



UPPSALA
UNIVERSITET

Påverkan på valar av ljudförroreningar från mänskliga aktiviteter

Pernilla Vesterberg

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

Påverkan på valar av ljudföroreningar från mänskliga aktiviteter

Pernilla Vesterberg

Självständigt arbete i biologi 2016

Sammandrag

Mänskliga aktiviteter som till exempel båt- och fartygstrafik orsakar höga ljudnivåer i haven. Valar är djur som drabbas extra hårt av detta på grund av att de förlitar sig på ljud vid sociala aktiviteter, sök efter föda samt navigering i vattnet. Förutom motorljud från båtar kommer ljudföroreningar även från sonar från exempelvis ubåtar och även seismiska undersökningar av havsbotten. Syftet med denna uppsats är att ta reda på hur valar drabbas av ljudföroreningar både kort- och långsiktigt och även vilka mekanismer de har för att klara av höga ljudnivåer. Valar kan drabbas av ljudföroreningar på många olika sätt men ett av de största problemen är att deras läten ”göms” bakom höga bakgrundsljud vilket leder till att de tvingas kommunicera och söka föda över kortare avstånd. Ljudföroreningar kan även leda till förändrade läten. I flera studier har det observerats att olika valarter kan ändra frekvens, amplitud eller timing på sina läten för att kompensera för höga bakgrundsljud. Studier har även visat att både kommersiella båtar och valsafaribåtar leder till undvikandebeteenden hos valarna. Undvikande av båtar innebär oftast att valar simmar i en oregelbunden riktning men kan även vara att de dyker längre eller simmar snabbare. I en annan studie hittades en signifikant minskning av tiden späckhuggare sökte föda och även av tiden de spenderar med att gnugga sig mot sand. Dessa beteendeförändringar har troligtvis energimässiga kostnader som långsiktigt kan påverka individens överlevnad. Ljudföroreningar kan även leda till fysiologiska förändringar. Förhöjda nivåer stresshormon har hittats hos valar och detta har hos andra djur lett till ett försämrat immunförsvar. Ljudföroreningar är troligtvis inte det största enskilda hotet mot valar men då många valpopulationer idag är hotade (mestadels på grund av den tidigare intensiva valjakten) är det av yttersta vikt att detta ämne forskas djupare i. Ljudföroreningars påverkan på marina däggdjur är fortfarande ett nytt och relativt okänt då mycket lite forskning gjorts på långsiktiga effekter. Några förslag på åtgärder som skulle kunna förbättra valarnas situation är tystare motorer, införande av ljudfria reservat och striktare regler på valsafaribåtar.

Inledning

Valar är en av de marina djurgrupper som använder ljudsignaler mest och de har på ett sofistikerat sätt utvecklat metoder för att använda ljud för social kommunikation, navigering och födosökning (Hermannsen *et al.* 2014). Eftersom ljud färdas bra i vatten har de även möjlighet att kommunicera över långa avstånd (Miller 2006). Den drastiskt ökande populationen av människor har inneburit många konflikter mellan naturen och civilisationen och historiskt sett har relationen mellan valar och människor varit dålig. Den intensiva valjakt som pågick under 1800- och 1900-talet var nära att utrota flera valarter som till exempel blåvalar, nordkapare och knölvalar (Kraus *et al.* 2005, Constantine *et al.* 2012) men sedan valjakt förbjöds har nya hot uppstått. Idag är några av hoten mot valar habitatfragmentering, föroreningar, illegal jakt, oljeutsläpp, klimatförändringar, kollision med båtar och att de fastnar i fiskeutrustning (Robbins *et al.* 2015, Rolland *et al.* 2016). Ett ytterligare hot mot valar som relativt nyligen uppmärksammats är ljudföroreningar som orsakas av människor.

Majoriteten av de mänskliga aktiviteter som utförs i världens hav skapar ljudföroreningar antingen direkt (motorljud eller sonar) eller indirekt (bubblor som skapas av propellrar). Olje- och naturgasbolag, fiskebåtar och ubåtar använder seismiska undersökningar eller sonar som utnyttjar ljudimpulser för att undersöka havsbottens egenskaper (Parks *et al.* 2007). Båt- och fartygstrafik över hela världen ökar i snabb takt och förväntas att stiga i framtiden och anses

vara den största källan till lågfrekventa ljudföroreningar i haven (Hildebrand 2009). Fartygstrafiken över jordklotet är ojämnt fördelat med en högre andel båttrafik på det norra halvklottet. Ljud i hav och vattendrag som orsakas av båttrafik har under den senaste tiden uppmärksammats för de effekter det har på det marina djurlivet (Wang & Corbett 2005).

Valar kan kommunicera över mycket långa avstånd i vatten och i tysta förhållanden har det uppmätts att späckhuggare kan producera ljud som hörs 25 km (Miller 2006). Antropogena ljud i haven sänder ut både låg- och högfrekventa ljud och båda frekvenserna kan vara skadliga för valar då mindre tandvalar i högre utsträckning kommunicerar via högfrekventa läten medan bardvalar kommunicerar i en lägre frekvens. Tidigare har man trott att det bara är tandvalarna som använder sig av ljud för att söka föda och att bardvalarna endast använder ljud för social kommunikation men nu tyder mycket på att även bardvalar använder sig av ljud för att lokalisera sin föda (Simon *et al.* 2010). De typer av ljud som påverkar valar och andra djur negativt är främst lågfrekventa ljud av båtar som pågår under en längre tid (så kallad *Cronic ocean noise condition*) (Rolland *et al.* 2012) men också ljud med hög frekvens eller amplitud från exempelvis sonar eller seismiska undersökningar. Ljudföroreningarnas negativa påverkan på valar kan vara både fysiska skador och beteendeförändringar (Jepson *et al.* 2003, Popper *et al.* 2005).

Denna uppsats kommer att ta upp på vilka sätt valar påverkas av mänskligt orsakade ljudföroreningar. Mer specifikt kommer uppsatsen beröra vad högre ljudnivåer ger för konsekvenser både kort- och långsiktigt på individ- och populationsnivå. I uppsatsen kommer även vilka typer av mekanismer valar använder sig av för att överkomma problemen med ljudföroreningar undersökas.

