

HERKENNING VAN VLEERMUISSOORTEN EN GEDRAG AAN DE HAND VAN ECHOLOCATIEGELUIDEN – VOORLOPIGE VERSIE 2014

E.A. Jansen + H.J.G.A. Limpens
Redactie door Hans Hollander, 4-6-14

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	2
1.1 ECHOLOCATIE BIJ VLEERMUIZEN	2
1.2 WAT IS GELUID?	2
1.3 WAT IS DOPPLER?	3
1.4 WAT ZIJN BOVENTONEN?.....	3
1.5 VLEUGELSLAGFREQUENTIE EN PULSHERHALINGSFREQUENTIE	4
2. HOE WORDEN VLEERMUISGELUIDEN WEERGEGEVEN?	6
3. WELKE GELUIDEN ZIJN OP SOORT TE ANALYSEREN EN WELKE NIET?	9
3.1 EFFECTEN VAN OMGEVINGSFACTOREN	9
3.2 EFFECTEN VANUIT DE OPNAME	11
3.3 HET JUUST METEN VAN GELUIDSKARAKTERISTIEKEN	12
3.4 BEPALING VAN ENKELE TIJDSKARAKTERISTIEKEN; PULSLENGTE EN INTER-PULS-INTERVAL.....	14
3.5 BEPALING VAN ENKELE FREQUENTIE KARAKTERISTIEKEN; FSTART/FMAX, FEND/FMIN	14
3.6 AMPLITUDE KARAKTERISTIEKEN	15
3.7 BEPALING VAN ENKELE AMPLITUDE –FREQUENTIE KARAKTERISTIEKEN; FPEAK/FPIEK-ENERGIE/FMAX-ENERGIE.....	15
4. SOORTHERKENNING	17
4.1 DE TYPOLOGIE VAN VLEERMUISGELUIDEN	17
4.2 DE ONDERVERDELING VAN VLEERMUISGELUIDEN NAAR SOORTGROEPEN	18
4.3 INTRASPECIFIEKE VARIATIE: DE VARIATIE BINNEN EEN SOORT	18
4.3 SOCIALE GELUIDEN	18
5. GELUIDSANALYSE IN 3 STAPPEN.....	20
STAP 1: BEPAAL KWALITEIT EN NEEM DE JUISTE PULSEN	20
STAP 2: HET METEN VAN VLEERMUISGELUIDEN	21
STAP 3: HET VERGELIJKEN MET DE JUISTE REFERENTIES	22
6. DE SOORTEN.....	23
6.1 DE HOGE FM-QCF SOORTEN: DWERGVLEERMUIZEN	23
6.2 DE LAGE FM-QCF SOORTEN: ROSSE VLEERMUIS EN LAATVLIIEGER EN VERGELIJKBARE SOORTEN	26

1. INLEIDING

1.1 ECHOLOCATIE BIJ VLEERMUIZEN

In het NEM-meetnet Vleermuistransecttellingen worden vleermuisgeluiden opgenomen met de Batlogger. Het is in het meetnet de bedoeling dat vrijwilligers de opnamen zelf analyseren. Hiervoor is deze handleiding opgesteld.

Deze handleiding geeft geen uitgebreid overzicht over alle aspecten van echolocatie bij vleermuizen. Deze handleiding illustreert wel enkele fundamentele principes die begrepen moeten worden om tot een goede interpretatie en determinatie van de geluiden te komen.

Verschiedende groepen vleermuissoorten gebruiken verschillend gestructureerde roepen. Deze hebben voordelen en nadelen ten opzichte van andere structuren met betrekking tot reikwijdte en nauwkeurigheid van plaatsbepaling en oplossend vermogen.

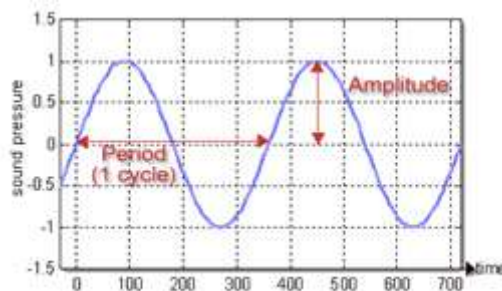
Het NEM-meetnet Vleermuistransecttellingen is met name gericht op gewone en ruige dwergvleermuis, rosse vleermuis en laatvlieger. Deze handleiding focust daarom op deze 4 soorten en de meest daarop gelijkende soorten. Overige soorten worden niet (uitgebreid) besproken. Dit betreft de grootoren (*Plecotus spec.*) en de *Myotis*-soorten.

