

AN ANALYSIS OF THE COMPLEXITY OF THE VOCAL COMMUNICATION CHANNEL OF THE SOUTHERN RIGHT WHALE AT ONE OF ITS BREEDING GROUNDS, PENINSULA VALDÉS, ARGENTINA

Constant Magali

Vrije Universiteit Brussel, Onderzoeksgroep Ecotoxicologie en Polaire Ecologie
Pleinlaan 2, B-1050 Brussel
Huidig adres: Linterpoortenlaan 220, B-1980 Zemst
E-mail: magali.constant@vub.ac.be

Akoestische opnames van zuidkapers werden tussen 17/09/02 en 17/10/02 geregistreerd op hun overwinterings- en voortplantings- en paargebied in de baaien van het Valdés schiereiland, Argentinië. Opnames werden verricht met een omnidirectionele hydrofoon (7-22000 Hz frequentiebereik) en opgeslagen op Digital Audio Tape. De tapes werden auditief geïnspecteerd, walvisgeluiden werden digitaal ingeladen op harde schijf via Coaster™ (44 000 Hz sample rate, 16 bit sample size).

Een eerste luik van het onderzoek was kwantitatief van aard: er werd onderzocht of de vocale activiteit van de dieren afhankelijk was van het tijdstip van opname tussen zonsopgang en zonsondergang en of de vocale activiteit kwantitatief context-afhankelijk was.

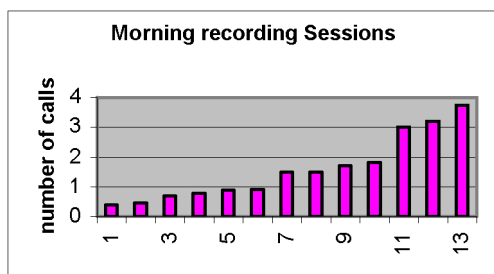


Fig.1a. Gemiddeld aantal 'calls' per minuut (Y-as) per positieve ochtend opname (X-as).

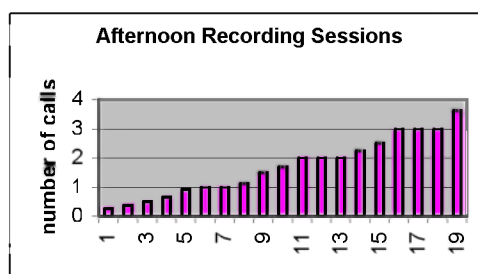


Fig.1b. Gemiddeld aantal 'calls' per minuut (Y-as) per negatieve middagopname (X-as).

Resultaten tonen aan dat er geen statistisch verschil [Mann-Whitney test ($p = 0.349368$)] is tussen de vocale activiteit van de dieren tussen ochtend- en middagopnames. Een hoge frequentie van vocalisatie werd teruggevonden in de vocaal actieve dieren; een gemiddelde van 75 'calls' per uur werd geproduceerd.

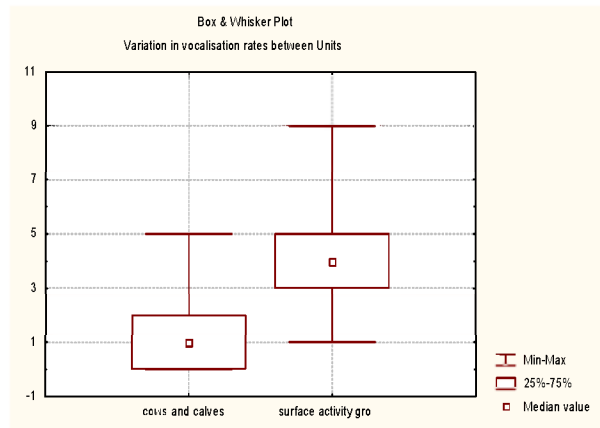


Fig.2. Boxplot van beschrijvende statistiek van vocale activiteit van 2 groepen met verschillende samenstelling en verschillende activiteit. Het aantal 'calls' per 15 seconden in 10 minuten opname (X-as) van een moeders en kalveren eenheid (links X-as) en een seksueel actieve groep (rechts X-as).

Resultaten tonen een significant verschil aan in vocale activiteit tussen beide groepen.

Het tweede luik van de thesis omvat een analyse van de opgenomen vocale geluiden en een opdeling van deze geluiden naargelang temporale en spectrale eigenschappen.

De vocalisaties werden geanalyseerd door middel van het bioakoestisch CanaryTM1.2 softwareprogramma. De spectrogrammen die zo worden gegenereerd zijn het resultaat van een 'Short Time' Fourier Transformatie.

Door middel van simpele visuele herkenning, gebaseerd op de algemene vorm van het spectrogram, werden acht geluidscategorieën gevonden.

