydelse, eftersom annan användning av bly (tex blyad bensin) fasas ut mer och mer över hela världen⁷. De flesta förgiftningsfall som beskrivits i litteraturen har orsakats av läckage av lakvatten från gruvor och drabbar främst icke-rovlevande fåglar^{58, 59}. Vid läckage av lakvatten förekommer ofta en mängd andra grundämnen, som i sin tur kan vara toxiska, i kombination med bly, t.ex. Zn, Cu, Cd, As, och Se^{58, 59}. När förgiftningskällan är blyammunition förekommer sällan förhöjda halter av andra grundämnen⁶⁰, möjligen med undantag av arsenik, vilket ofta kan förekomma i mindre mängder i blyammunition²⁶.

Studier har visat att blyhalten i mindre däggdjur (främst i ben) kan utgöra en bra indikator för blykoncentrationen i marken vid militära övningsfält, vilket visar att en överföring av bly från mark till djur sker⁶¹. I Doñana i Spanien har grågäss som häckat i ett område som kontaminerats av bly från en gruvolycka skador som tros vara en följd av blyexponering via kontaminerad jord⁶². Även tättingar kan blyförgiftas vid kontamination av mark från gruvor⁵⁸. Studier där rovfåglar har matats med vävnader från blyförgiftade bytesdjur har dock visat att vävnadsnivåerna är otillräckliga för att orsaka en sekundär blyförgiftning⁶³⁻⁶⁵. Den amerikanska floden Coer d'Alenes sediment är kontaminerat av höga halter av bly från gruvavfall. Det finns flera rapporter om blyförgiftningar hos svanar och andra sjöfåglar orsakat av sediment i detta område, medan hökar, falkar och ugglor som undersökts i området inte uppvisar förhöjda nivåer⁶⁶⁻⁶⁸. Tornugglor som undersökts i ett blykontaminerat område i Nederländerna uppvisade inte signifikant högre blyhalter än tornugglor i okontaminerade områden⁶⁹. Man har även sett att blyisotopration i benvävnad skiljer sig mellan juvenila fåglar som exponerats för bakgrunds nivåer av bly och fåglar som har förhöjda blykoncentrationer i ben, vilka troligen orsakats av ammunitionsbly⁵⁴. Wiemeyer et al, (1988), bedömde risken för akut blyförgiftning av kalifornisk kondor via bakgrunds nivåer i föda som inte är kontaminerad med ammunitionsbly som minimal⁴³. Sedan 80-talet har blyhalterna i miljön ytterligare minskat tack vare en striktare reglering av blyhantering i industrin och en komplett utfasning av bly i drivmedel (sammanfattat av Fry (2003)⁷⁰). Det finns inga publicerade studier som hittills har visat att andra blykällor än ammunition orsakat akut blyförgiftning hos rovfåglar.

Upptag av bly

Bly tas upp som blyjoner i form av olika blysalter som blyacetat. Blysalterna bildas på blyhaglets/kulfragmentets yta i sura miljöer som t ex i magsäcken. Rovfåglars maginnehåll är mycket surt, och förhöjda blyhalter kan uppmätas i blodet inom 24 timmar efter exponering⁷¹. I många fall stöts blyhaglet upp igen, men kan trots detta ha orsakat en absorption av bly i mag-tarmkanalen.

Blyförgiftning påverkas av tre faktorer¹⁶ vilka kan variera mellan arter och mellan individer:

- Fågelns kondition
- Genetisk predisposition
- Blyupptaget, som i sin tur påverkas av:
 - kemisk miljö i lumen
 - fågelns ålder
 - fågelns kön
 - fågelns järndepåer

Upptaget påverkas även av totalt födointag, födans fetthalt, födans innehåll av kalcium, järn och zink. Även laktos och vitamin E kan påverka upptaget av bly⁷². Det finns även studier som visar att honor ackumulerar mer bly än hanar⁷³. Troligen beror detta på att omsättningen av kalcium i benvävnad är större hos honor tack vare äggskalsproduktionen. Man har även sett att äggläggande andhonor ackumulerar 4-5 ggr mer bly än honor som inte lägger ägg (sammanfattat av Scheuhammer, 1987⁷⁴). I de flesta rovfågelsstudier har man inte sett skillnader mellan hanar och honor. Det har framlagts en hypotes om att könsskillnaden hos vissa arter kan bero på att honan är större än hanen, som hos t.ex. duvhök (*Accipiter gentilis*), sparvhök (*A. nisus*) och pilgrimsfalk (*Falco peregrinus*), vilket därmed kan påverka födovalet³.

Födans innehåll av kalcium har vid experimentella studier av blyeffekter i levande organismer visat sig vara av mycket stor betydelse. Absorptionen av bly hos råttor ökar med över 100 % om de sätts på en kalciumfattig diet två veckor före exponering för bly. Halten av bly i inre organ hos råttor som får ett foder med lågt kalciuminnehåll och doseras med 12 ppm bly i dricksvatten får samma kroppskoncentration av bly som råttor som exponeras för 200 ppm i dricksvattnet, men som får ett foder med normalt kalciuminnehåll. Liknande resultat kommer från en studie där gräsänder som utfodrats med foder med lågt kalciuminnehåll (majsbaserat), exponerades för en no. 4 blyhagel. Alla fåglarna i denna grupp utvecklade blytoxikos och dog inom 30 dagar. Mortaliteten i en annan grupp fåglar som exponerades för blyhagel på samma sätt, men även gavs ett kalciumtillskott, halverades. Även mängden protein och fosfor i födan kan påverka känsligheten för bly (sammanfattat av Scheuhammer, 1987⁷⁴ och Pattee 2006¹⁶).

Kommersiella fågelfoder är i regel mycket kalciumrika, vilket måste tas under beaktande vid försöksdesignen vid experimentella studier av blyförgiftning hos fåglar^{72, 74}. I flera av de experimentella studier som utförts med rovfåglar^{16, 29} har hela kycklingar använts för utfodring av försöksfåglarna fram till försökets början, därefter har kycklingfiléer använts under exponeringstiden. Kycklingkött innehåller dubbelt så mycket kalcium som t.ex. nötkött⁷⁵ och vid utfodring med hel kyckling är det även troligt att fåglarna kan tillgodogöra sig en viss mängd kalcium från skelettdelar. För asätande rovfåglar, som t.ex. kondorer som gärna livnär sig på kadaver eller slaktavfall från större djur, kan blyhalten troligen bli större än vad som uppnås under experimentella förhållanden där fåglarna utfodrats med kyckling eller kommersiella fodermedel.

Experimentella studier har visat att det finns stora individuella skillnader i känsligheten för bly^{16, 30}. Hos däggdjur har tre gener kopplats till ökad känslighet för blytoxikos^{76, 77}, men detta är ännu inte studerat hos fåglar. Arter med kraftig muskelmage riskerar också att ta upp mer bly p.g.a. en högre grad av mekanisk nötning av partiklar av metalliskt bly⁷². Blykoncentrationen i blod ökar direkt efter exponering, medan koncentrationen i lever och njure höjs först dagar till månader senare⁷⁸. Bly i benvävnad finns kvar under flera år och kan användas för att få en bild av djurets totala exponeringssituation⁷⁹. Fördelningen av blyhalter i olika kroppsdelar av rovfåglares "bodyburden", eller kroppsbelastning av bly presenteras i figur 5.

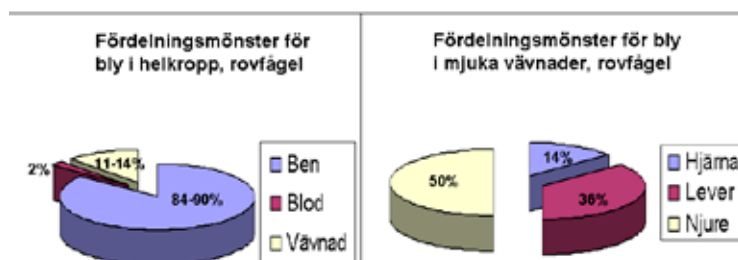


Fig. 5. Fördelningen av inkorporerat bly i vävnader hos fyra olika arter av rovfåglar från sydöstra Spanien. Figur med viss modifiering från Garzia-Fernandez et al., 1997⁸⁰

Symptom och effekter av blyförgiftning

Effekter av blyförgiftning har varit väl kända i mer än 2500 år. Bly kan påverka bland annat överlevnad, reproduktion, tillväxt, utveckling och beteende hos organismer⁸¹ och har väl dokumenterade effekter på andfåglar och gäss^{2, 82} såväl som inlandsfåglar^{6, 7, 83} och rovfåglar^{3, 8, 20, 21, 63}. Effekterna av blytoxikos hos fåglar inkluderar oftast krävaförstoppning, grön och vattnig avföring, viktneidgång, anemi och förslappade muskler^{57, 63, 84}. Subletala toxiska effekter inkluderar skador på nervsystemet, njurarna och cirkulationssystemet, vilka kan resultera i fysiologiska och biokemiska störningar samt beteendeförändringar⁷⁴. Pattee et al., (1981) fann även att blindhet kunde uppträda som en effekt av experimentell blyexponering hos vithövadade örnar³⁰. Blytoxikos kan även sänka aktiviteten av vissa enzym i blodet, t ex ALAD, som är essentiellt för hemoglobinproduktionen och kan påverka immunförsvarets funktion⁸⁵. Vid långvarig blyexponering är ofta både hematokrit- och hemoglobinvärdet påverkade. Blytoxikos har också visats orsaka ödem i hjärnan, spongos i cerebellum, pyknotiska purkinjeceller och hemociderin i leverns hepatocyter och kupfferceller, nefros och ökade halter av bilirubin hos fåglar¹⁶. Man har även sett att halter högre än 2 ppm bly i levern hos sparvfalkar (*Falco sparverius*) resulterar i tillväxthämning hos arten. Resultaten från denna studie tyder på att juvenila sparvfalkar är känsligare för blyexponering än adulta fåglar⁸⁶.

När stora mängder bly absorberas kan detta leda till en akut blytoxikos och fågeln kan dö utan att uppvisa de klassiska symptomen på kronisk blyförgiftning⁸⁷.

Exponering för subletala nivåer av bly som orsakar fysiologiska förändringar eller beteendeförändringar kan ge upphov till en ökad risk för predation, svält och infektionssjukdomar, vilket medför ökad mortalitet. Det finns även studier som indikerar att en subletal exponering för bly ökar risken för att dö av trauma och olycksfall²².

Enligt Franson, (1996)²⁴ bör följande gränsvärden följas vid bedömning av blyhalter i blod, lever respektive njure för rovfåglar (tex *Falconiformes*) (se tabell 1). Dessa gränsvärden för bly kan användas vid analys av fallvilt eller vid övervakning av blyhalter i vilda rovfåglar.

Tabell 1. Gränsvärden för toxiska effekter av bly hos *Falconiformes*. Dessa gränsvärden kan användas vid bedömning av vävnadsnivåer i vilda rovfåglar. Nivåerna som presenteras räknas som subkliniska, toxiska eller letala halter hos rovfåglar (i ppm, våtvikt).²⁴.

Effekt	Blod	Lever	Njure
Subklinisk	0.2-1.5	2-4	2-5
Toxisk	>1	>3	>3
Letal	>5	>5	>5

Arter som drabbas av blyförgiftning

Problem med blyförgiftning har framförallt rapporterats hos andfåglar och gäss, men även andra arter drabbas. Fisher et al. (2006)⁷, har gjort en sammanställning över rapporter om fågelarter (andfågel och gäss ej inkluderat) där individer hittats med blyhagel i mag-tarmkanalen och/eller med akut toxiska blyhalter i vävnaderna. I listan nedan (tabell 2) finns utdrag ur sammanställningen från Fisher et al., samt tillägg på vad som rapporterats sedan 2006.

Tabell 2. Terrestra fågelarter samt rovfåglar med dokumenterade fall av intag av hagel och/eller blytoxikos. Modifierad från Fisher et al. (2006)⁷. Blyhagel eller kula innebär att dessa har hittats i spyboll eller i mag-tarmkanalen. Blytoxikos står för att letala halter av bly uppmätts i vävnad.