Dit is een voorlopige versie, bedoeld voor gebruik in 2014. In toekomstige versies van deze handleiding zullen bepaalde zaken nader worden uitgewerkt en niet (uitgebreid) besproken soorten wèl worden opgenomen.

1.2 WAT IS GELUID?

Simpelweg is geluid een golfbeweging met pieken van samengedrukte lucht met hogere luchtdruk en dalen met lagere luchtdruk. Dit is net zoets als rimpels op het wateroppervlakte nadat je er een steentje in hebt gegooid. Alleen verplaatsen de rimpels zich in de lucht veel sneller. De snelheid van geluidsgolven is 344 meter per seconde (bij 20° C). Een kilometer wordt in drie seconden afgelegd. Maar ultrasoon geluid zoals de vleermuizen dat produceren haalt deze afstand niet, omdat ultrasoon geluid sterk gedempt wordt.

GELUID WORDT VASTGELEGD IN TWEE PARAMETERS: AMPLITUDE EN FREQUENTIE.



(bron: Wikipedia)

FIGUUR 1: DEFINITIES VAN EEN GOLFBEWEGING.

Een golflengte is een gehele periode van een golf, van 0 naar piek, naar 0 naar dal naar 0 uitgedrukt in (mili)seconden.

De frequentie het aantal malen dat de golf zich herhaalt in een seconde. De frequentie van geluid, het aantal golflengtes of trillingen per seconde, wordt weergegeven in Herz (Hz). De in muziek gebruikte A⁽⁴⁾ wordt bijvoorbeeld gemaakt door een stemvork oscillerend op 440 Hz. Vleermuisgeluiden liggen veel hoger, in het kilo-Hertz bereik.

We beschrijven vleermuisgeluid daarom o.a. aan de hand van de frequentie(s)

→ Frequentie = 1/golflengte

Daarnaast zijn vleermuisgeluiden meestal geen geluiden een toonhoogte, maar geluiden die in korte tijd veranderen van bv. een hoge frequentie van 70 kHz naar een lagere van bv. 20 kHz.

We beschrijven vleermuisgeluid daarom o.a. aan de hand van de veranderingen in frequentie(s) in het verloop van het signaal.

Druk wordt meestal gemeten in Pascal, maar akoestische geluidsintensiteit in Decibels (dB). Dit is een relatieve waarde, de logaritme van de intensiteit. Dit is ooit gekozen omdat dit beter de reactie van ons oor omschrijft ten opzichte van een geluidsbron. De referentie-intensiteit wordt beschreven als watt per vierkante meter.

Vleermuisgeluiden zijn meestal geen geluiden met een vaste geluidssterkte, maar geluiden die in korte tijd veranderen van 0 naar een relatief hoge geluidssterkte en dan weer naar 0.

We beschrijven vleermuisgeluid daarom o.a. aan de hand van de veranderingen in de geluidssterkte in het verloop van het signaal.

1.3 WAT IS DOPPLER?

Geluidsgolven verspreiden zich als een (halve) bol over de ruimte. De afstand tussen de pieken is steeds gelijk, de golflengte en dus ook de frequentie veranderen immers niet. Dit is anders als de zender (de vleermuis) en/of de ontvanger (de waarnemer met detector) bewegen. Komt de vleermuis op de detector toe, dan haalt de zender de geluidsgolven als het ware een beetje in. Daardoor wordt de golflengte iets korter en is de frequentie iets hoger. Beweegt de waarnemer zich van de vleermuis af, of omgekeerd, dan wordt de golflengte als het ware uitgerekt, en is de frequentie wat lager. Als zowel de waarnemer als de vleermuis op elkaar af komen, zoals soms met het rijden van transecten, dan is de verhoging van de frequentie nog groter. Zijn waarnemer (auto) en vleermuis elkaar gepasseerd dan verlaagt de frequentie weer. Dit fenomeen is ook te horen als er een politiewagen met sirene voorbij rijdt. Dit effect heet 'Dopplershift'. De hoogte van deze verschuiving is te berekenen. Het is de verhouding tussen de snelheid van de objecten (loodrecht) en de geluidssnelheid.