Er werd een inventaris opgemaakt van het repertoire op de voortplantingsgebieden:

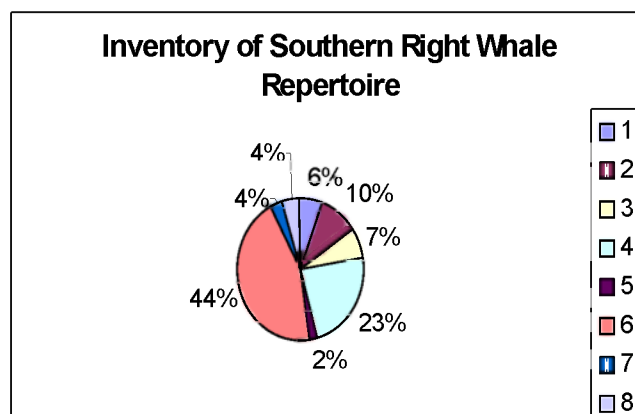


Fig.1. % van 'calls' die behoren tot elke spectrogram categorie
 1= ' Straight Calls with clearly visible harmonics' 2= ' Straight Calls without clearly visible harmonics' 3= ' Up Calls with the pattern visible in lower frequency components' 4= ' Up Calls with the pattern visible in all frequency components' 5= ' Down Calls' 6= ' Complex Calls' 7= ' Trains of Calls' 8= ' Slaps/Gunshots'.

De inventaris maakt duidelijk dat een aantal geluidscategorieën meer gebruikt worden dan andere: bijna 50% van de vocalisaties van zuidkapers in sociale groepen bestaat uit 'calls' van het 'complexe' type, in ons geval categorie 6 (complexe call) en 7 ('complexe' calls, geproduceerd in reeksen).

De geanalyseerde 'calls' waren gerelateerd aan de samenstelling en de verschillende activiteiten van de verschillende sociale groepen (moeder-kalf, voortplantingsgroepen SAGs Surface Active Groups...).

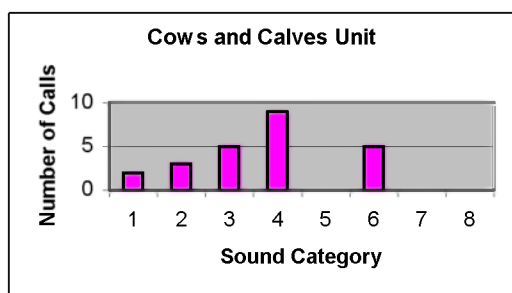


Fig. 2. Gebruik van geluidscategorieën door een groep moeders en kalveren, gemiddeld actief zijn.

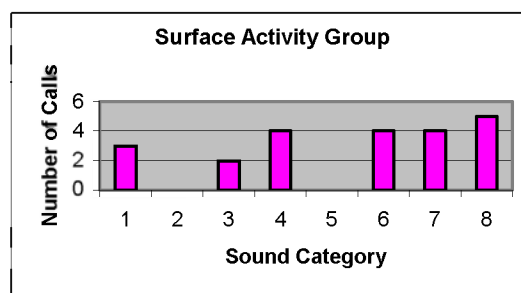


Fig. 3: Gebruik van geluidscategorieën door een (seksueel) actieve groep, met een focaal individu

De gevonden trends tonen aan dat het gebruik van de verschillende geluidscategorieën context-afhankelijk is.

Analyse volgens klassieke parameters en patroonparameters:

Parametermetingen werden uitgevoerd op de geluiden: duur, piek frequentie, moment van grootste amplitude, bovengrens zichtbare harmonieken in het frequentiedomein.

De variatie in parameterwaarden binnen de categorieën was groot, waardoor klassieke parameters enkel gebruikt konden worden voor het beschrijven van een geluid, niet voor het onder categorie brengen.

Een simpele patroonparametermethode werd ontwikkeld, gebaseerd op een methode gebruikt door Clark (1983) tijdens een vorig onderzoek waarbij de regressiecoëfficiënten van een vijfde orde curvilineaire vergelijking gebruikt werden om geluiden te karakteriseren. Deze categorisatie van Clark verdeelde het repertoire in twee klassen van enerzijds 'discrete', anderzijds 'complexe' calls.

Onze patroonparameters, gebaseerd op een verschil in frequentie die de hellingen van de voornaamste harmonieken karaktersieren, leveren gelijkaardige resultaten op.

Categorieën 1, 3, 4 en 5 omvatten geluiden die tot de 'simpele' categorieën van het repertoire behoren.

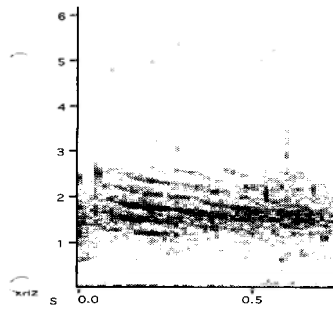


Fig. 4: Voorbeeld van een spectrogram van een geluid (down call) behorende tot de simpele component van het repertoire.

Een Kruskal-Wallis niet parametrische ranking test toonde significante verschillen aan tussen de diverse categorieën ($p = 0.0001$). Afzonderlijke Mann-Whitney testen toonden significante verschillen aan tussen de categorieën. De variatie binnen de geluiden van eenzelfde categorie was klein in vergelijking met de variatie gevonden tussen de categorieën. Dit doet vermoeden dat deze kleine variaties eerder te wijten zijn aan individuele variatie dan aan variatie in signaalbetekenis.