Art	Referenser	Blyindikation	Land/länder
Berghöna <i>Alectoris chukar</i>	⁷	blyhagel	USA
Rapphöna <i>Perdix perdix</i>	⁷	blyhagel blytoxikos	Danmark, USA
Fasan <i>Phasianus colchius</i>	⁷	blytoxikos	Danmark, USA, England
Kalkon <i>Meleagris gallopavo</i>	⁷	blyhagel	USA
Fjällig tofsvaktel <i>Callipepla squamata</i>	⁷	blyhagel	USA
Vitstrupig vaktel <i>Colinus virginianus</i>	⁷	blyhagel	USA
Virginiauv <i>Bubo virginianus</i>	⁷	blytoxikos	Kanada
Berguv <i>Bubo bubo</i>	⁷	blytoxikos	Spanien
Fjälluggla <i>Nyctea scandiaca</i>	⁷	blytoxikos	I fångenskap
Hornuggla <i>Asio otus</i>	⁷	blytoxikos	Spanien
Klippduva <i>Columba livia</i>	⁷	blyhagel	USA
Ringduva <i>Columba palumbus</i>	⁷	blytoxikos	Danmark
Spetsstjärtad duva <i>Zenaida macroura</i>	⁷	blyhagel	USA
Prärietrana <i>Grus canadensis</i>	⁷	blyhagel	USA
Trumpetartrana <i>Grus americana</i>	⁷	blytoxikos	USA
Kustrall <i>Rallus longrostris</i>	⁷	blyhagel	USA
Kungsrall <i>Rallus elegans</i>	⁷	blyhagel	USA
Virginiarall <i>Rallus limicola</i>	⁷	blyhagel	USA
Karolinasumphöna <i>Porzana carolina</i>	⁷	blytoxikos	USA
Rörhöna <i>Gallinula chloropus</i>	⁷	blyhagel	Europa, USA
Sothöna <i>Fulica atra</i>	⁷	blyhagel	Frankrike
Am. sothöna <i>Fulica americana</i>	⁷	blyhagel	USA
Am. morkulla <i>Scolopax minor</i>	⁷	blyhagel	Canada
Kragjärpe <i>Bonasa umbellus</i>	⁷	blyhagel	Canada
Prärietrut <i>Larus californicus</i>	⁷	blyhagel	USA
Gråvingad trut <i>Larus glaucescens</i>	⁷	blyhagel	USA
Gråtrut <i>Larus argentatus</i>	⁷	blyhagel	USA

Art		Referenser	Blyindikation	Land/länder
Bivråk	<i>Pernis apivorus</i>	7	okänt	Nederländerna
Röd glada	<i>Milvus milvus</i>	7, 25, 39, 88	blytoxikos	Tyskland, Spanien, Storbritannien
Vithövdad havsörn	<i>Haliaeetus leucocephalus</i>	7, 15, 40, 89	blyhagel, blytoxikos	USA, Kanada
Bengalgam	<i>Gyps bengalensis</i>	7	blytoxikos	Indien
Gåsgam	<i>Gyps fulvus</i>	7	blytoxikos	Spanien
Brun kärrhök	<i>Circus aeruginosus</i>	7, 11-13	blyhagel, blytoxikos	Frankrike, Tyskland, Spanien
Blå kärrhök	<i>Circus cyaneus</i>	7	blytoxikos	Kanada, USA
Sparvhök	<i>Accipiter nisus</i>	3, 7, 88	blytoxikos	Frankrike
Am. sparvhök	<i>Accipiter striatus</i>	7	blyhagel	Kanada, USA
Cooper's hök	<i>Accipiter cooperi</i>	7	blyhagel	
Duvhök	<i>Accipiter gentilis</i>	3, 7	blyhagel, blytoxikos	Kanada, USA, Frankrike
Rödstartad vråk	<i>Buteo jamaicensis</i>	7	blyhagel	Kanada, USA
Ormvråk	<i>Buteo buteo</i>	3, 7	blyhagel, blytoxikos	Frankrike, Tyskland
Fjällvråk	<i>Buteo lagopus</i>	7	blyhagel	USA
Spansk kejsarörn	<i>Aquila adalberti</i>	39	blyhagel	Spanien
Kungsörn	<i>Aquila chrysaetos</i>	90-92	blytoxikos, blyhagel/ kula	Kanada, Spanien, USA, Tyskland
Havsörn	<i>Haliaeetus albicilla</i>	20, 21, 23, 27, 93-95	blytoxikos, blyhagel/ kula	Grönland, Tyskland, Sverige, Finland, Polen
Sparvfalk	<i>Falco sparverius</i>	7	blyhagel	Kanada, USA
Juggerfalk	<i>Falco jugger</i>	7	blytoxikos	I fångenskap
Präriefalk	<i>Falco mexicanus</i>	7	blytoxikos	I fångenskap
Pilgrimsfalk	<i>Falco peregrinus</i>	7	blytoxikos	Storbritannien, i fångenskap
Kalkongam	<i>Cathartes aura</i>	29	blytoxikos	I fångenskap
Andinsk kondor	<i>Vultur gryphus</i>	16	blytoxikos	I fångenskap
Kalifornisk kondor	<i>Gymnogyps californianus</i>	37, 51	blyhagel, blytoxikos	USA
Kungskondor	<i>Sarcorhampus papa</i>	7	blytoxikos	I fångenskap
Korp	<i>Corvus corax</i>	46	blytoxikos	USA
Vitstrupig sparv	<i>Zonotrichia albicollis</i>	7	blyhagel	USA
Mörkögd junco	<i>Junco hyemalis</i>	7	blyhagel	USA
Brunhuvad kostare	<i>Molothrus ater</i>	72	blyhagel, blytoxikos	USA
Gulgumpad skogsångare	<i>Dendroica coronata</i>	7	blytoxikos	USA
Rödbrun härmtrast	<i>Toxostoma rufum</i>	7	blytoxikos	USA
Glasögon-vireo	<i>Vireo solitarius</i>	7	blytoxikos	USA

Metodikkommentarer

Val av material för analys

För att beskriva bakgrunds nivåer av bly i olika rovfågelsvävnader har blod, lever, njure, ben och fjädrar använts i olika studier^{3, 11, 26, 78, 79}. Blyhalterna i vävnaderna skiljer sig mycket, och halveringstiderna av bly ($T_{1/2}$) uppvisar också stor variation i olika vävnader. Exempelvis är $T_{1/2}$ för bly 14 dagar i blod och 600 dagar i ben. Detta medför att en korttidsexponering för bly kommer att orsaka en kortvarig topp i blod-blykoncentrationen, men endast en liten fraktion av blyet kommer att tas upp i benvävnad. Omvänt gäller att kronisk exponering för låga halter av bly kommer att ge en ackumulation av bly i benvävnad, men endast låga halter i blod⁷⁰. Detta innebär att blodblyhalten är hög under en kort period och mätningar av denna halt därmed bara ger en ögonblicksbild. Detta är en viktig faktor i försöksdesign när man ska utreda blyexponering hos vilda fåglar då det föreligger en risk för underskattning av blyhalten i andra vävnader. Som ett exempel kan nämnas en studie av Craig et al., (1990) där en kungsörn fångades och provtogs nio dagar innan den påträffades död av blyförgiftning. Blyhalten i blod som uppmättes nio dagar tidigare var 0.54 ppm, medan leverhalten vid tiden för dödsfallet var 16 ppm³⁸.

Felkällor vid analys

Blyhagel eller kulor som träffar skelettet hos en fågel kan ge en fragmentering av haglet som sprids i djurets kropp. Detta kan ibland försvåra vid provtagning då dessa fragment lätt kan kontaminera provet⁹⁶ Det är därför nödvändigt att röntga kadaver som ska provtas för blyanalys för att kunna avgöra om de är påskjutna och i sådana fall välja ut organdelar som är fria från fragment.

Blyisotopkvot

För att kunna visa att bly som återfinns i blyförgiftade fåglar verkligen härrör från ammunition har ett flertal studier utförts där man har undersökt blyets sammansättning av blyisotoper (isotopkvot) i förgiftade fåglar och jämfört med ammunitionsbly. Till skillnad från många andra grundämnen vars isotopkvot är konstant varierar ration mellan de fyra olika blyisotoperna ²⁰⁴Pb, ²⁰⁶Pb, ²⁰⁷Pb och ²⁰⁸Pb geografiskt. Detta beror på att tre av dessa blyisotoper är radioaktiva sönderfallsprodukter av andra grundämnen (²³²Th till ²⁰⁸Pb, ²³⁵U till ²⁰⁷Pb och ²³⁸U till ²⁰⁶Pb). Vanligen används kvoten mellan ²⁰⁶Pb och ²⁰⁷Pb för att fastställa det geologiska ursprunget hos olika blyprover, men kvoten för alla kombinationer kan i princip användas. Både ²⁰⁶Pb och ²⁰⁷Pb är sönderfallsprodukter från uran (U), men sönderfallshastigheten är olika för de olika uranisotoperna och ²⁰⁶Pb:²⁰⁷Pb kvoten återspeglar när uran blandades in i blyådern. Bly från gamla prekambrisk geologiska formationer har karakteristiska låga ²⁰⁶Pb:²⁰⁷Pb isotopkvoter (0,93-1,08), medan yngre formationer har högre ²⁰⁶Pb:²⁰⁷Pb kvoter (1,15-1,22). Detta innebär att isotopkvoten kan användas för att bestämma var ett speciellt blyprov har sitt ursprung (sammanfattat av⁵⁴). Detta kan utnyttjas vid bestämning av källan vid blykontamination i miljön. Ett exempel på detta är när Sturges och Barrie (1987) visade att den primära källan för bly i luft i Kanada var blyad bensin, eftersom all blyad bensin i Kanada tillverkades med bly från en blyåder vars blyisotopkvot höll sig inom ett smalt intervall (1,13-1,16)⁹⁷.

Effekter av förbud mot blyhagel i våtmarker/Tidstrender

Nationalparken Doñana i södra Spanien är ett av de viktigaste habitaten för övervintrande änder och gäss i Europa. År 1982 övervintrade hela 82 000 grågäss (*Anser anser*) där. Detta överflöd av vattenfågel har lett till att området har ett högt jakttryck och år 1997 beräknades ackumuleringen av blyhagel till 16.2 hagel per kvadratmeter sand upp till 20 cm djup⁹⁸. Sedan 2002 har användning av blyhagel i andalusiska våtmarker varit förbjuden, även om det är oklart hur väl förbudet efterlevts⁹⁹. Under 2007 undersöktes hur blyhagelssituationen i Doñana förändrats sedan 2002-års förbud. Man fann att förekomsten av blyhagel i spybollar från kejsarörnar hade sjunkit signifikant under 1998, då ett tillfälligt förbud mot blyhagel hade införts efter en gruvolycka i Aznalcóllar. Före 1998 låg förekomsten av blyhagel i spanska kejsarörnars spybollar på 11 %, för att sjunka till 3 % efter förbudet⁹⁹.

I Kanada förbjöds användning av blyhagel vid jakt i våtmark år 1997. Det har rapporterats att blyhalten i benvävnad hos gräsand (*Anas platyrhynchos*) och svartand (*Anas rubripes*) har sjunkit signifikant (från 11 µg/g till 4.8 µg/g) mellan 1989-1990 och år 2000 ($p < 0.01$). Ringand (*Aythya collaris*) uppvisade en minskning från 28 till 10 µg/g bly i benvävnad efter införandet av förbudet. Hos amerikansk morkulla (*Scolopax minor*) sågs ingen minskning, utan i vissa områden fanns indikationer på en ökning. Denna morkulleart är landlevande och påverkas inte av förbudet mot blyhagel i våtmark utan källan till bly kan ha varit blyhagel i den terrestra miljön¹⁰⁰.

Efter ett förbud för användning av blyhagel i våtmark under 1991 sjönk blykoncentrationen i blod hos vithövdad havsörn och kungsörn i Minnesota och Wisconsin, USA. Trots att medelkoncentrationen av bly i blod minskade, samt att andelen akutförgiftade sjönk, sågs ingen minskning av totalantalet förgiftningsfall. Författarna till studien ansåg att slaktavfall från hjortdjur skjutna med kulammunition bidrog till den uteblivna minskningen⁴¹.

Det saknas än så länge publicerade, tillräckligt långa tidsserier som visar om svenska havs- och kungsörnar påverkats av förbudet mot blyhagel i våtmark.

Resultat från Sverige

Havsörn

Havsörnen är Sveriges största rovfågel, men en vingbredd på upp till två och en halv meter. Den lever av fisk, sjöfågel och kadaver och på senare tid har skarvar blivit en viktig födoresurs¹⁰¹. Populationen av havsörn i Sverige uppgår i dag till ca 550 häckande par¹⁰² och har haft en mycket stark tillväxt under de senaste årtionden¹¹¹. Blyförgiftning förekommer som dödsorsak hos havsörnar i Tyskland²², Grönland²¹, Polen²³ och Finland²⁰ och även i Sverige. I många fall har man kunnat visa att havsörnarna fått i sig bly från ammunition.

I Sverige saknas hittills vetenskapligt publicerade studier om blyförgiftning hos havsörn, men nya studier är under publicering som indikerar att blyförgiftning från ammunition är en relativt stor mortalitetsfaktor även hos havsörn i Sverige. Naturhistoriska riksmuseet (NRM) har hittills undersökt 52 havsörnar som inlämnats mellan 2002 och 2007 och av dessa har 7 individer (13,5 %) över 5 ppm bly i levern (våtvikt) (pers.kom.²⁷). I Appendix 2 finns en fördjupning i litteraturen kring blyförgiftning hos havsörn.

I framtiden kommer övervakningen av blyförgiftningsfall hos havsörn intensifieras genom att SVA i Uppsala från och med 2008 börjat göra blyanalyser på alla inkomna rovfåglar för att detektera även asymptomatiske fåglar (Caroline Bröjer, SVA, pers. komm⁹³). NRM har sedan länge röntgat alla inlämnade havsörnar för att se om de är skadeskjutna eller eventuellt har hagel eller kulfragment i mag-tarmkanalen.

Åren 1986-2007 skickades 60 havsörnar med okänd dödsorsak till SVA från NRM. Hos dessa undersöktes blyhalten i lever och njure på 31 individer, varav 14 st (23,3 % av de fåglar som insänts till SVA, 45,2 % av de analyserade fåglarna) bedömdes ha dött av akut blyförgiftning (> 5 ppm, våtvikt)²⁸. I detta material blir inte urvalet av fåglar statistiskt korrekt, eftersom det är fåglar med okänd dödsorsak som skickas till SVA och misstänkta blyförgiftningar hamnar i denna kategori. En mycket stor del av alla traumafall, vilket är den största mortalitetsfaktorn hos havsörn, behålls på NRM.