Reken voorbeeld:

Een vleermuis vliegt met 3-13 meter per seconde (11-46 km/u).

Een auto die rijdt met 25-26 km/u, is ongeveer gelijk aan 7 m/s.

De maximale dopplershift is dan; $3+10=13$ m/s en extreem $7+13=20$ (10m/s : 344 m/s x Fx)

Bij 45 kHz en vliegsnelheid 10m/s $0,037 \times 41 \text{ kHz} = +/- 1,5 \text{ kHz}$.

bij 20 kHz en vliegsnelheid 13m/s $0,058 \times 23 \text{ kHz} = +/- 1,3 \text{ kHz}$.

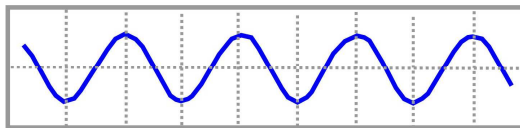
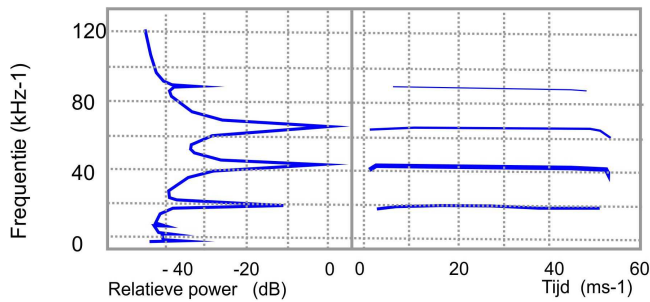
We moeten daarom bij het beschrijven van de frequenties van vleermuisgeluid en het herkennen van soorten aan de hand van frequenties, rekening houden met die dopplershift.

1.4 WAT ZIJN BOVENTONEN?

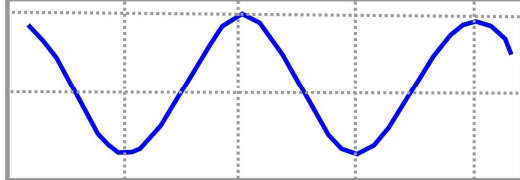
Bij productie van geluid ontstaat altijd boventonen. De grondtoon is de eerste harmonische en de frequentie van boventonen, de tweede, derde, ...enzovoorts harmonische, zijn altijd een veelvoud van de grondtoon. Boventonen zijn dus 2, 3 en soms ook 4 en 5 x de basisfrequentie. Vleermuizen kunnen deze boventonen versterken of afzwakken. Daarnaast is er maar een bepaalde maximale spanning op de stembanden mogelijk voordat het strottenhoofd inklapt. Sommige soorten gebruiken juist de tweede of derde harmonische voor echolocatie (o.a. de hoefijzerneuzen).

Het aanwezig zijn van boventonen heeft veel invloed op de klank van het geluid. Koperblazers hebben sterke oneven harmonische, houtblazers juist de even. Koperblazers klinken hierdoor scherp en houtblazers dof. Sommige vleermuizen hebben sterke 2^e harmonische, en klinken bij 10x tijdvertraging dof. Met het gebruik van boventonen vergroten vleermuizen het frequentie bereik.

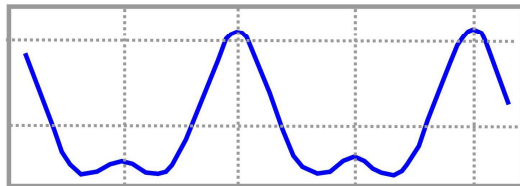
EEN STEMBAND PULS



De tweede harmonische golf, of eerste boventoon.



De eerste harmonische, of grondtoon.



De totale golf. Deklank veranderd door de aanwezigheid van boventonen.

FIGUUR 2: STEMBANDEN PRODUCEREN BOVENTONEN. EFFECT VAN BOVENTONEN OP "DE KLEUR" VAN HET GELUID. BRON SKIBA.