Naturliga orsaker till högre ljudnivåer

Eftersom ljud färdas snabbare genom vatten än i luft har många marina däggdjur utvecklat en kommunikationsstrategi som bygger på ljud. Utöver ljud som skapas av människor förekommer det varierande ljudnivåer i havet som exempelvis orsakas av vind (ljudet skapas då när vågor som slår) (Dunlop 2016). För att naturliga bakgrundsljud inte ska försvåra hur väl valarnas läten färdas har de utvecklat olika kortsiktiga metoder för att ändå kunna höra varandra. Studier på valar har visat att de både kan öka ljudstyrkan på sina vokaliseringar och även förändra frekvensen som de kommunicerar på vid ökade bakgrundsljud orsakade av exempelvis vind (Holt *et al.* 2011, Parks *et al.* 2012). Många arter har även förmågan att öka längden på sina vokala ljud, vänta med lätet tills störande ljud försvunnit eller genom att upprepa samma ljud flera gånger (Parks *et al.* 2011). Trots att en modifiering av lätet tycks vara enkelt kommer det inte utan en kostnad: de eventuella bieffekterna kan vara att innehållet i lätet ändras, att det kostar mer energimässigt eller att djuret lättare blir upptäckt av predatorer (Patricelli & Blickley 2006).

Olika ljudkällor ger olika reaktioner

Knölvalar (*Megaptera novaeangliae*) är stora bardvalar som är kända för sin sång och sina hopp ovanför ytan. Sedan den intensiva valjakten slutade (som varade 1904-1980) har populationen av knölvalar långsamt återhämtat sig men tros idag endast vara 25% av den ursprungliga populationen (Constantine *et al.* 2012). Knölvalar kan kommunicera med ljud på olika sätt. Dels är det via vokala ljud men också via icke-vokala som innebär att de slår vattenytan med sina bröstfenor, stjärtfenor eller med hela kroppen (Silber 1986). Studier på detta har visat att vid en ökad vindstyrka byter knölvalar från vokala till mer icke-vokala ljud. Detta tror forskare är ett försök till att underlätta kommunikationen då icke-vokala ljud producerar ljud i en annorlunda frekvens än de vokala (Dunlop *et al.* 2010).

De icke-vokala ljuden är viktiga för valarna då de skapar höga smällar som används för att hålla kontakt med flocken eller andra valgrupper (Clark 1990). De vokala ljuden som knölvalar använder har en låg frekvens och en mängd sociala funktioner som troligtvis används för att signalera kön, plats, art eller rang. Knölvalshannar är även kända för att sjunga långa melodier vilket tros ha en stor betydelse under parningstider. Detta innebär att båda sorters ljud är viktiga för kommunikation inom och mellan valflockar. Eftersom att knölvalar ofta förflyttar sig mellan olika grupper är kommunikationen av stor vikt för flockarnas samhörighet (Dunlop *et al.* 2008).

I en studie av Dunlop (2016) jämfördes knölvalars reaktion på en högre vindstyrka jämfört med högre båt ljud och då upptäcktes att valarnas reaktion skiljde sig åt beroende på ljudkällan. Resultatet visade att knölvalarna förändrade sitt beteende när vindstyrkan ökade men när båt ljuden istället ökade fanns det ingen signifikant skillnad i beteende. Om vindstyrkan ökades ändrade valarna från att huvudsakligen kommunicera vokalt via sång och rop till icke-vokal kommunikation och de ljud som fortfarande var vokala ökade i ljudstyrka. När båt ljuden ökade dominerade däremot fortfarande den vokala kommunikationen och ingen förändring i ljudstyrka skedde. Forskare föreslår att trots att frekvenserna för de två olika ljudkällorna ligger inom samma frekvensspann så har valarna endast utvecklat en strategi att överkomma den naturliga ljudstörningen. Detta beror troligtvis på att ljud som skapas av vind har funnits lika länge som valarna själva och att detta är resultatet av en anpassning till ett liv i havet. Eftersom antropogena ljud evolutionärt sett endast har funnits under en kort period har valar inte evoluerat något sätt att överrösta dem. Detta resultat pekar mot att en ökning av antropogena ljud kan ge allvarliga konsekvenser för knölvalspopulationer då deras egna ljud riskerar att maskeras av bakgrundsljudet. Det går därför inte att anta att knölvalars anpassningar till högre vindstyrkor även fungerar vid antropogena ljud (Dunlop 2016).

Ljudmaskering

Ljudmaskering är ett alltmer uppmärksammat problem som båttrafik och andra mänskliga aktiviteter medför och är troligtvis den allvarligaste konsekvensen av ljudföroreningar (Southall *et al.* 2007). Ljudmaskering betyder att ljud från båtar etc. ligger i samma frekvens som ett djurs läten och innebär en minskad förmåga hos dem att uppfatta artfränders ljud. Det finns ett stort problem med att studera effekten av ljudmaskering hos vilda djur och det beror på att effekten av ljudmaskering oftast leder till en frånvaro av beteenden vilket gör att det är mycket svårt att identifiera när det verkligen sker. Frånvaron av beteende beror då på att djuret inte hör ordentligt och därför inte kan respondera på det (Hermannsen *et al.* 2014). Trots svårigheterna är det viktigt att mer forskning görs på ämnet då ljudmaskering kan påverka populationer om de läten som döljs av bakgrundsljudet är nödvändiga för artens överlevnad (om det till exempel används i sexuella beteenden) (Leonard *et al.* 2012). Valar är extra känsliga för ljudmaskering då de, om de inte kan höra ordentligt, riskerar att inte upptäcka predatorer i tid och även får svårigheter att lokalisera föda. Ett annat problem med ljudmaskering är att kalvar och mammor får svårare att höra varandra vilket kan vara förödande för små kalvar. Undersökningar som gjorts på tumlares (*Phocoena phocoena*) signalavstånd har visat att vid ett bakgrundsljud på 40 dB minskar anståndet som kon och kalven kan kommunicera över från 500 meter till endast 40 meter (Hermannsen *et al.* 2014).