Fig. 6. Havsörnen är en av de arter som oftast verkar drabbas av blyförgiftning i Sverige. Havsörnspopulationen i Sverige har under senaste årtionden ökat snabbt. Troligen kan havsörnens födoval, där gärna kadaver ingår, delvis förklara varför just denna art oftare än andra får i sig bly från ammunition.

Kungsörn

Kungsörnen är Sveriges näst största rovfågel, och har ett vingspann mellan 1.9 och 2.25 m. Kungsörnen lever av små och medelstora däggdjur och fåglar. I Norrland utgörs födan främst av jaktbart vilt såsom skogshare, tjäder, orre och ripa. För många kungsörnspar ingår döda (oftast) renkalvar bland bytena. Liksom för havsörnen är kadaver en viktig födokälla under vissa tider av året. I Sverige fanns år 2007 omkring ca 680 häckande par och arten har haft en mycket positiv utveckling under de senaste årtionden¹¹¹. Redan 1975 publicerades de första fallen av blyförgiftning hos svenska kungsörnar av Karl Borg på statens veterinärmedicinska anstalt (SVA). I studien redovisades två fall av blyförgiftning, med blykoncentrationer på 10 resp. 36 ppm (våtvikt) i lever¹⁰³.

Mellan åren 1986 och 2007 inkom 145 kungsörnar som fallvilt till SVA i Uppsala. Av dessa valdes 44 individer med indikation på blyförgiftning ut och analyserades. 12 individer (8.3 % av totalantalet, 27 % av de analyserade fåglarna) hade blyhalter i levern som översteg gränsen för letal blyförgiftning (> 5 ppm våtvikt). Halterna i lever hos de blyförgiftade fåglarna varierade från 7.8 till 52 ppm (våtvikt) (C. Bröjer och R. Mattsson, SVA, pers. komm.). SVA har studerat dödsorsaker hos kungsörn mellan 1986 och 2005 vilket visar att olyckshändelser t.ex. kollisioner med tåg är den vanligaste dödsorsaken hos de fåglar som lämnas in för analys (se Fig. 7)

Endast ett urval av de svenska kungsörnarna (44 av 145) har analyserats med avseende på bly. Trots detta ligger 8.3 % (12 av 145) av totalantalet fåglar över gränsen för vad som diagnostiseras som letala blyhalter i lever. Akut blyförgiftning hos rovfåglar kan ibland leda till en asymptomatisk död och från och med år 2008 blir alla kungsörnar som kommer in till SVA analyserade med avseende på bly⁹³. I Appendix 2 finns en fördjupning i litteraturen kring blyförgiftning hos kungsörn.

Dödsorsaker hos kungsörn, 1986-2005, SVA

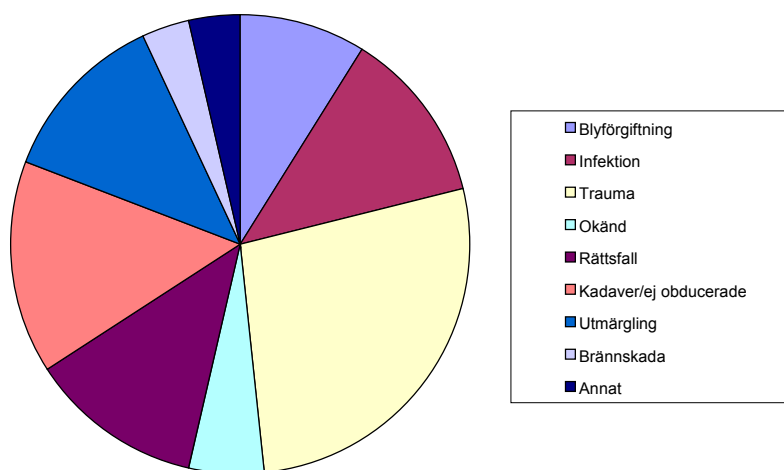


Fig. 7. Dödsorsaker hos kungsörnar som inlämnats till SVA mellan 1986 och 2005. Av totalt 119 fåglar analyserades 30 med avseende på bly. Av dessa hade 10 blyhalter i levern som översteg 5 ppm våtvikt (SVA, Roland Mattsson, Kungsörn 2005).

Eventuell bias vid publicering och exponeringsbedömning

Vid publicering av ekotoxikologiska/toxikologiska studier finns en risk för bias eftersom det är lättare att få en artikel som innehåller "positiva" resultat accepterad i en vetenskaplig tidskrift än en som presenterar enbart negativa resultat (dvs avsaknad av mätbara halter av ämnet ifråga eller förväntade effekter i en studie) . I fallet med blyammunition finns dock en relativt omfattande litteratur vilket minskar påverkan av en eventuell publiceringsbias då även negativa studier skulle bedömas som intressanta ur ett riskbedömningsperspektiv.

Det finns studier som visar att andelen blyförgiftade andfåglar som blir skjutna av jägare är mellan 1.6 och 3.8 gånger högre än andelen som insamlas av forskare. Detta kan bero på att blyförgiftade fåglar har en större benägenhet att bli skjutna, eller att fåglar utan blybelastning lättare fångas i fällor, men det finns även studier som inte lyckats fastställa något samband (sammanfattat av ⁵). När det gäller rovfåglar baseras många studier på fallvilt. Användningen av fallvilt innebär också vissa risker eftersom det kan finnas skillnader i hur frekvent döda fåglar som dött av olika orsaker inlämnas för analys. Ett exempel kan vara att havsörnar som blivit påkörda av tåg rapporteras mycket frekvent tack vare ett gott samarbete mellan Banverket och forskare, medan blyförgiftade fåglar oftast söker skydd och dör dolda för mänskliga aktiviteter ²⁷ och inte upptäcks i samma utsträckning. Det finns inga indikationer på att blyförgiftade fåglar är överrepresenterade i fallviltstudier {Helander, 2008 #158}. Fåglar som fångas i fälla kan tänkas vara lättare att fånga om de har en moderat blybelastning som påverkar deras reaktionssnabbhet, vilket skulle introducera ett fel. Fåglar med mycket hög blybelastning intresserar sig dock inte för mat och lockas därför inte till fällorna. Fällor kan också selektera för vissa ålderskategorier och kön¹¹.

Avslutande diskussion

Blyförgiftning hos rovfåglar sker främst via exponering för bly i ammunition som de får i sig via skjutna/skadeskjutna bytesdjur eller ränta. I den sura miljön i magen kan blyjoner lösas ut och blir därmed biotillgängliga. Experimentella studier har visat att rovfåglar som matas med kött från kraftigt blyförgiftade andfåglar inte uppnår akut toxiska nivåer av bly och ingen ökad mortalitet kunde ses. Detta beror troligen på att biologiskt inkorporerat bly inte tas upp effektivt. Rovfåglar som däremot matades med metalliskt bly i form av blyhagel uppnådde höga halter bly i blodet och fick klassiska blyförgiftningssymptom. Rapporter finns från många europeiska länder, såväl som Nordamerika och Asien om blyförgiftade rovfåglar som hittats som fallvilt med blyförgiftningssymtom. Hagel i vävnader utanför mag-tarmkanalen (via påskjutning) hos fåglar leder inte till akut toxiska blyhalter. Man har internationellt inte heller kunnat hitta miljöfaktorer som skulle kunna förklara förekomsten av blyförgiftade rovfåglar. Slutsatsen är därför att metalliskt bly i form av ammunition som tas in via födan är blykällan som orsakar blyförgiftning hos rovfåglar även i Sverige.

I de flesta fall där man påträffat ammunitionsrester hos örnar i Sverige rör det sig om blyhagel, även om kulfragment också kunnat påvisas i flera fall. Andelen rovfåglar som blyförgiftas från kulfragment borde vara mindre i Sverige än t.ex. i USA där en stor mängd högexpanderande ammunition används vid skydds jakt. Norma Precision AB, som har omkring 90 % av den svenska kulammunitionsmarknaden uppger att högexpanderande ammunition säljs i relativt små mängder i Sverige. Istället utgörs ca 70 % av försäljningen av sk. bondade kulor, en kultyp som fragmenterar betydligt mindre och har en restvikt på mellan 85 och 95 %. Detta borde leda till att exponeringen för kulfragment är mindre i Sverige än i Nordamerika.

De flesta rovfåglar äter gärna kadaver och räntor och preferensen för kadaver blir ofta större ju större fågeln är. Skadskjutna bytesdjur kräver mindre ansträngning att jaga och de flesta rovdjur väljer att jaga försvagade djur framför fullt friska. Sammantaget leder dessa faktorer till att risken för blyförgiftning antagligen är högre för de rovfåglar som gärna lever av jaktbara fågelarter och kadaver från större vilt, t.ex. havs- och kungsörn.

Tack

Tack till Björn Helander på Naturhistoriska riksmuseet för information om förgiftningssituationen hos svenska havsörnar. Tack även till Caroline Bröjer och Roland Mattson på SVA för information om obduktioner och förgiftningar hos kungsörn och havsörn, samt till professor Adrian Frank för information om blyanalyser och material. Tack även till Kenneth Skoglund på Norma Precision AB för information och försäljningsstatistik.

Referenser

1. Kemikalieinspektionen. Varför är kvicksilver, kadmium, bly och deras föreningar utfasningsämnen? http://www.kemi.se/templates/PRIOPage_____4052.aspx (2008).
2. Bellrose, F. C. Lead poisoning as a mortality factor in waterfowl populations. Illinois Natural History Survey Bulletin 27, 235-288 (1959).
3. Pain, D. J. & Amiard-Triquet, C. Lead poisoning of raptors in France and elsewhere. Ecotoxicol Environ Saf 25, 183-92 (1993).
4. Svanberg, F. et al. Lead isotopes and lead shot ingestion in the globally threatened marbled teal (*Marmaronetta angustirostris*) and white-headed duck (*Oxyura leucocephala*). Sci Total Environ 370, 416-24 (2006).
5. Kendall, R. J. et al. An ecological risk assessment of lead shot exposure in non-waterfowl avian species: Upland game birds and raptors. Environmental Toxicology & Chemistry 15, 4-20 (1996).
6. Martin, P. A., Campbell, D., Hughes, K. & McDaniel, T. Lead in the tissues of terrestrial raptors in southern Ontario, Canada, 1995-2001. Sci Total Environ 391, 96-103 (2008).
7. Fisher, I. J., Pain, D. J. & Thomas, V. G. A review of lead poisoning from ammunition sources in terrestrial birds. Biological Conservation 131, 421 (2006).
8. Pain, D. J., Sears, J. & Newton, I. Lead concentrations in birds of prey in Britain. Environ Pollut 87, 173-80 (1995).
9. Clark, A. J. & Scheuhammer, A. M. Lead poisoning in upland-foraging birds of prey in Canada. Ecotoxicology 12, 23-30 (2003).
10. Pattee, O. H., Bloom, P.H., Scott, J.M. and Smith, M.R. Lead Hazards Within the Range of the California Condor. Condor 92, 931-937 (1990).
11. Pain, D. J., Bavoux, C. & Burneleau, G. Seasonal blood lead concentrations in marsh harriers *Circus aeruginosus* from Charente-Maritime, France: Relationship with the hunting season. Biological Conservation 81, 1-7 (1997).
12. Mateo, R. et al. Lead shot ingestion by marsh harriers *Circus aeruginosus* from the Ebro delta, Spain. Environmental Pollution 104, 435 (1999).
13. Pain, D. J. et al. Lead poisoning in wild populations of marsh harriers *Circus aeruginosus* in the Camargue and Charente-Maritime, France. Ibis 135, 3790-386 (1993).
14. Helander, B. Reproduction of the white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla* (L.)) in Sweden, in relation to food and residue levels of organochlorine and mercury compounds in the eggs. Doctoral thesis, Stockholm University ISBN 91-7146-245-7, 126 (1983).
15. Platt, J. B. Bald eagles wintering in a Utah desert. American Birds 30, 783-788 (1976).
16. Pattee, O. H. et al. Lead poisoning in captive Andean condors (*Vultur gryphus*). J Wildl Dis 42, 772-9 (2006).
17. Elliott, J. E., Wilson, L. K., Langelier, K. W. & Norstrom, R. J. Bald eagle mortality and chlorinated hydrocarbon contaminants in livers from British Columbia, Canada, 1989-1994. Environ Pollut 94, 9-18 (1996).
18. Miller, M. J., Restani, M., Harmata, A. R., Bortolotti, G. R. & Wayland, M. E. A comparison of blood lead levels in bald eagles from two regions on the great plains of North America. J Wildl Dis 34, 704-14 (1998).
19. Kim, E., Goto, R., Iwata, H., Masuda, Y, Tanabe, S., Fukita, S. Preliminary survey of lead poisoning of Steller's sea eagle (*Haliaeetus pelagicus*) and white-tailed sea eagle (*Haliaeetus albicilla*) in Hokkaido, Japan. Environmental Toxicology and Chemistry 18, 448-451 (1999).
20. Krone, O. et al. Mortality factors, helminth burden, and contaminant residues in white-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) from Finland. Ambio 35, 98-104 (2006).