Soms zijn er in een sonogram boventonen te zien, die in werkelijkheid afwezig zijn. Dit is een "reken-artefact" van een overstuurde opname. Zie ook clipping.

1.5 VLEUGELSLAGFREQUENTIE EN PULSHERHALINGSFREQUENTIE

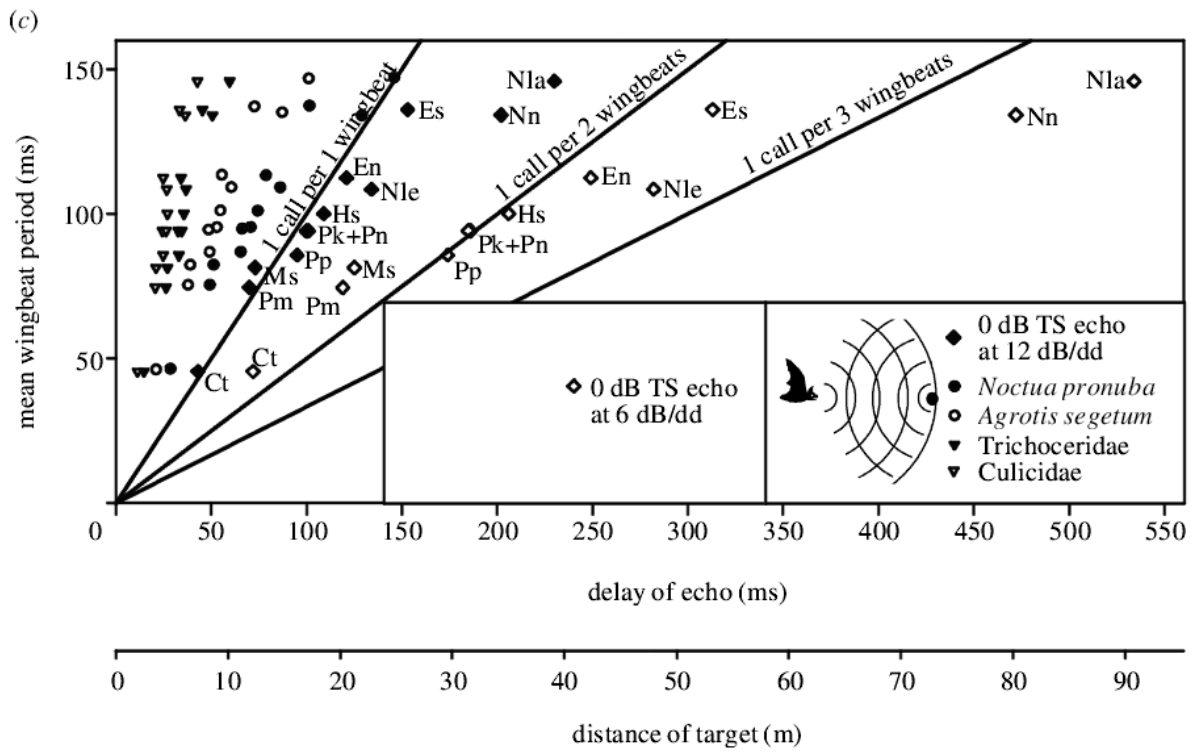
Ultrasonische echolocatiegeluiden van vleermuizen zijn vaak hard tot zeer hard. Er zijn geluidsniveaus gemeten van 120-130 dB SPL. Enkele soorten gebruiken zachte tot zeer zachte geluiden van 80 dB SPL. In sommige situaties gebruiken vleermuizen in zijn geheel geen echo-locatiegeluiden. Dit is regelmatig waar te nemen bij het uitvliegen uit een verblijfplaats. Doordat vleermuizen een goed ruimtelijk geheugen hebben, is het niet altijd noodzakelijk om te roepen.

Het maken van harde echolocatie geluiden kost zeer veel energie. Vleermuizen koppelen echolocatie daarom aan hun vleugelslag. Wanneer de vleugels naar beneden worden bewogen, wordt de borstkast ook ingedrukt. Door tegelijkertijd de lucht uit de longen te laten ontsnappen en via de stembanden te laten gaan wordt 80% van de kosten bespaard.

Vleermuizen roepen 1 keer per 1,2 of 3 vleugelslagen. Het roepen vindt plaats tijdens de downstroke, wanneer de longen worden ingedrukt.