I många vatten utsätts valar för ljudföroreningar regelbundet så även om den individuella reaktionen är liten kan en långsiktig påverkan allvarligt skada populationen. Om valar måste spendera mer tid på att undvika fartyg för att höra ordentligt kommer detta leda till en energiförlust som kan vara svår att kompensera med tanke på att ljudmaskering även gör det svårare för dem att hitta födan (Hermannsen *et al.* 2014). Studier gjorda på späckhuggare (*Orcinus orca*) har visat att även de drabbas av ljudmaskering. Störningsljud gör att speciellt

de lägre frekvenserna i deras läten döljs. Dessa frekvenser används när späckhuggare söker efter föda så effekten av maskering blir att de tvingas söka föda över kortare avstånd (Bain & Dahlheim 1994).

Exempel på studier

De flesta studier har gjorts på effekten av lågfrekventa ljud på valar då dessa frekvenser färdas längre i vatten. Dock så har nyligen gjorda studier hittat effekter på vanlig tumlare av högfrekventa ljud. Vanlig tumlare är en av de minsta tandvalarna och de kommunicerar i en hög frekvens. Studier har visat att stora fartyg och båtar förutom lågfrekventa ljud även sänder ut högfrekventa ljudvågor som överlappar frekvenserna där tumlarens hörsel är som känsligast. De har även hittats beteendeförändringar som till exempel undvikande när de utsatts för olika typer av högfrekventa ljudstörningar. Denna studie pekar på att även högfrekventa ljud är skadliga och särskilt för tandvalar som kommunicerar i höga frekvenser (Hermannsen *et al.* 2014).

Williams *et al.* (2014) genomförde en studie på tre hotade valarter (fenval, knölval och späckhuggare) där de undersökte hur bakgrundsljud påverkar den area de kan kommunicera med varandra över. Resultatet var alarmerande då de fastslog att både knölvalar och späckhuggare förlorar 94% respektive 97% av deras ljudarea på grund av de högsta bakgrundsljuden som uppmättes i deras habitat (ljudarea innebär den tvådimensionella yta över vilken de kan kommunicera med varandra). Minskningen av ljudarean ökade även med avståndet som valarna kommunicerade över. Många habitat som är viktiga för späckhuggare är också tungt trafikerade av fartyg och ljuden de sänder ut ligger i samma frekvens som de sociala kommunikationsljuden som späckhuggare använder (Williams *et al.* 2014b).

Förändrade läten

Rätvalar (genus *Eubalaena*) är bardvalar med en lång livslängd då de kan bli minst 65 år gamla (Hamilton *et al.* 1998). Rätvalar är uppdelade i två reproduktivt isolerade populationer: Nordkapare (*Eubalaena glacialis*) och sydkapare (*Eubalaena australis*) (Parks *et al.* 2007). Rätvalar var en av de populäraste valarna att jaga under 1900-talet och antalet rätvalar sjönk kraftigt. Sedan valfångsten förbjöds har rätvalar på det södra halvklotet återhämtat sig medan de på norra halvklotet fortfarande är starkt utrotningshotade (Kraus *et al.* 2005). Rätvalar använder precis som andra bardvalar låga frekvenser för att kommunicera och de vanligaste lätena är kontaktrop (mellan individer eller grupper) och parningsrop. Studier på rätvalars respons på antropogena ljud visar ett positivt samband mellan en högre amplitud på rätvalars läten och ett högre bakgrundsljud. Trots att detta samband endast visar en kortsiktig respons till medelhöga ljudföreningar innebär det troligtvis en högre energikostnad för rätvalarna om det pågår under en längre tid (Parks *et al.* 2011).

En annan studie på rätvalar fann att de ändrade sin frekvens på lätena och att de även minskade intervallen på deras sociala kontaktrop vid högre ljudnivåer. Att minska intervallen på lätena kan vara ett sätt att spara energi då en förändring i frekvens eller amplitud troligtvis är energikrävande. Det skulle också kunna bero på att de väntar med verbal kommunikation tills det blir en tillfällig paus i båtjuden. Det har även upptäckts att nordkapare sjunger i en högre frekvens än sydkapare och detta tros bero på den större andelen båttrafik på norra halvklotet (Parks *et al.* 2007). Rätvalar kan troligtvis inte kompensera för hur mycket bakgrundsljud som helst utan har en fysisk begränsning på hur mycket de kan modifiera sina läten. Forskning saknas på hur de i framtiden kommer att påverkas av en höjning av ljudnivåer och det är oklart vart gränsen går. Att förändra amplituden i lätet är troligen en kortsiktig lösning på ljudmaskeringsproblemet medan en skiftning i frekvens troligtvis är en gradvis förändring som sker över längre tid. Precis som för knölvalarna är de sociala lätena

mycket viktiga för rätvalar och om ljudmaskeringen ökar med en ökad båttrafik kommer detta medföra negativa effekter på rätvalarnas överlevnad och reproduktion (Parks *et al.* 2011). En förhöjd ljudförorening på norra halvklotet skulle försätta nordkapare för stora påfrestningar då populationen redan är hotad. På grund av det låga populationsantalet har nordkaparna svårt att lokalisera varandra även utan störande bakgrundsljud (Parks *et al.* 2007).

Seismiska undersökningar är en annan mänsklig aktivitet som producerar ljud i haven. Denna metod utnyttjar ljudvågor för att undersöka havsbotten efter olja eller naturgas. (Bellefleur *et al.* 2006) Forskning som gjorts på blåvalars kommunikation visar att de vokaliserar mer i närvaro av seismiska undersökningar. Detta tros vara en kompensationsreaktion hos djuren för att öka chanserna att artfränder ska uppfatta deras läten (Di Iorio & Clark 2010). Responsen att förhindra ljudmaskering genom förändringar i läten finns troligtvis inte hos alla valarter då det saknas studier som hittat denna respons hos exempelvis späckhuggare (Williams *et al.* 2014a).