21. Krone, O., Wille, F., Kenntner, N., Boertmann, D. & Tataruch, F. Mortality factors, environmental contaminants, and parasites of white-tailed sea eagles from Greenland. *Avian Dis* 48, 417-24 (2004).
22. Muller, K., Altenkamp, R. & Brunnberg, L. Morbidity of free-ranging white-tailed sea eagles (*Haliaeetus albicilla*) in Germany. *J Avian Med Surg* 21, 265-74 (2007).
23. Falandysz, J., Ichihashi, H., Szymczyk, K., Yamasaki, S. & Mizera, T. Metallic elements and metal poisoning among white-tailed sea eagles from the Baltic south coast. *Mar Pollut Bull* 42, 1190-3 (2001).
24. Franson, J. C. Interpretation of Tissue Lead Residues in Birds Other Than Waterfowl. *Environmental contaminants in wildlife: Interpreting tissue concentrations*, 265-279 (1996).
25. Pain, D. J. et al. Lead contamination and associated disease in captive and reintroduced red kites *Milvus milvus* in England. *Sci Total Environ* 376, 116-27 (2007).
26. Mateo, R., Taggart, M. & Meharg, A. A. Lead and arsenic in bones of birds of prey from Spain. *Environ Pollut* 126, 107-14 (2003).
27. Helander, B. personlig kommunikation. (2008).
28. Mattsson, R. Blyhalter i kungs- och havsörn. Kungsörnssymposium 2005 Länsstyrelsen i Västernorrlands län, 30-31 (2005).
29. Carpenter, J. W. et al. Experimental lead poisoning in turkey vultures (*Cathartes aura*). *J Wildl Dis* 39, 96-104 (2003).
30. Pattee, O. H., Wiemeyer, S.N., Mulhern, B.M., Sileo, L., Carpenter, J.W. Experimental lead-shot poisoning in bald eagles. *The Journal of Wildlife Management* 45, 806-810 (1981).
31. Pain, D. J. & Rattner, B. A. Mortality and hematology associated with the ingestion of one number four lead shot in black ducks, *Anas rubripes*. *Bull Environ Contam Toxicol* 40, 159-64 (1988).
32. Barltrop, D. & Meek, F. Effect of particle size on lead absorption from the gut. *Arch Environ Health* 34, 280-5 (1979).
33. Guillemain, M. et al. Lead shot and teal (*Anas crecca*) in the Camargue, Southern France: Effects of embedded and ingested pellets on survival. *Biological Conservation* 137, 567 (2007).
34. USFWS. Use of lead shot for hunting migratory birds in the United States: Final supplemental environmental impact statement. US department of the interior fish and wildlife service, Washington DC (1986).
35. Kemikalieinspektionen. Ekonomiska styrmedel för bly i ammunition. Rapport från ett regeringsuppdrag (2008).
36. Benson, W. W., Pharaoh, B. & Miller, P. Lead poisoning in a bird of prey. *Bull Environ Contam Toxicol* 11, 105-8 (1974).
37. Cade, T. J. Exposure of California Condors to Lead From Spent Ammunition. *The Journal of Wildlife Management* 71, 2125-2133 (2007).
38. Craig, T. H., Connelly, J.W., Craig, E.H., Parker, T.L. Lead concentrations in Golden and Bald eagles. *Wilson bulletin* 102, 133-137 (1990).
39. Mateo, R., Cadenas, R., Manez, M. & Guitart, R. Lead shot ingestion in two raptor species from Donana, Spain. *Ecotoxicol Environ Saf* 48, 6-10 (2001).
40. Wayland, M. & Bollinger, T. Lead exposure and poisoning in bald eagles and golden eagles in the Canadian prairie provinces. *Environmental Pollution* 104, 341-350 (1999).
41. Kramer, J. L. & Redig, P. T. Sixteen years of lead poisoning in eagles, 1980-95: An epizootologic view. *J Raptor Res.* 31, 327-332 (1997).
42. Kettner, N., Oehme, G., Heidicke, D., Tataruch, F. Retrospektive Untersuchung zur Bleiintoxikation und Exposition mit potenziell toxischen Schwermetallen von Seedelern *Haliaeetus albicilla* in Deutschland. *Vogelwelt* 125, 63-75 (2004).

43. Wiemeyer, S., N., Scott, J.M., Anderson, M.P., Bloom, P.H., Stafford, C.J. Environmental contaminants in California condors. *Journal of wildlife management*, 238-247 (1988).
44. Cade, T. J., Osborn, S.A.H., Hunt, W.G., Woods, C.P. Commentary on released California condors in Arizona. *Raptors worldwide, World working group on birds of prey and owls*, Berlin and MME/Birdlife Hungary, Budapest, Hungary, 11-25 (2004).
45. Wynne, J. & Stringfield, C. Treatment of lead toxicity and crop stasis in a California condor (*Gymnogyps californianus*). *J Zoo Wildl Med* 38, 588-90 (2007).
46. Hunt, W. G., Burnham, W., Parish, C.N., Burnham, K.K., Mutch, B. and Oaks, J.L. Bullet fragments in deer remains: implications for lead exposure in avian scavengers. *Wildlife society bulletin* 34, 167-170 (2006).
47. Craighead, D., Bedrosian, B. Blood lead levels of common ravens with access to big-game offal. *The Journal of Wildlife Management* 72, 240-245 (2007).
48. Knopper, L. D., Mineau, P., Scheuhammer, A.M., Bond, D.E., McKinnon, D.T. Carcasses of shot Richardson's ground squirrels may pose lead hazards to scavenging hawks. *The Journal of Wildlife Management* 70, 295-299 (2006).
49. Pauli, J. N., Buskirk, S.W. Recreational shooting of prairie dogs: A portal for lead entering wildlife food chains. *The Journal of Wildlife Management* 71, 103-108 (2005).
50. Hunt, G. W., Burnham, W., Parish, C.N, Burnham, K.K., Mutch, B., Oaks, J.L. Bullet fragments in deer remains: implications for lead exposure to avian scavengers. *Wildlife society bulletin* 33, 167-170 (2005).
51. Church, M. E. et al. Ammunition is the principal source of lead accumulated by California condors re-introduced to the wild. *Environ Sci Technol* 40, 6143-50 (2006).
52. Scheuhammer, A. M., Bond, D. E., Burgess, N. M. & Rodrigue, J. Lead and stable lead isotope ratios in soil, earthworms, and bones of American woodcock (*Scolopax minor*) from eastern Canada. *Environ Toxicol Chem* 22, 2585-91 (2003).
53. Meharg, A. A. et al. Isotopic identification of the sources of lead contamination for white storks (*Ciconia ciconia*) in a marshland ecosystem (Donana, S.W. Spain). *Sci Total Environ* 300, 81-6 (2002).
54. Scheuhammer, A. M. & Templeton, D. M. Use of stable isotope ratios to distinguish sources of lead exposure in wild birds. *Ecotoxicology* 7, 37-42 (1998).
55. Tsuji, L. J. et al. The identification of lead ammunition as a source of lead exposure in First Nations: the use of lead isotope ratios. *Sci Total Environ* 393, 291-8 (2008).
56. Levesque, B. et al. Monitoring of umbilical cord blood lead levels and sources assessment among the Inuit. *Occup Environ Med* 60, 693-5 (2003).
57. Custer, T. W., Franson, J. C. & Pattee, O. H. Tissue lead distribution and hematologic effects in American kestrels (*Falco sparverius* L.) fed biologically incorporated lead. *J Wildl Dis* 20, 39-43 (1984).
58. Beyer, W. N. et al. Zinc and lead poisoning in wild birds in the tri-state mining district (Oklahoma, Kansas, and Missouri). *Arch Environ Contam Toxicol* 48, 108-17 (2005).
59. Taggart, M. A. et al. After the Aznalcollar mine spill: arsenic, zinc, selenium, lead and copper levels in the livers and bones of five waterfowl species. *Environ Res* 100, 349-61 (2006).
60. Church, M. E., Gwiazda, R., Smith, D.R., Riseborough, R.W., Sorenson, K., Chamberlain, C.P., Farry, S., Heinrich, W., Rideout, B.A. Response to comment om "Ammunition is the principal source of lead accumulated by California condors re-introduced in the wild". *Environmental science and technology* 42, 1809-1811 (2008).
61. Talmage, S. S. & Walton, B. T. Small mammals as monitors of environmental contaminants. *Rev Environ Contam Toxicol* 119, 47-145 (1991).

62. Mateo, R. et al. Altered porphyrin excretion and histopathology of greylag geese (*Anser anser*) exposed to soil contaminated with lead and arsenic in the Guadalquivir Marshes, southwestern Spain. *Environ Toxicol Chem* 25, 203-12 (2006).
63. Redig, P. T., Stowe, C. M., Barnes, D. M. & Arent, T. D. Lead toxicosis in raptors. *J Am Vet Med Assoc* 177, 941-3 (1980).
64. Pattee, O. H., Hennes, S.K. Bald eagles and waterfowl: The lead shot connection. *Tans. Am. Wildl. Nat. Resour.Conf.* 48, 230-237 (1983).
65. Stendell, R. C., Beyer, W. N. & Stehn, R. A. Accumulation of lead and organochlorine residues in captive American kestrels fed pine voles from apple orchards. *J Wildl Dis* 25, 388-91 (1989).
66. Beyer, W. N., Blus, L. J., Henny, C. J. & Audet, D. The role of sediment ingestion in exposing wood ducks to lead. *Ecotoxicology* 6, 181-186 (1997).
67. Henny, C. J., Blus, L.J., Hoffman, D.J., Grove, R.A., Hatfield, J.S. Lead accumulation and osprey production near a mining site on the Coer d'Alene river, Idaho. *Arch Environ Contam Toxicol* 21, 415-424 (1991).
68. Henny, C. J., Blus, L.J., Hoffman, D.J., Grove, R.A. Lead in hawks, falcons and owls downstream from a mining site on the Coer d'Alene river, Idaho. *Environmental Monitoring & Assessment* 29, 267-288 (1994).
69. Denneman, W. D. & Douben, P. E. T. Trace metals in primary feathers of the barn owl (*Tyto alba guttatus*) in the Netherlands. *Environmental Pollution* 82, 301-310 (1993).
70. Fry, M. Assessment of Lead Contamination Sources Exposing California Condors. *Species Conservation and Recovery Program Report* (2003).
71. Hoffman, D. J., Pattee, O. H., Wiemeyer, S. N. & Mulhern, B. Effects of lead shot ingestion on delta-aminolevulinic acid dehydratase activity, hemoglobin concentration, and serum chemistry in bald eagles. *J Wildl Dis* 17, 423-31 (1981).
72. Vyas, N. B., Spann, J. W. & Heinz, G. H. Lead shot toxicity to passerines. *Environmental Pollution* 111, 135 (2001).
73. Kendall, R. J. & Scanlon, P. F. Effects of chronic lead ingestion on reproductive characteristics of ringed turtle doves streptopelia-risoria and on tissue lead concentrations of adults and their progeny. *Environmental Pollution Series A Ecological & Biological* 26, 203-214 (1981).
74. Scheuhammer, A. M. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: a review. *Environ Pollut* 46, 263-95 (1987).
75. Livsmedelsverket. Livsmedelsdatabasen. (31/7-2008).
76. Fleming, D. E. et al. Effect of the delta-aminolevulinic acid dehydratase polymorphism on the accumulation of lead in bone and blood in lead smelter workers. *Environ Res* 77, 49-61 (1998).
77. Onalaja, A. O. & Claudio, L. Genetic susceptibility to lead poisoning. *Environ Health Perspect* 108 Suppl 1, 23-8 (2000).
78. Wayland, M., Neugebauer, E. & Bollinger, T. Concentrations of lead in liver, kidney, and bone of bald and golden eagles. *Arch Environ Contam Toxicol* 37, 267-72 (1999).
79. Pain, D. J., Meharg, A. A., Ferrer, M., Taggart, M. & Penteriani, V. Lead concentrations in bones and feathers of the globally threatened Spanish imperial eagle. *Biological Conservation* 121, 603 (2005).
80. Garcia-Fernandez, A. J. et al. Environmental exposure and distribution of lead in four species of raptors in Southeastern Spain. *Arch Environ Contam Toxicol* 33, 76-82 (1997).
81. Eisler, R. Lead hazards to fish, wildlife and invertebrates: A synoptic review. *USFWS Biological reproduction* 85, 1-133 (1988).
82. Mateo, R., Belliure, J., Dolz, J. C., Aguilar Serrano, J. M. & Guitart, R. High Prevalences of Lead Poisoning in Wintering Waterfowl in Spain. *Arch Environ Contam Toxicol* 35, 342-7 (1998).