Dichterbij de prooi of obstakels wordt deze frequentie verhoogd tot 1-3x per vleugelslag. Bij hoge roepsnelheden worden de signalen verdeeld over de down stroke tijd en het begin en einde van de upstroke.

Er is een sterke relatie tussen het gewicht per vleugeloppervlakte van een vleermuis en de vleugelslagfrequentie.



FIGUUR 3: DE RELATIE TUSSEN VLEUGELSLAG INTERVAL EN PULSERHALINGSFREQUENTIES EN HOORAFSTANDEN. (HOLDERIED & HELVERSEN 2003). DE AFKORTINGEN STAAN VAN DIVERSE EUROPESCHE VLEERMUIZEN MET EEN FM-QCF PULS. (CT IS CRASEONYCTERIS THONGLONGYAI DE KLEINSTE TROPISCHE VLEERMUIS).

2. HOE WORDEN VLEERMUISGELUIDEN WEERGEGEVEN?

Sonogram

Vleermuisgeluiden kunnen worden weergegeven in sonogrammen. Dit is een grafische weergave van het verloop van de frequentie in de tijd.

De geluidsdruk kan in zo'n beeld worden weergegeven door middel van een kleurverloop. De grenswaarden voor de kleuren zijn in veel analyseprogramma's in te stellen.

Van sonogrammen kan de bandbreedte, van F_{max} tot F_{min} worden afgelezen, kunnen pulsvormen worden afgelezen en worden bepaald wat de QCF frequentie is. De QCF frequentie komt vrijwel overeen met de piek-energie.

Oscillogram

Een andere weergave van geluid is het oscillogram. Dat is een grafiek van de energie, ofwel het amplitudeverloop, in de tijd. Daarin wordt dus het verloop van de geluidsdruk (in dB) in de tijd weergegeven.

Van oscillogrammen kan de pulslengte worden afgelezen en kan worden bepaald waar de piek-energie in de puls zich bevindt.

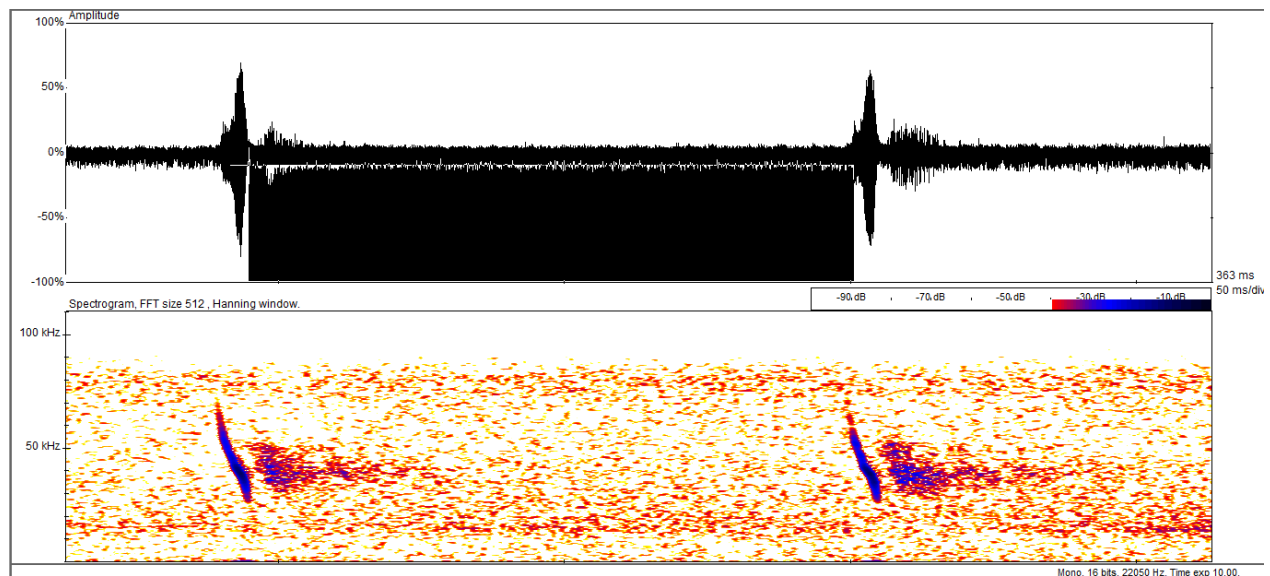
Uit een serie oscillogrammen kan ook de afstand van einde puls tot begin van de volgende puls (interpuls intervallen; IPI's), of de afstand van begin puls tot begin volgende puls (puls-afstanden) worden bepaald.