Minskad födoaktivitet

Genom att studera hur ljudföroreningar påverkar tiden valar lägger på olika aktiviteter kan de energimässiga kostnaderna och därmed den långsiktiga påverkan på individ eller populationsnivå lättare upptäckas. När späckhuggares tidsfördelning av olika aktiviteter mättes upptäcktes att späckhuggarna la 3 % mindre tid på födosök vid en närvaro av båtar. Chansen att de initierade födosök minskade också när båtar fanns i närheten. Den population av vilda späckhuggare som studerades tillbringade mycket tid med att gnugga sig mot en viss typ av strand men när det fanns båtar i området minskades tiden spenderad på denna aktivitet från 17% till 3%. Späckhuggarna spenderade även 13% mer tid på att förflytta sig när de fanns båtar i området vilket tyder på att undvikandetaktiker har en energimässig kostnad (Williams *et al.* 2006, Williams *et al.* 2002). Dock så visade resultatet att netto-energiförbrukningen inte skiljde sig signifikant från när båtar saknades vilket kan tyda på att späckhuggarna kan ha förmågan att omfördela energiresurserna och att det inte behöver leda till negativa konsekvenser (Williams *et al.* 2006). En studie som gjordes åtta år senare på späckhuggaren respons på fartygsljud hittade dock inte lika tydliga resultat. I denna studie användes en reaktionsskala från noll till fem där noll innebar inga beteendeförändringar medan fem innebar kraftiga förändringar. Resultatet visade då endast en liten påverkan på valarnas beteende (två till fyra på skalan) trots att de befann sig i ett område med tung båttrafik. Forskarna anser att dessa förändringar kunde förklaras på grund av en kombinerad effekt av tidpunkten på året, valarnas ålder, antalet båtar samt det ljud som späckhuggarna uppfattade (Williams *et al.* 2014).

Valsafari

Späckhuggare har ett brett utbredningsområde och observeras ofta vid valsafari. Trots att de inte har drabbats av 1800- och 1900-talens intensiva valjakt i samma utsträckning som många andra valar står den inför hot som habitatdegradering, oljespill, trakasserier och konflikter med människor (Higdon & Ferguson 2009). Idag är späckhuggaren en viktig del i valsafariindustrin. Det finns stora ekonomiska vinster i denna industri och populariteten ökar hela tiden. Att människor får se dessa djur och få naturupplevelser kan öka medvetenheten och villigheten att rädda djur som späckhuggare och andra valar. Dock är den nya populariteten inte bara fördelaktigt för späckhuggarna då forskare börjar bli oroliga för att valsafari även kan ha en negativ påverkan på dem. Det är viktigt att hanteringen av valsafaribåtar sköts på rätt sätt för att den ekonomiska vinsten inte ska ske på valarnas

bekostnad. Valsafari skiljer sig från industri- och nöjesbåtar i det avseendet att de följer efter valarna och dessutom försöker hålla ett så litet anstånd som möjligt till dem utan att överskrida de avståndsregler som är uppsatta (ofta 100 meter från valarna) (Williams *et al.* 2002).

I en studie som gjordes på en späckhuggarpopulation i British Columbia upptäcktes fler beteendeförändringar kopplade till närvaro av valsafaribåtar. Dessa förändringar liknar de hos andra valar och innebär oftast undvikandebeteenden. Det fanns en viss skillnad i hur honor och hanar reagerade (honorna ökade takten mer) när en valsafaribåt närmade sig men gemensamt var att de rörde sig i en mer oförutsägbar riktning (så kallat horisontellt undvikande). Dessa resultat visade att det räckte med närvaro av en båt för att inducera beteendeförändringar (Williams *et al.* 2002).

Att undvika ett objekt genom att röra sig i en oförutsägbar riktning och/eller färdas i en ökad hastighet påminner om hur bytesdjur undviker predatorer vilket tyder på att valen ser båten som ett hot. Huruvida det var ljudet från båten eller någon annan faktor testades inte i detta experiment men faktum kvarstår att även enstaka båtar kan ha en påverkan på späckhuggare. En intressant detalj i studien var att det horisontella undvikandet minskade i närvaro av många båtar. Williams *et al.* (2002) föreslår att då en beteendeförändring som undvikande är energikrävande så gör djuret troligen en trade-off mellan att undvika båtar och att spara energi. När det finns många båtar kan ett undvikande från en båt föra valen närmare en annan båt och då är det troligtvis inte värt energikostnaden längre (Williams *et al.* 2002).

De flesta studier som rör effekten av val-safari har rört tandvalar och mycket få studier har gjorts på bardvalar. Ett experiment som utfördes på knölvalar har visat att de till 80% har ett förändrat beteende vid närvaro av valsafari-båtar. Beteendeförändringarna kunde då vara omvägar (förändrad simriktning), förändringar i hastighet och en del individer förändrade även sin dyktid och undvek båtarna vertikalt istället. Den vanligaste reaktionen var ett horisontellt undvikande och detta tros vara mest förekommande då det är det mest energisnåla alternativet. Studien visade att den närmaste gränsen till valen båten behövde komma för att orsaka beteendeförändringar var 335 meter vilket skiljer sig från den rekommenderade avståndet på 100 meter. Troligtvis är diande valhonor den största riskgruppen eftersom de troligen inte kan kompensera för energiförlusten (som ett undvikande av båtar innebär) utan att det leder till en påverkan på mjölkproduktionen. I denna studie mättes inte ljudintensiteten utan endast närvaro av båtar så det går inte att säga säkert att det endast var ljudet som orsakade beteendeförändringarna. Studien är också endast kortsiktig och fler studier behöver göras på hur populationen påverkas långsiktigt sett (Schaffar *et al.* 2013).

Olika metoder

De studier som har exemplifierats ovan har använt olika metoder för att kunna mäta både omfattningen av ljudföroreningarna och valarnas responser på dem. I de fall där ljud från valarna och från båtarna har spelats in har i de flesta fall en hydrofon (apparat för ljudinspelning under vatten) använts. Därefter är det möjligt att med hjälp av datorprogram urskilja frekvenser på valarnas läten och även mäta omfattningen och frekvens på bakgrundsljuden (Parks *et al.* 2007, Dunlop 2016). I en del av studierna har de därefter delat upp informationen i en skala beroende på hur mycket bakgrundsljud som har uppmätts (Hermannsen *et al.* 2014). I flera av studierna har observationer av valarnas rörelsemönster gjorts från land för att inte forskningsgrupperna själva ska bidra till båtljud. I dessa fall har de använt sig av en teodolit som är ett mätinstrument som används för att mäta vinklar. Teodoliten används då för att mäta till exempel hur valarna rör sig horisontellt och gör det

möjligt att se om valarna får en signifikant förändring av simriktningen (Williams et al 2014, Dunlop 2016). De individer som studerades valdes ut slumpmässigt men med krav på att de hade ett utseende som var enkelt att känna igen vilket gör att det inte blir 100% representativt statistiskt sett. Sedan valde forskarna i två av studierna att endast studera valarnas beteende när de sökte efter föda. Detta gjordes både för att undvika att olika typer av aktiviteter påverkar deras rörelsemönster och därmed resultatet men även för att flocken då rörde sig i en gemensam riktning vilket underlättade observationerna (Williams et al. 2002 & 2014).