83. Scheuhammer, A. M., Rogers, C. A. & Bond, D. Elevated lead exposure in American woodcock (*Scolopax minor*) in Eastern Canada. *Arch Environ Contam Toxicol* 36, 334-40 (1999).
84. Franson, J. C., Sileo, L., Pattee, O. H. & Moore, J. F. Effects of chronic dietary lead in American kestrels (*Falco sparverius*). *J Wildl Dis* 19, 110-3 (1983).
85. Redig, P. T. et al. Effects of chronic exposure to sublethal concentrations of lead acetate on heme synthesis and immune function in red-tailed hawks. *Arch Environ Contam Toxicol* 21, 72-7 (1991).
86. Hoffman, D. J., Franson, J. C., Pattee, O. H., Bunck, C. M. & Murray, H. C. Biochemical and hematological effects of lead ingestion in nestling American kestrels (*Falco sparverius*). *Comp Biochem Physiol C* 80, 431-9 (1985).
87. Gill, C. E. & Langelier, K. M. British Columbia. Acute lead poisoning in a bald eagle secondary to bullet ingestion. *Can Vet J* 35, 303-304 (1994).
88. Pain, D. J., Sears, J. & Newton, I. Lead Concentrations in Birds of Prey in Britain. *Environmental Pollution* 87, 173-180 (1995).
89. Miller, M. J., Wayland, M. E. & Bortolotti, G. R. Exposure of migrant bald eagles to lead in prairie Canada. *Environ Pollut* 112, 153-62 (2001).
90. Kenntner, N., Crettenand, Y., Fünfstück, H.-J., Janovsky, M., Tataruch, F. Lead poisoning and heavy metal exposure of golden eagles (*Aquila chrysaetos*) from the European Alps. *Journal of Ornithology* 148, 173-177 (2007).
91. Bezzel, E. & Fuenfstueck, H. J. Lead poisoning as a threat to Golden Eagles *Aquila chrysaetos* in the northern Alps? *Journal fuer Ornithologie* 136, 294-296 (1995).
92. Kramer, J. L. & Redig, P. T. Sixteen years of lead poisoning in eagles, 1980-95: An epizootiologic view. *Journal of Raptor Research* 31, 327-332 (1997).
93. Bröjer, C. Personlig kommunikation. Statens veterinärmedicinska anstalt (2008).
94. Kenntner, N., Oehme, G., Heidicke, D., Tataruch, F. Retrospektive Untersuchung zur Bleiintoxikation und Exposition mit potenziell toxischen Schwermetallen von Seedelegern *Haliaeetus albicilla* in Deutschland. *Vogelwelt* 125, 63-75 (2004).
95. Kenntner, N., Tataruch, F. & Krone, O. Heavy metals in soft tissue of white-tailed eagles found dead or moribund in Germany and Austria from 1993 to 2000. *Environ Toxicol Chem* 20, 1831-7 (2001).
96. Frank, A. Lead fragments in tissues from wild birds: a cause of misleading analytical results. *Sci Total Environ* 54, 275-81 (1986).
97. Sturges, W. T., Barrie, L.A. Lead 206/207 isotope ratios in the atmosphere of North America as tracers of US and Canadian emissions. *Nature*, 144-146 (1987).
98. Mateo, R., Bonet, A., Dolz, and Guitart, R. Lead shot densities in a site of grit ingestion for graylag geese (*Anser anser*) in Doñana (Spain). *Ecotoxicol. Environ. Restor.* 3, 76-80 (2000).
99. Mateo, R., Green, A. J., Lefranc, H., Baos, R. & Figuerola, J. Lead poisoning in wild birds from southern Spain: A comparative study of wetland areas and species affected, and trends over time. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66, 119 (2007).
100. Stevenson, A. L., Scheuhammer, A. M. & Chan, H. M. Effects of nontoxic shot regulations on lead accumulation in ducks and American woodcock in Canada. *Arch Environ Contam Toxicol* 48, 405-13 (2005).
101. Förening, S. O. Havsörn. <http://www.sofnet.org/index.asp?lev=3825&typ=1>.
102. Naturskyddsföreningen, S. Havsörnsfakta. (2007).
103. Borg, K. Viltsjukdomar. L.T.s förlag, Helsingborg (1975).
104. Stendell, R. C. Dietary exposure of kestrels to lead. *Journal of wildlife management* 44, 528-530 (1980).

105. Franson, J. C., Sileo, L., Pattee, O.H., Moore, J.F. Effects of chronic dietary lead in American kestrels (*Falco sparverius*). *Journal of Wildlife Diseases* 19, 110-113 (1983).
106. Pattee, O. H. Eggshell thickness and reproduction in American kestrels exposed to chronic dietary lead. *Arch Environ Contam Toxicol* 13, 29-34 (1984).
107. Hoffman, D. J., Franson, J. C., Pattee, O. H., Bunck, C. M. & Anderson, A. Survival growth and accumulation of ingested lead in nestling american kestrels *Falco-sparverius*. *Archives of Environmental Contamination & Toxicology* 14, 89-94 (1985).
108. Kettner, N., Crettenand, Y., Fünfstück, H-J., Janovsky, M., Tataruch, F. Lead poisoning and heavy metal exposure of golden eagles (*Aquila chrysaetos*) from the European Alps. *Journal of Ornithology* 148, 173-177 (2007).
109. Peterson, C. A., Lee, S.L., Elliott, J.E. Scavenging of waterfowl carcasses by birds in agricultural fields of British Columbia. *Journal of Field Ornithology* 72, 150-159 (2001).
110. Wiemeyer, S. N., Scott, J. M., Anderson, M. P., Bloom, P. H. & Stafford, C. J. Environmental contaminants in California condors. *Journal of Wildlife Management* 52, 238-247 (1988).
111. Ottvall R., Edeneius L., Elmberg J., Engström H., Green M., Holmqvist N., Lindström Å., Tjernberg M. & Pärt T. 2008. Populationstrender för fågelarter som häckar i Sverige. Naturvårdsverkets rapport 5813.

Appendix I.

Fördjupning av litteratur angående experimentella studier

Kalkongam (*Cathartes aura*)

På grund av de stora problemen med blyförgiftningar av kaliforniska kondorer (se nedan) gjordes 1988 en studie där kalkongamar (*Cathartes aura*) utfodrades med blyhagel för att undersöka toxiciteten. Blyhaglen vägdes före och efter dosering för att kontrollera mängden bly som eroderats ut i fågelns mag-tarmkanal. Studien visade att kalkongamar som utfodrats med blyhagel (lågdos 3 hagel/individ, högdos 10 hagel/individ), var mycket tåliga jämfört med andra arter och lätt gjorde sig av med hagel i sina spybollar. Under exponeringstiden krävdes konstant återdosering av haglen, vilket påverkar exponeringen. Överlevnadstiden låg på mellan 143 och 211 dagar²⁹, vilket är betydligt längre än vad som tidigare rapporterats för t.ex. vithövdad havsörn³⁰. Två kalkongamar som exponerats för den högsta dosen, 10 blyhagel (0,35-0,49 g/st), dog av behandlingen (dag 143 och 148), medan de andra avlivades p.g.a. ataxi, anorexi och muskelsvaghet. Författarna av studien drog slutsatsen att kalkongamar är en dålig modell för blytoxicitet hos kalifornisk kondor²⁹.

Andinsk kondor (*Vultur gryphus*)

Samma forskargrupp¹⁶ fick senare tillstånd att använda sig av andinsk kondor (*Vultur gryphus*) för att göra om studien. Sex juvenila andinska kondorer användes i studien. Två av fåglarna användes som kontroller, två doserades med två nummer 00 hagel, ytterligare två fåglar fick sex nr 00 hagel. Doserna motsvarade 0,575g (2 hagel) och 1,92 g (sex hagel). Efter en veckas exponering hade ALAD-nivåerna hos alla de exponerade fåglarna sjunkit ner till detektionsgränsen. Efter fjorton dagar började symptom på blyförgiftning uppträda hos lågdosfåglarna, med letargi och ändrat rörelsemönster. Efter 39 dagar hittades en av kondorerna som exponerats för den höga dosen död i buren, efter uppvisande av klassiska symptom på blyförgiftning. Denna fågel hade eroderat ut 603 mg bly ur de blyhagel den exponerats för. Efter 41 dagar avlivades den andra högdosfågeln. Denna fågel hade då exponerats för 527 mg eroderat bly från sina blyhagel. Ytterligare en kondor hittades död i buren efter 46 dagar. Denna kondor tillhörde lågdosgruppen, men hade eroderat ut 290 mg bly från sina blyhagel. Den sista kondoren avlivades av etiska skäl efter 49 dagar och var även den tydligt blyförgiftad. Vid obduktion av fåglarna sågs ödem i frontalloben, spongos i lillhjärnan, pyknotiska Purkinjeceller, m fl hjärnskador. Ansamlingar av hemosiderin sågs i leverceller och Kupfferceller, samt i makrofager i mjälten. Alla fåglarna hade nefros och andra njurskador och blyhalten i både blod, lever och njure översteg gränsvärdena för blyförgiftning¹⁶.

Vithövdad havsörn (*Haliaeetus leucocephalus*)

De experimentella studier som finns tillgängliga indikerar att det finns stora mellanartsskillnader i känslighet för bly. Det verkar även finnas stora individskillnader. År 1981 gjordes en studie där fem vithövdade örnar (*Haliaeetus leucocephalus*) doserades med 10 blyhagel till en totalvikt av 2,09 g³⁰. En av örnarna dog redan efter 10 dagar, efter att ha eroderat ut 19,4 mg bly från blyhaglen. Ytterligare en örn dog efter 12 dagar, då den exponerats för 42,3 mg eroderat bly, och en tredje dog efter 20 dagar, efter att 37,8 mg bly lösts ut. De två resterande örnarna verkade tåla blybelastningen betydligt bättre än de andra tre, och en av dem överlevde i 125 dagar, trots att 185 mg bly eroderats ut från blyhaglen i fågelns mage. Den sista fågeln blev blind efter 133 dagar och avlivades av etiska skäl. Den hade då utsatts för 129 mg eroderat bly. Alla fåglarna hade minst ett blyhagel i magsäcken när de dog. Örnarna uppvisade vätska i hjärtsäcken och var utmärglade och hade bl.a. kraftiga histopatologiska förändringar i njurarna³⁰.

Tre örnar dog av behandlingen då mellan 19.4 och 42.3 mg bly eroderats ut från blyhaglen. Om man antar en kroppsvikt på omkring 5 kg (vithövdade havsörnar ligger ofta mellan 3.6 - 6.4 kg⁷⁰) så representerar detta en blyhalt på 3.9 resp 8.4 ppm⁷⁰. I studien har blodblyhalten tyvärr inte rapporterats för individer, men medelblykoncentrationen i blod var dag sju 3.4 ppm (± 1.4 ppm SEM) och dag 14, 5.4 ppm (± 4.3 ppm SEM). Kliniska symptom på blyförgiftning uppträdde vid respektive 7,7,8, 93 och 121 dagar⁷⁰. Det hade varit mycket intressant att få se blykoncentrationen i blod för varje enskild individ i den här studien, då man där kanske hade kunnat få indikationer om individskillnaderna i känslighet beror på ett lägre upptag av bly från mag-tarmkanalen, eller individskillnader i känsligheten för bly. Den första örnen som exponerades i detta försök utfodrades med ett kommersiellt foder. Kommersiella foder innehåller oftast relativt höga kalciumhalter, vilket kan leda till ökad motståndskraft för bly. De resterade fåglarna fick istället en diet bestående av fisk³⁰.

Sparvfalk (*Falco sparverius*)

Det finns även experimentella studier som inte påvisat några effekter av exponering för bly. Gemensamt för dessa är att de alla utförts med sparvfalkar (*Falco sparverius*). Stendell (1980)¹⁰⁴ matade tre sparvfalkar med endera ett 49 mg tungt blyhagel, alternativt kött från blyförgiftade änder under 60 dagar. Ingen av de tre falkarna gick ner i vikt eller dog. Franson et al. (1983)¹⁰⁵ matade totalt 48 par med sparvfalkar med 0, 10 och 50 ppm pulveriserat bly i födan under 5 månader. Ingen ökad dödlighet observerades heller hos dessa sparvfalkar, men ALAD-nivåerna i blodet sjönk till 20 % av kontrollfåglarnas nivå vilket tyder på en kraftig minskning av hemoglobinhalt och andra viktiga blodproteiner. Honorna deponerade signifikant högre halter bly i levern än hanarna i gruppen som exponerats för 50 ppm bly¹⁰⁶. Custer et al. (1984)⁵⁷ använde sig också av blyförgiftat fågelkött och matade 40 sparvfalkar med kött innehållande 120, 212 eller 448 ppm biologiskt inkorporerat bly. Det fanns inga skillnader i dödlighet mellan exponerade grupper och kontrollgrupper, men honorna, som hade en signifikant högre kroppsvikt än hanarna vid försökets början, var vid försökets slut inte skilda från hanarna. Dessa resultat kan tyda på att vuxna sparvfalkar är relativt tåliga för exponering för bly. Det finns andra studier av andra arter som indikerar att biologiskt inkorporerat bly i födan inte ger tillräckliga vävnadsnivåer hos rovfågeln för att orsaka akut toxikos⁶³⁻⁶⁵. I studien där pulveriserat bly använts har sparvfalkarna samtidigt som doseringen pågick matats med mineraler och kalciumtillskott, vilket kan reducera effekterna av en blyexponering markant^{72,74}. Under naturliga förhållanden är det troligt att även sparvhökar är betydligt känsligare för bly än de experimentella studierna indikerar.