Spectrogram

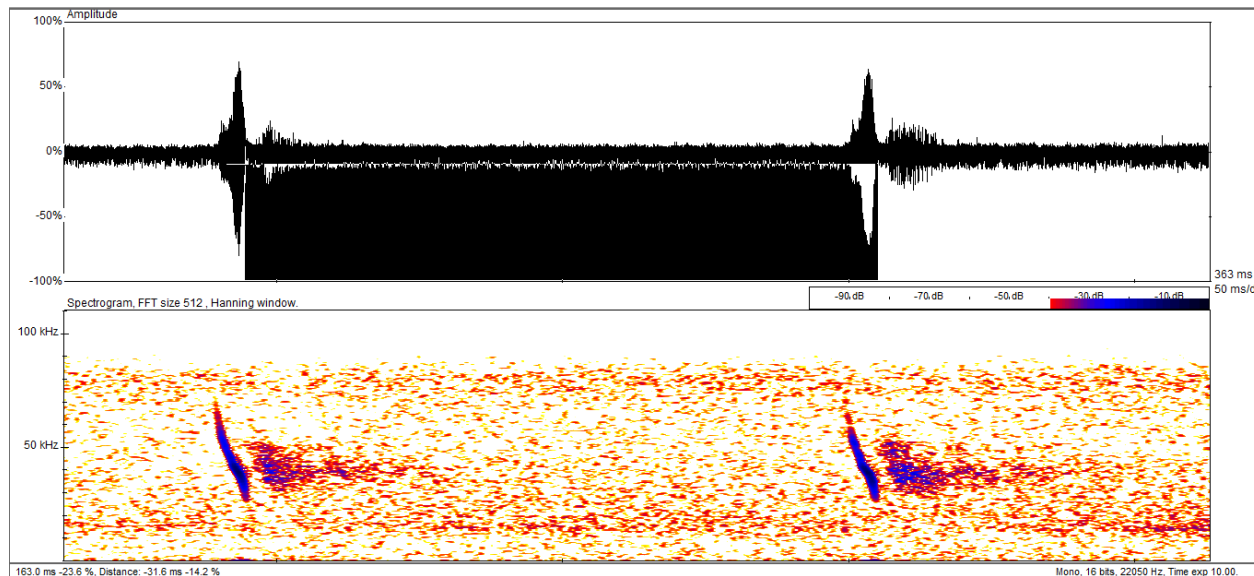
Daarnaast bestaan er ook nog de mogelijkheid om een spectrogram of powerspectrum te maken. Daarin wordt de aanwezige energie per frequentie weergegeven. Meestal worden de amplitudes voor een gekozen interval per frequentieklasse opgeteld.

Van spectrogrammen kan weer goed de piekfrequentie worden afgelezen, of kan van gedeeltes van een signaal de frequentie worden bepaald.

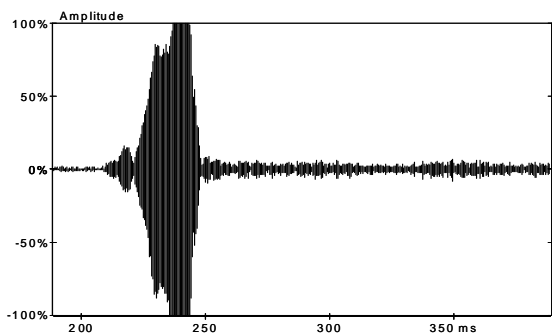
Sommige geluidsanalyseprogramma's kunnen van langere opnamen de intervallen tussen de pulsen of puls intervallen meten en geven dit weer in een staafgrafiek of in gemiddelden. Dit geeft een beeld van de herhalingsfrequentie en (het gebrek aan) variatie daarin. Een IPI is natuurlijk een pulslengte korter dan de puls-afstand, maar de pulslengte is meestal zo veel korter dan de interpuls-intervallen of puls-afstanden, dat die uitkomsten weinig van elkaar verschillen.