Problematik med denna typ av studier

Att göra studier på valar med statistiskt hållbara resultat är mycket svårt då det finns många yttre faktorer som kan variera. Eftersom valar är stora djur är det nästintill omöjligt att kartlägga deras rörelsemönster och beteende när de befinner sig på djupt vatten. Dessutom är det logistiskt sett väldigt svårt att mäta hur långa avstånd valar kommunicerar över (Williams *et al.* 2014). I de flesta studier är stickprovsstorleken liten och detta beror troligtvis dels på att valar är sällsynta djur och dels för att det krävs större resurser för att få tillräckligt stora stickprov jämfört med landdjur. Att göra experiment på valar där miljöfaktorer och andra variabler kan kontrolleras är omöjligt eftersom de bara kan studeras i sin naturliga miljö. Då det finns många miljöfaktorer som inte går att ta hänsyn till och en del av studierna även är gjorda retroaktivt medför detta att experimenten kan ha utförts med varierande metod (Rolland *et al.* 2012). Eftersom att studier på antropogena ljud är nya plus att mycket lite data om valar i allmänhet finns att tillgå saknas en tillräcklig baslinje. Utan en bra baslinje är det svårt att dra slutsatser om förändringar som sker över tid. Gemensamt för många av de studier som gjorts är att de flesta är kortsiktiga men betonar vikten av att fler långsiktiga studier görs (Parks *et al.* 2007).

Studier som gjorts på ämnet har studerat förändringar i beteende och därefter dragit slutsatsen om djuret påverkas eller inte. Det finns dock en viss problematik i denna typ av experimentuppställning. Att uppskatta hur mycket en art påverkas av mänsklig störning genom att titta på hur mycket den förändrar sitt beteende kan vara en missvisande metod. Det kan vara så att den art som är mest känslig har en för liten energibudget för att undvika störningen och därför inte visar någon reaktion (Beale & Monaghan 2004).

Åtgärder

Ljutföroreningar skiljer sig från andra typer av föroreningar dels på grund av att det är lättare att kvantifiera samt att om ljudkällan tas bort försvinner föroreningen samtidigt. Detta betyder dock inte att organismerna som drabbats återhämtar sig så fort ljutföroreningarna försvinner. Ett exempel på en långvarig effekt var när späckhuggare försvann från ett habitat när ljud som var menade för att skrämja bort sälar från fiskenät introducerades. Trots att det hade gått tio år sedan denna lösning togs bort återvände aldrig späckhuggarna till området vilket visar att ljutföroreningar, även efter att de försvunnit, kan påverka populationer i lång tid efteråt (Williams *et al.* 2014a). Eftersom att högfrekventa ljud absorberas i högre utsträckning har mindre forskning gjorts på dess effekter på marina däggdjur men eftersom många tandvalar hör och använder sig av högfrekventa ljud är det relevant att även inkludera dessa när man bedömer ljutföroreningar. Därför är det bättre att studera på artnivå när åtgärder ska utföras och inte gruppera ihop alla valarter eftersom de (tandvalar och bardvalar) kommunicerar på olika frekvenser (Hermannsen *et al.* 2014).

När det gäller förvaltning av antropogena ljud finns det olika tillvägagångssätt att se på problemet. Vissa myndigheter anser att all typ av ljutföroreningar bör tas in i beräkningen oavsett vilka arter som kan drabbas medan andra tycker att man först ska titta på hur en viss art drabbas och därefter bestämma vilka åtgärder som ska göras. Idag är det är upp till varje

enskilt land att bestämma huruvida de anser att ljudföroreningar är ett problem eller inte (Moore *et al.* 2012). Att olika länder har olika syn på denna typ av förorening medför ett problem då de flesta populationer av valar har ett utbredningsområde som sträcker sig längs flera länders kustlinje. Ett exempel är två populationer av späckhuggare som lever längs både Kanadas och USAs kust där Kanadas lagstiftning skyddar valarna mot en viss ljudnivå medan USA inte räknar antropogent ljud som ett hot och därför saknar både reglering och åtgärder (Williams *et al.* 2014c).

När det gäller vilka områden som ska skyddas eller inte är det praktiskt enklare att skydda områden som fortfarande är tysta än att försöka få områden med högt bakgrundsljud att bli tystare. Detta innebär att identifiering av viktiga habitat måste ske så fort så möjligt. För att människor ska bli tillräckligt motiverade att aktivt försöka minska ljudföroreningar kan det behöva införas någon typ av kostnad för att orsaka ljud i haven. Annars finns det risk att motiven inte är tillräckligt starka för att någon åtgärd ska utföras (Williams *et al.* 2014a). Det finns även ett behov av forskning som visar på hur allvarliga valars beteendeförändringar behöver vara för att förvaltningsåtgärder ska göras (Williams *et al.* 2014b).

Långsiktiga effekter

Habituering

När det gäller valturism finns det en möjlighet att valarna utvecklar habituering (Williams *et al.* 2002). Habituering innebär att ett djur kan vänja sig vid ett stimuli ju mer det utsätts för det. Detta har observerats hos en mängd olika djur som utsatts för mycket turism och efter en tid slutat reagera på det (Johns 1996). Efter snart två årtionden av kommersiell valsafari på späckhuggare har det observerats att deras reaktion på båtarna har minskat över tid. Förutom habituering finns det andra anledningar till varför beteendeförändringar på grund av båtar och båt ljud kan minska långsiktigt sett. Det är energimässigt krävande för valarna att simma snabbare och att simma i omvägar och pågår detta över lång tid kanske den energimässiga kostnaden bli för stor. Eftersom att valsafariindustrin och båtar kraftigt ökar så skulle troligtvis valarnas överlevnad försämrats om dessa unvikandetaktiker fortsatte. Få långsiktiga studier på båtars påverkan på späckhuggare har gjorts så än går det inte att se att förändringar på populationsnivå men i kombination med andra hot som föroreningar och födobrist så bör kortsiktiga beteendeförändringar ses som ett allvarligt problem (Williams *et al.* 2002).