Studier på boungar av sparvfalk¹⁰⁷ har däremot visat att yngre individer kan vara betydligt känsligare för blyexponering än vad de experimentella studierna på vuxna individer indikerat. I en studie där en dag gamla sparvfalksungar doserades med endera 25, 125 eller 625 mg/kg kroppsvikt bly i majsolja, dog ca 40 % av ungarna i den högsta dosgruppen efter sex dagar. Skelettillväxten hämmades efter tre dagar i den högsta dosgruppen och efter 4 dagar i den näst högsta. Halter på över 2 ppm (våtvikt) i lever kunde associeras med tillväxthämning hos ungarna.

Diskussion kring resultaten av de experimentella studierna

Resultaten från den experimentella studien på vithövdad havsörn (*Haliaeetus leucocephalus*) är den som troligen är mest relevant för vår svenska havsörn (*Haliaeetus albicilla*). De experimentella studierna tyder på att låga halter som 3.9 ppm i lever kan utgöra en dödlig dos bly för en vithövdad örn i fångenskap. Detta indikerar att den dödliga dosen kan vara lägre under naturliga levnadsförhållanden,

Bland de svenska havsörnarna med blyförgiftning som dödsorsak där blyhalterna i lever analyserats visar att halterna ofta är högre än 5 ppm. I en studie där exponering för blyhagel undersöktes i tättingar (*Molothrus ater*, *kostare*) sågs inga effekter av exponering för ett blyhagel så länge fåglarna utfodrades med ett foder med högt kalciuminnehåll, men när fåglarna utfodrades med en mer naturlig diet dog tre av tio fåglar inom en dag⁷². Mängden protein som intas vid blyexponering påverkar också i hög grad absorptionen av bly⁵. En proteinrik diet kan verka skyddande mot blyförgiftning, vilket i de flesta fall ger en underskattning av toxiciteten vid experimentella studier där fåglarna ofta förses med nästan fri tillgång på kött, vilket håller magen välfylld med proteinrik föda vilket minskar blyupptaget. Under naturliga förhållanden med varierande födotillgång kan blyupptaget bli både snabbare och större. Även subletala nivåer av bly kan orsaka en försämring av flygförmågan och därmed födosöket och förmågan att undkomma faror.

Troligen ackumulerar de fåglar som överlevde längst i de presenterade studierna mindre mängder bly i kroppen. Skillnader i nutritionell status och metabolism är en trolig orsak, men det är även tänkbart att det finns genetiska faktorer bakom känslighet för blytoxikos (se "Upptag av bly").

Appendix 2.

Fördjupning av litteratur angående vissa utvalda arter av särskilt intresse.

Havsörn (*Haliaeetus albicilla*)

Havsörnen är Sveriges största rovfågel, men en vingbredd på upp till två och en halv meter. Den lever av fisk, sjöfågel och kadaver och på senare tid har skarvar blivit en viktig födoresurs¹⁰¹. Populationen av havsörn i Sverige uppgår i dag till ca 550 häckande par¹⁰² och har haft en mycket stark tillväxt under de senaste årtiondena. Blyförgiftning förekommer som dödsorsak hos havsörnar i Tyskland²², Grönland²¹, Polen²³ och Finland²⁰ och även i Sverige. I många fall kan man visa att havsörnarna fått i sig bly från ammunition.

I en finsk studie undersöktes elva havsörnar som hittats döda i Finland under 1994-2001 för att bestämma mortalitetsfaktorer. I denna studie hade två individer (18%) 22 resp 11 ppm bly i sin lever (våtvikt), och bedömdes vara blyförgiftade. En av dessa individer hade fragment av blykula i muskelmagen, och båda fåglarna hade förstörade gallblåsor och svullna leverar. Ytterligare två fåglar hade höga blyhalter i levern (4.6 resp. 4.1 ppm), men dödsorsaken hos dessa fåglar kunde ej fastställas. En av fåglarna var i mycket dålig kondition, vilket kan vara ett tecken på blytoxikos. Den andra var kraftigt förruttnad och kroppsconditionen kunde inte bedömas²⁰.

Även i Tyskland är havsörnspopulationen på stark framfarsch sedan slutet på 80-talet. På Fria Universitetet i Berlin har man mellan åren 1998 och 2006 undersökt 87 skadade vilda havsörnar. Av dessa bedömdes 33 % lida av blyförgiftning (diagnostiserat med hjälp av blyhalt i blod, se kommentar under "mätmetoder"). Samtliga 11 fåglar som hade metallfragment (troligen hagel eller kulfragment) i mag-tarmkanalen dog av blytoxikos inom fyra dagar efter ankomst till kliniken. De flesta av fåglarna som inkom till kliniken med blytoxikos hittades under perioden september till april, vilket utgör jaktsäsongen i Tyskland²². Analyser av 46 tyska havsörnar som insamlats som fallvilt mellan 1978 och 1998 har visat att 20 % av dessa hade letala blykoncentrationer i sina leverar vid dödsfallet⁴². Man har även undersökt blyhalten i lever hos 61 havsörnar som hittas som fallvilt i Tyskland och Österrike mellan 1993 och 2000. 28 % av de döda havsörnarna hade en blykoncentration på över 5 ppm i levern (våtvikt). Två av individerna med letala blyhalter hade blyfragment i muskelmagen. Man gjorde även histopatologiska fynd som degenererade Purkinjeceller i cerebellum och njurskador⁹⁵.

Grönländsk havsörn (*Haliaeetus albicilla groenlandicus*) räknas som en underart till havsörnen (*Haliaeetus albicilla*). Den är större och återfinns på Grönlands sydvästra kust, där omkring 160 par häckar. Under perioden 1997 till 2000 insamlades 12 havsörnar som fallvilt och analyserades. Även i denna studie användes en blyhalt på > 5 ppm som gräns för akut blyförgiftning, och två fåglar (17%) låg väl över denna gräns (36 ppm resp. 26 ppm). Båda fåglarna hade svullna leverar och ett blyhagel återfanns i den ena fågelns muskelmage²¹. Anmärkningsvärt var att blyhagel eller kulfragment återfanns inbäddat i fyra av de 12 fåglarna, vilket tyder på omfattande olaglig jakt.

I Sverige saknas hittills vetenskapligt publicerade studier om blyförgiftning hos havsörn, men nya studier är under publicering som indikerar att blyförgiftning från ammunition är en relativt stor mortalitetsfaktor även hos havsörn i Sverige. Naturhistoriska riksmuseet (NRM) har hittills undersökt 52 havsörnar som inlämnats mellan 2002 och 2007 och av dessa har 7 individer (13,5 %) dött av blyförgiftning (>5 ppm bly våtvikt i levern). En av dessa fåglar hade tre blyhagel i magen och uppvisade kraftiga förgiftningssymptom med svullen lever och förstörad

gallblåsa. Utöver dessa fåglar hade en fågel 4.1 ppm bly i levern, vilket tyder på exponering för blyammunition även om inte gränsvärdet för vad som räknas som letal förgiftning uppnåtts (NRM, opubl. data²⁷). Björn Helander på NRM har även initierat en studie där 118 havsörnar har undersökts med avseende på bly och andra metaller och även resultaten från denna studie kommer att publiceras inom en snar framtid. Undersökningen baserat på detta unika material innebär att blyexponeringssituationen hos svenska havsörnar kommer att vara bland de bäst utredda i Europa.

I en tysk studie av Müller et al.²², fann man att ca 15 % av havsörnarna hade dött av en kombination av blytoxikos och trauma, vilket innebär att det kan leda till en underskattning av antalet fall av blyförgiftning att ställa diagnos och besluta om provtagning enbart utifrån obduktion. Det har även rapporterats att exponering för mycket höga halter bly leder till en snabb död där de vanliga symptomen på blytoxikos inte hinner uppträda (ex: grönfärgad kloak, svullen lever med förstörd gallblåsa, krävaförstoppning etc.).

Kungsörn (*Aquila chrysaetos*)

I en studie från Idaho, USA konstaterades att 5 av 17 kungsörnar som insamlats mellan 1977 och 1987 dött av blyförgiftning. Av dessa hade en fågel ett blyhagel i mag-tarmkanalen, medan en annan hade ett fragment av en kopparmantlad blykula³⁸. I en senare kanadensisk studie mättes blyhalter i lever, njure och ben hos totalt 119 havsörnar och kungsörnar som insamlats mellan 1990 och 1996. Av dessa hade 14 örnar (11.8 %) dödliga halter av bly i lever och njurar. I studien upptäcktes också att korrelationen mellan bly i lever respektive njure och ben var svagare än vad som tidigare rapporterats för andra fågelarter och författarna rekommenderade därför att mäta halter i lever och njure för att diagnostisera blyförgiftning hos örnar⁷⁸. Man har även jämfört prevalensen av blyförgiftning och förhöjda blyhalter hos kungsörn och vithövdad havsörn i Kanada och funnit att den inte skiljer sig åt⁴⁰. Detta trots att man tidigare trott att de vithövdade havsörnarna är mer utsatta för bly än kungsörnar p.g.a. att de i högre utsträckning exponeras för blyhagel genom skjutna sjöfåglar. Blybelastningen hos kungsörnarna förklarades därför av författarna som en effekt av exponering för blyhagel och kulfragment via påskjutna landlevande fåglar och däggdjur i Kanada^{40, 92}. De kungsörnar som hittades döda under jaktsäsongen hade högre blyhalter än de som hittades under icke-jaktsäsong. Av de 127 örnar som hittades mellan 1990 och 1996 hade 12 % akut toxiska blyhalter i blodet.

Mellan år 2000 och 2001 hittades 7 kungsörnar döda eller oförmögna att flyga i de europeiska alperna. Av dessa befanns 2 individer vara blyförgiftade, med halter på 6.7 resp. 59.5 ppm (våtvikt)¹⁰⁸. Även tidigare har fynd av blyförgiftade kungsörnar gjorts i alperna. Under 1999 hittades två blyförgiftade individer som tidigare observerats äta av ett gemskadaver skjutet med kulammunition⁹¹. Eftersom jakt med hagel enligt författarna inte förekommer i någon större utsträckning i detta område anser författarna att förgiftningsfallen orsakats av kulfragment¹⁰⁸.

Vithövdad havsörn (*Haliaeetus leucocephalus*)

Den rovfågelart som kanske är mest undersökt med avseende på bly, är den vithövdade havsörnen som lever på den amerikanska kontinenten. Vithövdade havsörnar äter gärna kadaver och i en studie av Peterson et al. (2001) fann man att alaskakråkor (*Corvus caurinus*) och vithövdad havsörn var de arter som oftast besöker en åtel bestående av andkadaver i USA¹⁰⁹. Av 1429 vithövdade havsörnar som undersöktes i USA mellan 1963 och 1984, var omkring 6 % blyförgiftade³⁴. Mellan 1967 och 1982 undersöktes 650 fåglar, varav 7 % dog av bly-

förgiftning⁶⁴. I Kanada har en studie utförts där blodprover tagits på 103 örnar under åren 1992-1995. Av dessa 103 hade 8 % en blodblyhalt som låg över 0.2 µg/ml, vilket indikerar en exponering för bly. Andelen fåglar med förhöjda blyhalter var också signifikant korrelerat med tid på året, och de flesta fåglarna med förhöjda blodblyhalter provtogs under jaktsäsongen. Däremot kunde ingen korrelation mellan blodblyhalt och fall av röntgenfynd av blypartiklar i mag-tarmkanalen fastställas, vilket enligt författarna kan bero på att fåglarna nyligen svalt eventuella hagel/kulfragment⁶⁹. Fåglarna i studien uppvisade inte kraftigt förhöjda blyhalter i blodet, vilket enligt författarna kunde bero på att haglen/kulfragmenten nyligen svalts. Det är vanligt att blyfragment lösts upp helt innan fågeln dör, så avsaknad av blyhagel i mag-tarmkanalen hos blyförgiftade rovfåglar är inte ovanligt (Caroline Bröjer, pers. komm⁹³). En trolig orsak till detta kan vara att fåglarna slutar äta när blyhalten når toxiska nivåer och detta medför att bly löser ut från hagel eller kulfragment med en högre hastighet.

I en experimentell studie av Hoffman et al., (2001) fann man att blodblyhalten hos vithövdade havsörnarna i fångenskap som exponeras för 10 stycken no. 4 blyhagel steg till 0.8 ppm på 24 timmar. Man såg även en sänkning av ALAD aktiviteten redan inom 24 timmar⁷¹. I den kanadensiska studien nämns inte heller hur många fåglar som påträffats med röntgenfynd av blyfragment i mag-tarmkanalen, och eftersom fåglarna röntgades för att sedan släppas fria kan man inte heller helt säkerställa att röntgenfynden verkligen härrörde från ammunition.

I en amerikansk/kanadensisk studie har man undersökt blyhalterna hos vithövdade havsörnarna i två olika områden, där örnarna lever under mycket skilda betingelser. I ett av de testade områdena, Galloway Bay i Saskatchewan, Kanada, förekom under testperioden en omfattande jakt på sjöfågel med blyhagel, och tillgången på skadeskjutna fåglar bedömdes vara god. Det andra området var Hauser Lake i Montana, USA, där de vithövdade havsörnarna hade god tillgång på lekande lax. Författarna förväntade sig en högre blyhalt i blodet hos populationen i Galloway Bay, men såg ingen signifikant skillnad mellan lokalerna när en korrektion för skillnader i laboratorieanalyserna hade gjorts¹⁸. Totalt undersöktes 103 havsörnarna mellan 1992 och 1995 vid Galloway Bay och 8 % hade förhöjda halter av bly i blodet⁶⁹. Vid Hauser Lake hade 21 % av örnarna förhöjda blyhalter i blodet¹⁸. Författarna föreslår att bl. a. försöksdesignen kan ha influerat resultatet och att örnarnas födoval kanske inte är direkt kopplat till tillgången på fisk och sjöfågel vid de olika lokalerna.