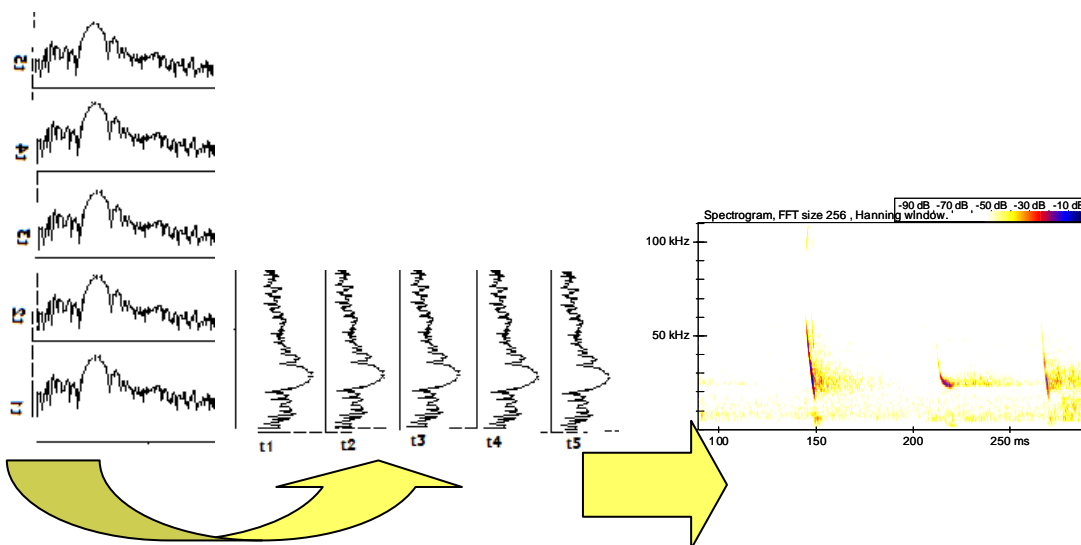
De meting van een IPI; uitgevoerd in de oscillogram.



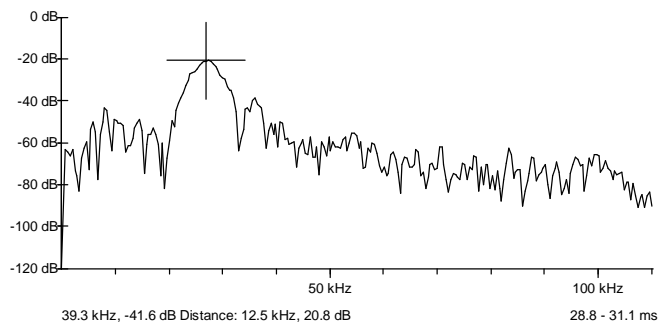
De meting van pulsafstand/ roepafstand; uitgevoerd in de oscillogram.