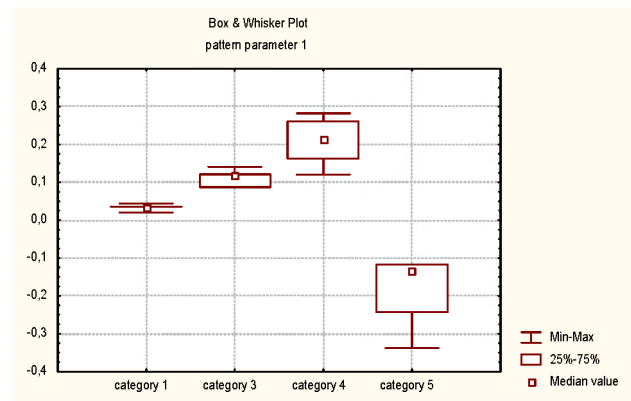


Fig. 5. Boxplot van beschrijvende statistiek voor patroonparameter 1 voor categorieën 1,3,4 en 5. Het verschil in frequentie wordt aangegeven op de Y-as, de categorie op de X-as. $N_1 = 9$, $N_2 = 9$, $N_3 = 6$; $N_4 = 4$.

Voor de 'multibuigpunt'-geluiden (categorieën 6 en 7) van de 'complexe' calls volstond 1 parameter niet voor karakterisatie. Het verschil in frequentie op de verschillende buigpunten werd gemeten.

Een enorme variatie, zowel in aantal buigpunten, als in de waarde van de patroonparameters doen vermoeden dat deze geluiden onderhevig zijn aan gradatiestrategie zoals reeds beschreven door Clark (1990). Met gradatiestrategie wordt bedoeld dat subtiele variaties in temporele en spectrale aspecten van een geluid de betekenis van het signaal veranderen, waardoor de informatie-inhoud kan worden vergroot (Hauser, 1997). Dit doet vermoeden dat wat wij op basis van een spectrogramvorm hebben gedefinieerd als één enkele geluidscategorie, moet bestaan uit een aantal subcategorieën.

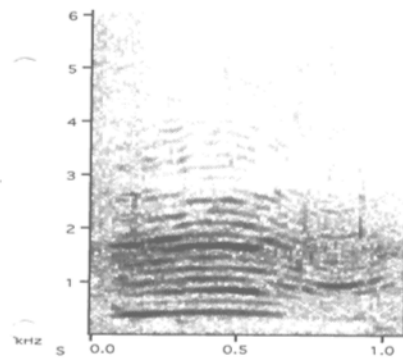


Fig. 6. Voorbeeld van een spectrogram van een geluid (complex call) behorend tot de complexe component van het repertoire

In het laatste luik van de thesis werden resultaten vergeleken met die van voorgaande studies (Cummings *et al.*, 1972; Clark, 1982;1983). Vergelijking van spectrogrammen tussen de verschillende studies was niet evident. De resultaten van Clark werden voorgesteld door middel van sterk gecontrasteerde, gecondenseerde spectrogrammen, met de voornaamste energie tussen de 50 en de 500 Hz en een cut-off op 1000 Hz. Eén van de voornaamste verschillen was dan ook dat wij tijdens ons onderzoek een hoger gelegen energie vonden en harmonieken duidelijk zichtbaar tot gemiddeld 3000 Hz.

De voornaamste conclusies van het onderzoek waren:

- Een bijzonder hoge vocale activiteit werd waargenomen (gemiddeld 75 'calls'/uur) ivm de literatuur, de vocale activiteit wordt niet beïnvloedt door het tijdstip van de dag tussen zonsopgang en zonsondergang.
- Simpele visuele herkenning van de spectrogrammen leverde 8 geluidscategorieën op. Klassieke parameters ondersteunden deze categorisatie niet.
- Het invoeren van de patroonparameters verdeelt het repertoire in een 'simpele' en een 'complexe' component.
- Vocalisaties van de zuidkapers zijn context-afhankelijk: grote verschillen werden gevonden tussen patronen van bv. moeder-kalf paren en seksuele actieve 'surface' groepen.
- De variaties binnen geluiden van de 'complexe' groep wijzen op het gebruik van een gradatiestrategie.
- Vergelijking met voorgaande studies bracht enkele opmerkelijke verschillen aan het licht, in eerste orde in het frequentiedomein (er werd energie gevonden tot 5 KHz, voorheen beschreven tot 1 kHz), maar ook het aandeel in het repertoire van 'complexe' type geluiden.
- Verschillen in frequentiebereik zijn mogelijk te verklaren door verschillen in en een verbetering van opnametechnieken.
- Complexe calls moeten verder onderzocht worden en opgedeeld, aangezien we vermoeden dat het grootste deel van de informatie hierin vervat zit.