Kalifornisk kondor (*Gymnogyps californianus*)

Den kaliforniska kondoren är den största flygande fågeln som finns i Nordamerika, och dess status som utrotningshotad har gjort den mycket uppmärksam i diskussioner om blyammunitionens effekter på fågelpopulationer. Den kaliforniska kondoren livnär sig främst på kadaver från större däggdjur, men kan även äta så små kadaver från jordekorrar och harar om tillfälle ges. Fåglarna blir sent könsmogna, likt många andra stora fåglar, och den första lyckade häckningen brukar komma först vid åtta års ålder. Reproduktionstakten är mycket låg och beräknas ligga mellan 0.25 och 0.37 unge per könsmogen hona och år. Häckning sker oftast med mer än 2 års mellanrum, även vid lyckade häckningar.

Kondorens långsamma reproduktionstakt kräver att varje fågel lever tillräckligt lång tid för att kunna säkra populationens fortlevnad. Kondorer lever normalt sett mycket länge och fåglar över 40 år har observerats. Tyvärr innebär den långsamma reproduktionstakten att även små förändringar i livslängd kan påverka populationens tillväxt (sammanfattat av Cade, 2007³⁷).

Problemet med blyförgiftning av kondorer uppmärksammades först vid mitten av 80-talet, då en population på 24 individer i ett område i Kalifornien under några år decimerades till 9 fåglar. Fyra döda kondorer hittades och kunde analyseras. Hos tre av dessa fastställdes dödsorsaken till blyförgiftning, baserat på höga halter av bly i lever och njure, samt att två av individerna hade metallfragment i mag-tarmkanalen. Samtidigt jämfördes även blyhalter i blod hos vilda kondorer med kondorer i fångenskap. Resultaten visade att fem av 14 vilda kondorer hade förhöjda blyhalter i blodet, medan inga av kondorerna i fångenskap uppvisade förhöjda halter¹⁰. Författarna drog slutsatsen att kondorerna utsattes för kulfragment från blykulor via kadaver. US Fish and Wildlife Service (USFWS) och California Fish and Game Commission beslutade därför att placera alla kvarvarande kondorer i avelsprogram i fångenskap för att undvika att fler fåglar förgiftades (sammanfattat av Cade 2007³⁷).

Sedan kondorerna placerades i fångenskap har fyra återintroduceringsprogram skapats, varav två i södra Kalifornien, ett i Arizona/Utah och ett i Baja, Kalifornien. Av dessa program är det Arizona som har drabbats hårdast av blyförgiftning av återintroducerade kondorer, med 12-14 fall av blyförgiftning av totalt 88 utplacerade kondorer, vilket gör blyförgiftning till den största mortalitetsfaktorn hos Kalifornisk kondor⁴⁴. Troligen skulle siffran vara högre utan de åtgärder som utförs två gånger per år för att fånga in och behandla blyförgiftade kondorer. Alla kondorer som befunnit sig i vilt tillstånd i över 2 år har blyhalter i blodet som ligger över bakgrundsnivån hos kondorer i fångenskap (satt till 10 µg/dl blod av författaren).

Stöden för att det bly som kondorerna exponeras för härrör från ammunition är att ammunitionfragment återfunnits i mag-tarmkanalen hos 61 % av de fåglar som har dött av blyförgiftning. Man har även observerat att kondorer som varit oförmögna att flyga, haft toxiska blyhalter i blodet i kombination med förlamning av krävan och kraftig avmagring har kunnat räddas med hjälp av kelateringsbehandling, samt kirurgiskt borttagande av blyfragment ur mag-tarmkanalen. Även kondorer som dör av andra orsaker har ofta en historia av förhöjda blyhalter i blodet och har ofta behandlats med kelatering vid flera tillfällen. Man har även sett att slaktavfallet (räntan) från ett hjortdjur ofta innehåller tillräckliga mängder fragmenterat bly för att förgifta flera kondorer⁴⁶.

Church et al., (2006)⁵¹ undersökte mellan år 2002 och 2004 blyisotopkvoten hos 18 frilevande kondorer från Kalifornien, vilket då utgjorde 82 % av populationen i det Kaliforniska reviret och ca 20 % av den totala populationen. Blyisotopkvoten hos kondorerna jämfördes sedan med kondorer i fångenskap, samt blyisotopkvoten hos de vanligast förekommande sorterna av ammunition som används i området. Church och medarbetare fann att isotopkvoten hos kondorer i fångenskap skilde sig signifikant från kvoten hos vilda kondorer, och att dessa även hade högre blodblyhalter (246 ng/ml, SD 229 ng/ml jämfört med 27.7 ng/ml, SD 4.9 ng/ml hos kondorer i fångenskap). Det fanns också en stark inverterad association mellan blyisotopkvot och förhöjda blodblyhalter (Spearman ρ , $p < 0,001$), vilket indikerar att frilevande kondorer exponeras för en blykälla med lägre blyisotopkvot som är skild från bakgrundsnivåerna som återfinns hos kondorer i fångenskap. Författarna undersökte även isotopkvoten i några vanligt förekommande födoämnen för kondorer och fann att isotopkvoten i dessa matchade den hos fåglar som uppvisade bakgrundsnivåer av bly i blodet. 20 av 26 fåglar (77 %) som hade högre blodblyhalter hade däremot en isotopkvot som låg mycket nära den hos ammunitionsbly⁵¹, vilket även observerats för andra fågelarter⁵⁴. Av detta drar författarna slutsatsen att förhöjda blyhalter hos kaliforniska kondorer orsakas av ammunitionsbly⁵¹.

Appendix 3.

Bly i ammunition - en beskrivning av olika ammunitionstyper

Text & Foto: Fredrik Widemo & Niklas Holmqvist, Svenska Jägareförbundet

Bly har använts för att framställa kulor och hagel ända sedan man uppfann eldhandvapen, eftersom metallen både är mjuk och har hög densitet (dvs hög vikt per volym). Bägge dessa egenskaper är viktiga. Projektiler framställda av ett material med hög densitet möjliggör högre anslagsenergi än projektiler i lätta material. Kulor och hagel tillverkade av en mjuk metall formar sig lättare efter loppet i pipan, vilket gör att mindre av krutgaserna som driver dem "smiter förbi". Det krävs dessutom ett lägre tryck för att skjuta en mjuk, än en hård, projektil genom pipan. Samtidigt avges normalt mer av energin när mjuka projektiler träffar målet, eftersom de deformeras istället för att bara slå rakt igenom. Detta borgar för en god skottverkan.

Kulammunition

När man i slutet av 1800-talet övergick från att använda svartkrut till röksvagt krut kunde hastigheten på gevärskulor ökas betydligt, vilket medgav större effektiv räckvidd och högre anslagsenergi. Tidigare hade kulorna ofta bestått av gjutna blykulor; de högre hastigheterna gjorde att man nu tvingades börja innesluta de tunga och mjuka blykulorna i en tunn mantel av en hårdare metall.

Idag används huvudsakligen blykulor med en mantel av tombak, som är en mässingslegering med hög halt av koppar. För jakt på mindre vilt använder man ofta en så kallad "helmantel", där den omslutande manteln är stängd framtill. En sådan kula är framtagen för att passera genom viltet utan att ändra sin form eller falla sönder. För jakt på större vilt krävs det däremot en kula som expanderar, vilket ger en större sårkanal och att mer av kulans energi lämnas i viltet. Därmed får man bättre skottverkan.

Normalt åstadkommer man att en kula expanderar genom att låta manteln som omsluter blykärnan vara öppen framtill, en så kallad "blyspets" eller "halvmantel". Idag tillverkas många olika typer av halvmantlade kulor, där inte alla har synligt bly i spetsen.

Exempel på olika kultyper



Fig. 1. Bilden visar två kultyper innan och efter att de skjutits i en blandning av uppblötta och torra telefonkataloger på nära håll, vilket ger ett realistiskt test av en kulas förmåga att hantera en bogträff på större klövvilt. Kulan till vänster är ickebondad och den till höger är en medelhård bondad kula. Kulorna har från början samma vikt och är expansionskjutna i samma hastighet med .308 Win. Manteln på den vänstra kulan har hållit ihop, men blykärnan har splittrats och delarna (fragmenten) har lossnat från manteln. Restvikten är 44 %. Vid tillverkningen av den högra kulan har blyet förenats med manteln, vilket ger en kontrollerad expansion med betydligt mindre blysplitter. Restvikten är 92 %. I båda fallen är kulorna tillverkade med en aerodynamisk plastspets, som inte deformeras lika lätt som bly. Manteln är dock fortfarande öppen framtill, och därmed är kulorna halvmantlade.



Fig. 2. En ickebondad blykula med mekaniskt blyläs (vänster) och en mjuk bondad kula (höger) skjutna med .308 Win. Det mekaniska blyläset har förhindrat att den vänstra kulan expanderat längre än till läset, som finns innanför den övre synliga "ringen" på kulan. Blykärnan i spetsen av kulan har däremot splittrats, och restvikten är 78 %. Den mjuka bondade kulan till höger har hållit samman väl trots att den expanderat till en stor diameter, och har en restvikt på 96 %.

Skottverkan, expansion och blysplitter

För god skottverkan på större vilt (tex älg) krävs en avvägning mellan stor skottverkan och att kulan håller ihop och når de vitala organen även om kulan träffar ett grovt ben på sin väg genom kroppen. Man vill dessutom få genomslag av kulan, vilket ger snabbare avblödning och ett blodspår som är enklare att följa. En kulas förmåga att nå de vitala organen styrs i stor utsträckning av kulans vikt; för en djup och säker skottverkan är det nödvändigt att en tillräckligt stor del av kulan fortfarande håller samman, även om kulan träffar t.ex. bogblad eller överarmsben på ingångssidan.

Traditionella halvmantlade blykulor, som tillverkas genom att en blykärna delvis innesluts i en slät tombakmantel, expanderar ofta lätt och har därför en snabb och effektiv skottverkan om skottet placeras bakom bogen. Däremot splittras dessa kulor ofta helt eller delvis om de träffar grova ben, och ger då en betydligt mer osäker verkan. För att komma tillrätta med detta problem har en del kulor mekaniska "blylåsar", där ett tjockare veck på manteln håller kvar en del av blykärnan även om kulan träffar ett grovt ben (se Fig. 2). En annan lösning på problemet är att ha två separata blykärnor, där den främre splittras vid träffen medan den bakre är helt innesluten i manteln och tränger in djupt.

Moderna kulor är istället ofta "bondade", vilket innebär att blykärnan kemiskt förenats med manteln. Detta ger en kontrollerad och säker expansion och därmed tillfredsställande skottverkan, samtidigt som man får mycket högre restvikter än för andra kulor av expanderande typ (se Fig. 1 & 2). En bondad kula avger betydligt mindre blyfragment, vilket resulterar i en hög restvikt (se Fig 3). En kula med hög restvikt ger därför mindre köttförstöring, samtidigt som man reducerar det potentiella problemet med sekundär blyförgiftning från räntor och slaktavfall högst betydligt.