Förhöjda nivåer av stresshormon

Rätvalar är en av de mest utrotningshotade valarna och har inte återhämtat sig efter den intensiva valjakt som förbjöds 1930. De är bardvalar och lever främst i Atlanten längs Nordamerikas kust. Kusten utanför Nordamerika är tungt trafikerad och rätvalarna har problem med kollisioner med båtar, fastnande i fiskeutrustning och oljeutsläpp (Robbins *et al.* 2015). Stresshormon (faecal glucocorticoid) går att mäta i rätvalars avföring och regelbundna avföringsprov har visat att under en period med 6 dB lägre bullernivå i vattnet (efterföljande terrordåden den 11 september 2001) sänktes nivån av stresshormon signifikant på grund av den minskade båttrafiken (Rolland *et al.* 2012). Av detta kunde slutsatsen dras att vid de ”vanliga” ljudnivåerna hade rätvalar en konstant förhöjd nivå av stresshormonet. Faecal glucocorticoid (fGC) är ett hormon som snabbt utsöndras vid stressreaktioner som t.ex. svält eller predation och har hos landlevande djur uppmätts i förhöjda nivåer i närvaro av trafik (Millspaugh *et al.* 2001). Studier på lemurer har visat att höga nivåer av hormonet under en längre period kan leda till högre dödlighet på grund av bland annat ett nedsatt immunförsvar (Pride 2005). På grund av svårigheter att utföra kontrollerade studier på valar har effekter på individens överlevnad inte fastställts men troligtvis har långvariga förhöjda stresshormonnivåer en påverkan även på valar (Rolland *et al.* 2012).

Diskussion

Ljudföroreningarnas påverkan på valarna är många och det är inte bara enstaka beteenden som förändras utan det kan potentiellt ha en effekt på populationsnivå. De beteendeförändringar som valarna visar (förändring av sång, undvikande beteende m.m.) har troligtvis energikostnader som valarna kan ha svårt att kompensera med föda på grund av ljudmaskering. Utöver detta riskerar de att få nedsatt immunförsvar (på grund av förhöjda nivåer stresshormon) och svårigheter att kommunicera. Det kan likaså vid en negativ spiral där de redan hotade valarna får sämre överlevnad och minskar i antal vilket leder till att de får svårigheter att lokalisera varandra. När ljudmaskering dessutom minskar deras kommunikationsavstånd riskerar de att få en försämrad reproduktionsframgång. Mycket är fortfarande oklart när det gäller de energimässiga kostnaderna som beteendeförändringarna medför. Williams *et al.* (2006) fann att späckhuggare, trots en minskning i födosöksaktivitet, verkade kunna omfördela resurserna så att de ändå inte förlorade energi. Om detta gäller generellt är det positivt för valarnas framtid men mer forskning behöver göras och speciellt för att undersöka om detsamma gäller för andra valararter. Det rimligaste vore ändå att de långsiktigt sett borde förlora energi på att konstant undvika båtar. Eftersom ljudföroreningar har potential att skada valpopulationer från flera håll borde det uppmärksammas mer.

Utmaningar

Då detta ämne är begränsat till en relativt liten djurgrupp (valar) kan det finnas anledning att tycka att resurser istället borde läggas på ”större” problem som exempelvis global uppvärmning eller oljeutsläpp som drabbar fler organismer. Dessa hot är även mer synliga för allmänheten än antropogena ljud som inte lika lätt upptäcks. Att åtgärda dessa problem istället för ljudföroreningar skulle kanske vara fördelaktigt för fler marina arter men då valar är så pass hotade borde fokus ligga på alla de faktorer som kan hota populationerna. Dessutom är många valar toppredatorer och skulle de försvinna skulle resten av ekosystemet också påverkas. Valar står inför en kombination av hot som tillsammans kan inverka på olika sätt och därför är det av yttersta vikt att forskning på valar fortsätter så att det blir tydligt vilka hot som ska prioriteras.

Det går också att diskutera huruvida de studier som är gjorda verkligen visar att det är ljudet som båtarna producerar som är orsaken och att det inte är någon annan parameter som inverkar (Williams *et al.* 2006). I en del av studierna undersöker de endast närvaron av båtar (Williams *et al.* 2002) och inte ljudet de orsakar vilket skulle kunna ge missvisande resultat. För att kontrollera detta skulle kanske ljudlösa båtar behöva användas som kontrollgrupp. Dock kvarstår det faktum att valarna fortfarande påverkas av båtarna. Oavsett om det är själva båtarna eller ljudet som är mest problematiskt borde det införas striktare reglering på båttrafik i området som också är viktiga valhabitat.

Eftersom att de flesta valars reaktion på mänskliga störningar är kortsiktiga beteendeförändringar är det viktigt att framtida studier försöker koppla ihop dessa reaktioner med långsiktiga effekter på individ- eller populationsnivå. Trots att detta är svårt att göra är det nödvändigt för att inte felaktiga slutsatser om att populationer inte drabbas långsiktigt dras (Williams *et al.* 2006). Innan det är tydligt och går att bevisa att ljudföroreningar påverkar valarna på populationsnivå kommer det att vara svårt att motivera myndigheter att göra drastiska åtgärder. Eftersom att många av valpopulationerna idag är hotade och ingen vet om de kommer återhämta sig borde motiven för att lägga mer resurser på ämnet vara tillräckligt starka.