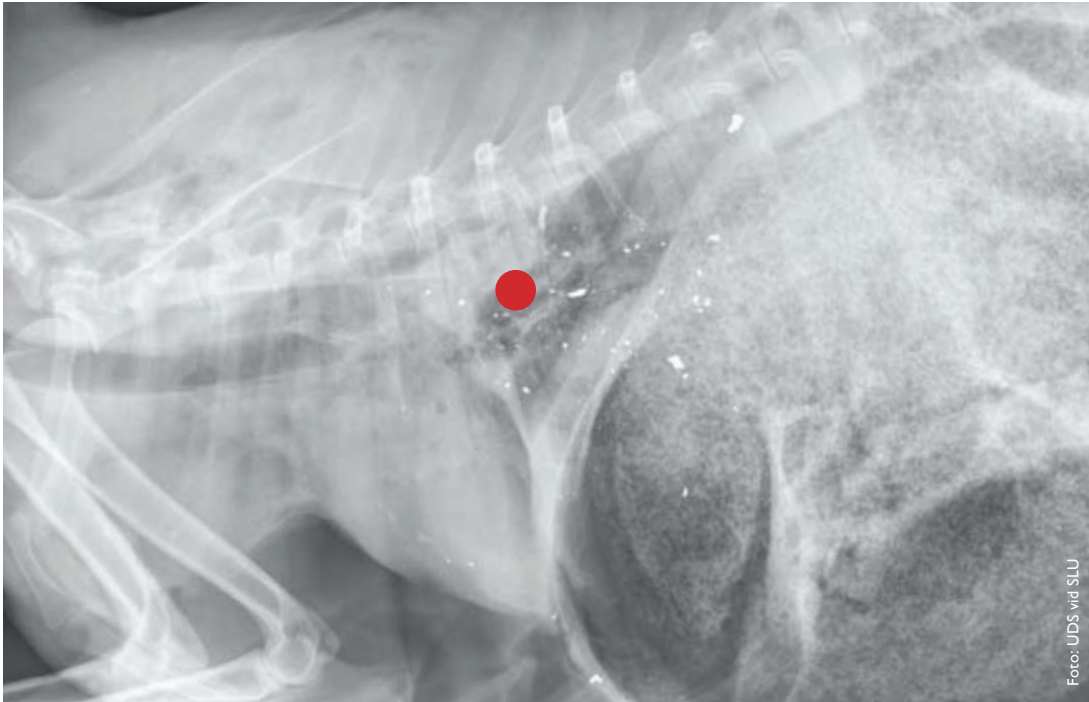


Foto: UDS vid SLU

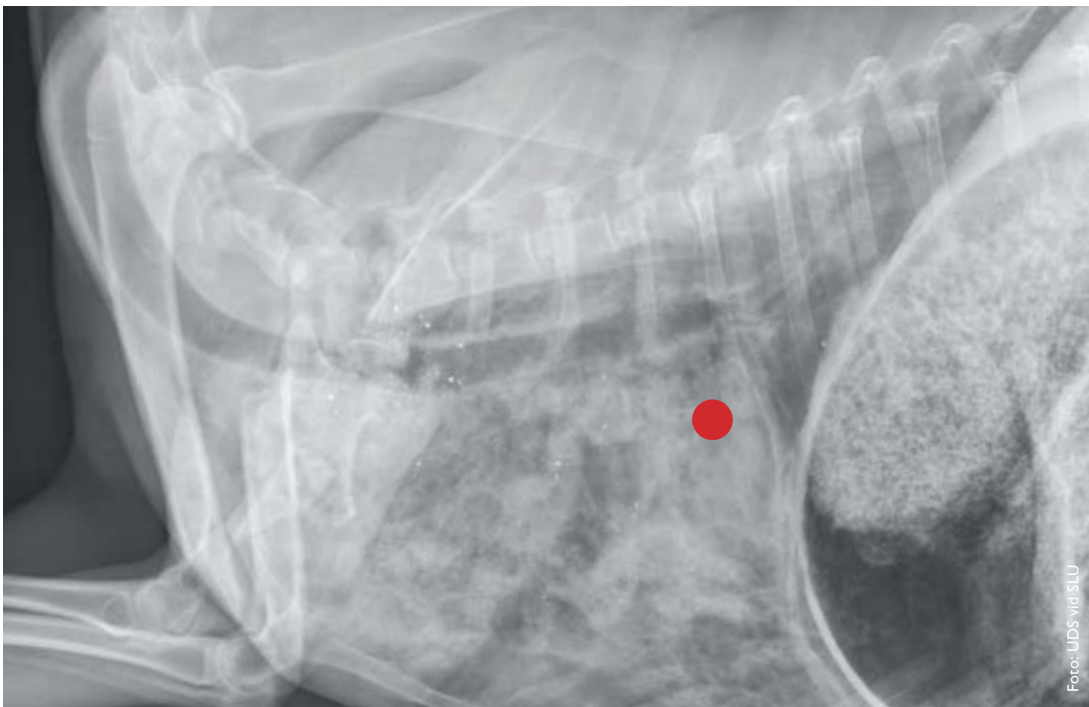


Foto: UDS vid SLU

Fig. 3. Röntgenbilder av rådjur skjutna med olika typer av halvmantlade kulor. Bägge djuren är skjutna med 7x57R på 60 meters avstånd. Det övre rådjuret är skjutet precis bakom bogarna med en traditionell blyspets, med en central lungträff som resultat. Kulan har inte mött något hårdare motstånd än revbenen. Det nedre djuret, som skjutits med en bondad kula stod aningen snett; kulan gick in i bakkanten av höger bog och träffade den nedre centrala delen av lungorna och översta delen av hjärtat. Kulan gick ut snett framåt genom vänster bog, och slog av benet. Mängden splitter skiljer markant till den bondade kulans fördel, trots att den mött betydligt större motstånd. Notera också att huvuddelen av splittret från den bondade kulan återfinns i området runt benet som slagits av. De röda punkterna visar var kulan gått in på höger sida av djuret.

Hagelammunition

Hagelammunition, till skillnad från kulammunition, består av flera mindre projektiler (se fig 4.). Haglen ligger i en hylsa och när skottet avlossas skickas hagelsvärmen iväg av en krutladdning i botten av patronen. Hagel delar kulammunitionens krav på hög anslagsenergi, och att projektilen håller ihop trots att det träffar något hårt som ett ben. Precis som för kulammunition så är bly en mycket lämplig metall att tillverka hagel av, och hagel är än idag ofta gjutna i bly eller blylegeringar. Hagel skjuts i låga hastigheter, och saknar mantel.

Hagelvapnet är anpassat för jakt på vilt som är i rörelse, tex flygande fågel, och för korta skjutavstånd (under 30 meter). Hagelsvärmens diameter växer allt eftersom avståndet från vapnet som avfyra skottet ökar. Detta skapar en större träffbild och möjligheten att träffa ett mål i rörelse ökar. På grund av den låga vikten i varje projektil blir anslagsenergin låg. Detta innebär i praktiken att skjutavståndet aldrig bör överskrida 30 meter för att säkerställa tillräckligt hög anslagsenergi och därmed ett dödligt skott för viltet. Blyhagel är tyngre än hagel tillverkade av andra material; de bibehåller därför sin energi längre, och möjliggör dödande skott på något längre håll än stålhagel. De mjuka blyhaglen ger också ett lägre tryck i vapnet än stålhagel, eftersom det krävs mindre kraft att skjuta ut hagelsvärmen ur pipan.

En hagelsvärm som träffar ett vilt skapar många små sårkanaler, till skillnad från kulammunition som skapar en stor. Blyhagel som träffar ben eller annat hårt material kan bilda splitter eller deformeras. Deformerade hagel, och det splitter som bildas, får en större aktiv yta mot den sura miljön i rovfågels mage. Men även från hela opåverkade hagel kan blyjoner frigöras och tas upp av en rovfågel.

Vid korta skjutavstånd är det vanligt att hagel går genom hela djurkroppen, dvs genomslag. Detta är vanligt även på större djur, som tex rådjur.



Fig. 4. Bilden visar en hagelpatron där blyhagelladdningen tagits ut. Hela laddningen av blyhagel ligger till vänster om patronen på bilden. Till höger om patronen ligger deformerade hagel efter en träff i telefonkataloger. Notera den oregelbundna formen hos de använda haglen vilket tyder på att delar av haglet saknas dvs det har bildats fragment.

Appendix 4.

Svenska Jägareförbundets rekommendationer för att minska rovfåglares exponering för bly

Risken för sjöfåglar att drabbas av blyförgiftning till följd av att de plockar i sig blyhagel är välkänd sedan många år tillbaka. Blyanvändningen vid jakt och skytte har dock minskat kraftigt (med ca. 80%) genom de blyhagelförbud som gäller på våtmarker och vid tränings- och tävlingskytte.

Under senare år har risken för sekundär blyförgiftning hos rovfåglar uppmärksamats. Kunskapen om hur och i vilken omfattning rovfåglar drabbas av blyförgiftning har dock varit mycket bristfällig. För att få fram bästa underlag för en relevant bedömning av problemet, och hur man i så fall ska kunna minska risken för sekundärförgiftning, har Svenska Jägareförbundet anlitat en oberoende forskare för att sammanställa och utvärdera forskningslitteraturen angående sekundär blyförgiftning hos rovfåglar från ammunitionsbly.

Sammanställningen visar att den huvudsakliga blykällan vid sekundär blyförgiftning hos rovfåglar är bly från ammunition. Rovfåglar får i sig bly via födan och den sura miljön i fågelns mage gör att bly lättare faller ut och blir biotillgängligt. Exponeringsvägen för bly i ammunition till rovfåglar är i huvudsak genom slaktavfall (s.k. räntor). Blyförgiftningen orsakas således av direkta blyrester och inte via biologiskt inkorporerat bly, d.v.s. problemet är i första hand inte ev. blyförgiftat byte.

Översikten visar även att det är stora skillnader mellan olika arters blyupptag och känslighet för bly. Vidare visar den samlade litteraturen att när rovfåglar förtär hela djur med hår och fjädrar följer ofta blyrester med spybollen som fågeln stöter upp innan blyet hunnit lösas upp och därmed utgör en risk för djuret. När blyfragment når magen spelar storlek och form på fragmentet stor roll för hur mycket bly som blir biotillgängligt. Desto större aktiv yta mot magsyran, desto mer bly blir biotillgängligt. Tunna och oregelbundna fragment är därmed ett större problem än t.ex. hela blyhagel.

Samtidigt är det stora skillnader i den sekundära exponeringen beroende på vilken typ av kula som används. Expanderade kulor av traditionell typ, som släpper ifrån sig många små fragment i sårkanalen, innebär en större risk än moderna så kallade "bondade" kulor där blykärnan är kemiskt förenad med manteln och blyfragmenten betydligt färre. En hög restvikt hos kulan innebär således mindre risk för sekundär blyförgiftning.

Svenska Jägareförbundet vill, självfallet, minimera risken för sekundär blyförgiftning hos rovfåglar. Samtidigt anser Förbundet att det ur ett djuretiskt perspektiv idag inte finns några fullgoda alternativ till blyammunition i alla jaktliga sammanhang. Jägareförbundet vill mot denna bakgrund framföra följande rekommendationer (se nedan) för att minimera risken för att rovfåglar utsätts för blyförgiftning.

Välj rätt typ av kula

När det är möjligt välj i första hand moderna kulor av ”bondad” typ, vilket kraftigt reducerar mängden blyfragment. De bondade kulorna ger dessutom säkrare funktion och mindre köttförstöring.

Röda organ kvar i djurkroppen

Passas klövvilt i skogen bör man låta de röda organen sitta kvar i djurkroppen och följa med till slaktboden. Härigenom undviker man att de vitala organen, där den absoluta majoriteten hagel och blyfragment sitter, lämnas kvar och förtärs av rovdjur eller asätare. Förfarandet är även att rekommendera för att säkerställa god hygien vid köttanteringen. Om delar av djurkroppen som misstänks innehålla bly lämnas kvar i skogen bör man se till att de i möjligaste mån blir otillgängliga för i första hand rovfåglar.

Hantera slaktavfallet rätt

Organ som uppvisar någon form blodsprängning, eller annan skada från kulor eller hagel, kan antas innehålla bly. Detsamma gäller självfallet kött som skurits bort runt sårkanalen på djur som skjutits med kula. Dessa delar av djuret bör efter slakten tas omhand på ett sätt så att inte rovvilt kommer åt dem.

Genom att följa dessa tre enkla rekommendationer är det Svenska Jägareförbundets bedömning att risken för att rovfåglar utsätts för skadlig exponering från ammunitionsbly kraftigt kan reduceras. Vårt ställningstagande baseras på vår egen expertis inom ekotoxikologi och veterinärmedicin, samt diskussioner med oberoende experter vid Statens veterinärmedicinska anstalt och Naturhistoriska riksmuseet.



Svenska Jägareförbundet

Viltforum är en rapportserie från Svenska Jägareförbundet. Innehållet behöver inte spegla Svenska Jägareförbundets uppfattning eller inställning. Rapporterna tar upp särskilt intressanta frågor eller områden som brett har anknytning till jakt- eller viltvårdsrelaterade frågor.

Titel: Bly från ammunition som förgiftningsrisk hos rovfåglar - en kunskapsöversikt

Författare: Jeanette Axelsson, Uppsala Universitet.

Url: www.jagareforbundet.se/viltforum

Utgivningsdatum: februari 2009

Redaktör: Niklas Holmqvist

Citeras som: Axelsson J. 2009. Bly från ammunition som förgiftningsrisk hos rovfåglar - en kunskapsöversikt. Svenska Jägareförbundet. Viltforum 1/2009.

Sammanfattning: Metallen bly, med sina unika egenskaper, har länge använts för tillverkning av ammunition. Bly är också en giftig tungmetall och blyförgiftning har rapporterats hos både växter och djur. Denna rapport innehåller en kunskapsöversikt över blyförgiftning hos rovfåglar som ätit av skjutet vilt och därmed utsätts från bly från ammunition (s.k. sekundär blyförgiftning). Kunskapsöversikten bygger på den samlade vetenskapliga litteraturen och kontakter med myndigheter och forskare i Sverige. Majoriteten av de vetenskapliga studierna är gjorda i USA och Kanada men även studier gjorda i Europa presenteras. Många faktorer påverkar hur stor risken är för rovfåglar att bli förgiftade av ammunitionsbly. Från Sverige finns material som visar att havsörn och kungsörn utsätts för sekundär blyförgiftning genom att dessa arter får i sig bly från ammunition. I rapportens appendix finns en beskrivning av olika ammunitionstyper och Svenska Jägareförbundets rekommendationer för att undvika att ammunitionsbly når rovfåglar.

Nyckelord: Sekundär blyförgiftning, Rovfåglar, Jakt, Ammunition, Blyfragment, Hagelammunition, Kulammunition.

Layout: ellie.se

Omslagsfoto: Anders Broby, Stefan Lindell samt Magnus Nyman

ISBN: 978-91-88660-18-3

Rapporten kan beställas: Viltforum, Svenska Jägareförbundet, Öster Malma, 611 91 Nyköping