Valar som en ekonomisk tillgång

Valsafari har både positiva och negativa effekter på valar. Vinsterna är förutom de

ekonomiska även att valars värde uppmärksammas och att fler människor förhoppningsvis blir motiverade att bevara dessa djur. Valsafari gör att valar blir en ekonomisk resurs istället för att jagas och dödas och genom detta så finns det en vinst i att de får finnas kvar. Tyvärr kommer det hela tiden att vara kompromisser mellan hur mycket de kan utnyttjas utan att valsafarin sker på deras bekostnad. Till exempel så visar Schaffar *et al.* (2013) att den nuvarande avståndsgränsen till valarna som är på 100 meter är för nära och att gränsen istället borde ligga på runt 300 meter för att knölvalarna inte ska ändra sitt beteende. Tyvärr är det svårt att bedöma avstånd på vattnet och det behövs återigen resurser för att se till att valsafariföretag inte bryter mot reglerna. Långsiktigt sett så är det möjligt att ett ökat intresse genom valsafari gagnar valarna mer trots den påverkan båtarna ändå har. Om industrin fortsätter att öka så måste det såklart ändå ske på ett hållbart sätt. Ett införande av motorlösa valsafaribåtar eller tystare motorer skulle kunna vara ett steg i rätt riktning.

Ett problem med marina djur är att de inte ”tillhör” ett land på samma sätt som terrestra djur och därför blir det svårt att avgöra vem som har ansvar för dessa djurs välmående. Eftersom att alla länder dessutom delar på samma hav drabbas marina djur extra mycket av alla länders kombinerade utsläpp. Att till exempel Kanada och USA har olika syn på förvaltningen av ljudföroreningar går ut över valarna. Istället bör alla länder gå ihop och samarbeta och tillsammans komma överens om hur ansvaret över valars välmående kan fördelas.

Slutsats

Att mänskligt orsakade ljudföroreningar har en påverkan på valar har påvisats i de studier som undersökts i denna uppsats. Trots att det fanns vissa skillnader i hur olika valarter påverkas verkar det som att alla de arter som tagits upp i denna litteraturstudie drabbas på ett eller annat sätt. Möjligheten finns att de skillnader i påverkan som hittats beror på att olika experimentuppställning använts. Viktigast är dock att flera studier på olika arter har visat signifikanta samband mellan ljudföroreningar och förändringar i valars beteende och fysiologi. Tyvärr så är det idag inte möjligt att med bestämdhet säga hur eller om individer eller populationer drabbas negativt av ljudföroreningarna då majoriteten av studierna endast observerat kortsiktiga beteendeförändringar. För att kunna säga något om hur populationerna påverkas behövs ett stort antal individer studeras under lång tid vilket kräver både tid och resurser som ofta är en bristvara i forskningsvärlden. Det som dock är gemensamt för alla studier som tagits upp i denna uppsats är att forskarna ändå är övertygade om att de förändringar som observerats påverkar eller kommer att påverka både individer och populationer negativt och att det bara är en tidsfråga innan detta kommer kunna bevisas genom studier. När det gäller valar så kan påverkan på individ- och populationsnivå vara samma fråga eftersom att om forskning kan bevisa att en individs livslängd påverkas är sannolikheten stor att detta långsiktigt även kan synas på populationsnivå.

De mekanismer som valar använder för att hantera ljudföroreningar (förändringar av läten, undvikandetaktiker, ökad mängd stresshormon) medför med största sannolikhet energimässiga kostnader och istället för att vänta på att detta ska bevisas så bör åtgärder mot mänskligt orsakade ljud göras så snart som möjligt. Trots att studier inte heller gjorts på alla valarter finns det ingen anledning till att tro annat än att alla på något sätt påverkas negativt. Innan forskningen i detalj har visat effekten på varje art måste åtgärder göras för att säkerställa att alla valarter får det bästa möjliga för att överleva. Några åtgärder som behöver införas så snart som möjligt är hårdare regler vid valsafari, införande av fler naturreservat, omdirigering av trafik vid känsliga områden och avgifter vid för högljudda motorer. Allt detta kommer innebära kostnader men för att kunna bevara dessa djur krävs uppoffringar.

Tack

Jag skulle vilja tacka min handledare Cecilia Berg för tydlig och bra återkoppling och även mina medstudenter Linda Kjernsmo, Ruth Nigatu, Alexander Kensert och Heba Albatrokh som har bidragit med värdefulla synpunkter på uppsatsen. Jag vill även tacka Sophia Andrew-Nielsen och Paulina Widell för att ni alltid ställer upp som bollplank och som moraliskt stöd.

Referenser

- Beale CM, Monaghan P. 2004. Behavioural responses to human disturbance: a matter of choice? *Animal Behavior* **68**: 1065–1069.
- Bellefleur G, Duchesne MJ, Hunter H, Long BF, Lavoie D. 2006. Comparison of single- and multichannel high-resolution seismic data for shallow stratigraphy mapping in the St. Lawrence River estuary. *Geological Surveys Canada* **D2**: 1-10.
- Clark CW. 1990. Acoustic behavior of mysticete whales. Sensory abilities of cetaceans. Laboratory and field evidence. 571-583
- Constantine R, Jackson JA, Steel D, Baker CS, Brooks L, Burns D, Clapham P, Hauser N, Madon B, Mattila D, Oremus M, Poole M, Robbins J, Thompson K, Garrigue C. 2012. Abundance of humpback whales in Oceania using photo-identification and microsatellite genotyping. *Marine Ecology Progress Series* **453**: 249–261.
- Di Iorio L, Clark CW. 2010. Exposure to seismic survey alters blue whale acoustic communication. *Biology Letters* **6**: 51–54.
- Dunlop RA. 2016. The effect of vessel noise on humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, communication behaviour. *Animal Behavior* **111**: 13–21.
- Dunlop RA, Cato DH, Noad MJ. 2008. Non-song acoustic communication in migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Marine Mammal Science* **24**: 613–629.
- Dunlop RA, Cato DH, Noad MJ. 2010. Your attention please: increasing ambient noise levels elicits a change in communication behaviour in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **277**: 2521–2529.
- Dunlop RA, Cato DH, Noad MJ. 2014. Evidence of a Lombard response in migrating humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *The Journal of the Acoustical Society of America* **136**: 430–437.
- Hamilton PK, Knowlton AR, Marx MK, Kraus SD. 1998. Age structure and longevity in North Atlantic right whales *Eubalaena glacialis* and their relation to reproduction. *Marine Ecological Progress Series* **171**: 285–292.
- Hermanssen L, Beedholm K, Tougaard J, Madsen PT. 2014. High frequency components of ship noise in shallow water with a discussion of implications for harbor porpoises (*Phocoena phocoena*). *The Journal of the Acoustical Society of America* **136**: 1640–1653.

- Higdon JW, Ferguson SH. 2009. Loss of Arctic sea ice causing punctuated change in sightings of killer whales (*Orcinus orca*) over the past century. *Ecological Applications* **19**: 1365–1375.
- Hildebrand JA. 2009. Anthropogenic and natural sources of ambient noise in the ocean. *Marine Ecological Progress Series* **395**: 5–20.
- Holt MM, Noren DP, Emmons CK. 2011. Effects of noise levels and call types on the source levels of killer whale calls. *The Journal of the Acoustical Society of America* **130**: 3100–3106.
- Jepson PD, Arbelo M, Deaville R, Patterson I a. P, Castro P, Baker JR, Degollada E, Ross HM, Herraes P, Pocknell AM, Rodriguez F, Howie FE, Espinosa A, Reid RJ, Jaber JR, Martin V, Cunningham AA, Fernandez A. 2003. Gas-bubble lesions in stranded cetaceans - Was sonar responsible for a spate of whale deaths after an Atlantic military exercise? *Nature* **425**: 575–576.
- Johns BG. 1996. Responses of chimpanzees to habituation and tourism in the Kibale Forest, Uganda. *Biological Conservation* **78**: 257–262.
- Kraus SD, Brown MW, Caswell H, Clark CW, Fujiwara M, Hamilton PK, Kenney RD, Knowlton AR, Landry S, Mayo CA, McLellan WA, Moore MJ, Nowacek DP, Pabst DA, Read AJ, Rolland RM. 2005. North Atlantic right whales in crisis. *Science* **309**: 561–562.
- Leonard ML, Horn AG. 2012. Ambient noise increases missed detections in nestling birds. *Biology Letters* **8**: 530–532.
- Miller PJO. 2006. Diversity in sound pressure levels and estimated active space of resident killer whale vocalizations. *The Journal of Comparative Physiology -Neuroethological Sensory Neural Behavior Physiology* **192**: 449–459.
- Millspaugh JJ, Woods RJ, Hunt KE, Raedeke KJ, Brundige GC, Washburn BE, Wasser SK. 2001. Fecal glucocorticoid assays and the physiological stress response in elk. *Wildlife Society Bulletin* **29**: 899–907.
- Moore SE, Reeves RR, Southall BL, Ragen TJ, Suydam RS, Clark CW. 2012. A New Framework for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammals in a Rapidly Changing Arctic. *Bioscience* **62**: 289–295.
- Parks SE, Clark CW, Tyack PL. 2007. Short- and long-term changes in right whale calling behavior: The potential effects of noise on acoustic communication. *The Journal of the Acoustical Society of America* **122**: 3725–3731.
- Parks SE, Johnson M, Nowacek D, Tyack PL. 2011. Individual right whales call louder in increased environmental noise. *Biology Letters* **7**: 33–35.
- Parks SE, Johnson MP, Nowacek DP, Tyack PL. 2012. Changes in Vocal Behavior of North Atlantic Right Whales in Increased Noise. In: Popper AN, Hawkins A (ed.). *The Effects of Noise on Aquatic Life*, pp. 317–320. Springer, New York.

- Patricelli GL, Blickley JL. 2006. Avian communication in urban noise: Causes and consequences of vocal adjustment. *American Ornithology* **123**: 639–649.
- Popper AN, Smith ME, Cott PA, Hanna BW, MacGillivray AO, Austin ME, Mann DA. 2005. Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. *The Journal of the Acoustical Society of America* **117**: 3958–3971.
- Pride RE. 2005. High faecal glucocorticoid levels predict mortality in ring-tailed lemurs (*Lemur catta*). *Biology Letters* **1**: 60–63.
- Robbins J, Knowlton AR, Landry S. 2015. Apparent survival of North Atlantic right whales after entanglement in fishing gear. *Biological Conservation* **191**: 421–427.
- Rolland RM, Parks SE, Hunt KE, Castellote M, Corkeron PJ, Nowacek DP, Wasser SK, Kraus SD. 2012. Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* **279**: 2363–2368.
- Rolland RM, Schick RS, Pettis HM, Knowlton AR, Hamilton PK, Clark JS, Kraus SD. 2016. Health of North Atlantic right whales *Eubalaena glacialis* over three decades: from individual health to demographic and population health trends. *Marine Ecological Progress Series* **542**: 265–282.
- Schaffar A, Madon B, Garrigue C, Constantine R. 2013. Behavioural effects of whale-watching activities on an Endangered population of humpback whales wintering in New Caledonia. *Endanger Species Research* **19**: 245–254.
- Silber K. 1986. The relationship of social vocalizations to surface behavior and aggression in the Hawaiian humpback whale. *Canadian Journal of Zoology* **10**: 275–280.
- Simon M, Stafford KM, Beedholm K, Lee CM, Madsen PT. 2010. Singing behavior of fin whales in the Davis Strait with implications for mating, migration and foraging. *The Journal of the Acoustical Society of America* **128**: 3200–3210.
- Southall BL, Bowles AE, Ellison WT, Finneran JJ, Gentry RL, Greene CR, Kastak D, Ketten DR, Miller JH. 2007. Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific Recommendations. *Aquatic Mammals* **33**: 415–419.
- Wang CF, Corbett JJ. 2005. Geographical characterization of ship traffic and emissions. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* **1909**:90–99.
- Williams R, Clark CW, Ponirakis D, Ashe E. 2014a. Acoustic quality of critical habitats for three threatened whale populations. *Animal Conservation* **17**: 174–185.
- Williams R, Erbe C, Ashe E, Beerman A, Smith J. 2014b. Severity of killer whale behavioral responses to ship noise: A dose-response study. *Marine Pollution Bulletin* **79**: 254–260.
- Williams R, Lusseau D, Hammond PS. 2006. Estimating relative energetic costs of human disturbance to killer whales (*Orcinus orca*). *Biological Conservation* **133**: 301–311.

Williams R, Trites AW, Bain DE. 2002. Behavioural responses of killer whales (*Orcinus orca*) to whale-watching boats: opportunistic observations and experimental approaches. *The Journal of Zoology* **256**: 255–270.