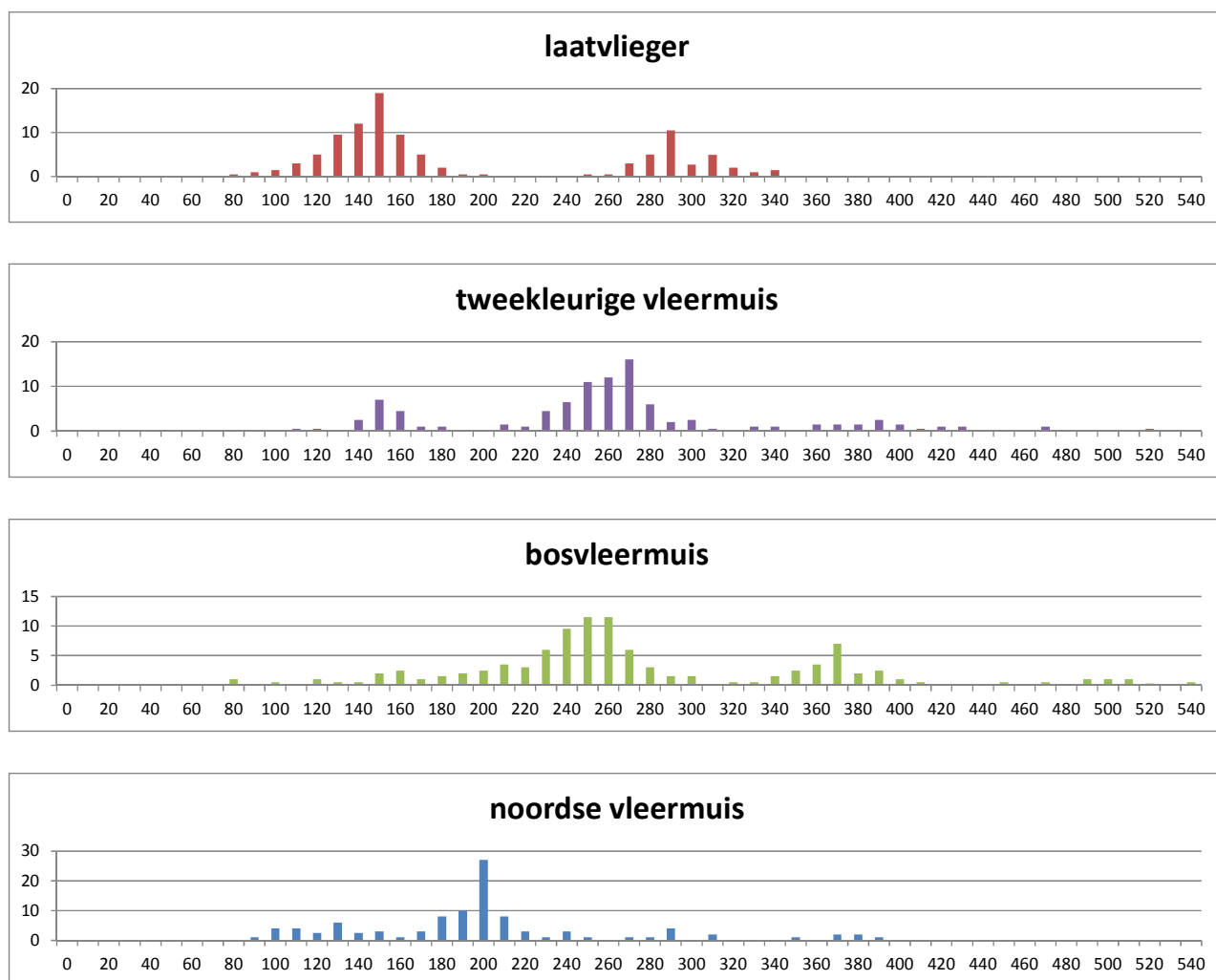
FIGUUR 4: EEN OSCILLOGRAM OF AMPLITUDE TIJD PLOT. VOOR EN NA DE PULS IS HET RUISNIVEAU ZICHTBAAR. NA DE PULS IS EEN ECHO TE ZIEN. BRON: F. CORNELIS. DE RUITVORM GEEFT AAN DAT DE AMPLITUDE SNEL STIJGT EN ABRUPT AFNEEMT.



FIGUUR 5: MEERDERE TIJDSTAPJES VAN EEN SPECTROGRAM, WORDT VERTAALD NAAR KLEUREN IN EEN SONARGRAM. BRON: F. CORNELIS.



FIGUUR 6: EEN SPECTROGRAM, OOK WEL POWER-SPECTRUM GENOEMD. DE OPTELLING VAN ALLE AMPLITUDE BIJ BEPAALDE FREQUENTIES. FMAXENERGIE IS AANGEGEVEN MET EEN PLUSTEKEN. BRON: F. CORNELIS.



FIGUUR 7: PULSERHALINGSFREQUENTIES (IN PERCENTAGES) VOOR 4 STERK GELIJKENDE SOORTEN. BRON: SKIBA 2011.

3. WELKE GELUIDEN ZIJN OP SOORT TE ANALYSEREN EN WELKE NIET?

Niet alle vleermuisgeluiden zijn op naam te brengen en niet elk geluid dat we waarnemen of opnemen is op naam te brengen. Een van de belangrijkste voorwaarden voor determinatie met een analyseprogramma is een goede kwaliteit van de opname. Er zijn diverse factoren die de kwaliteit van een opname bepalen.

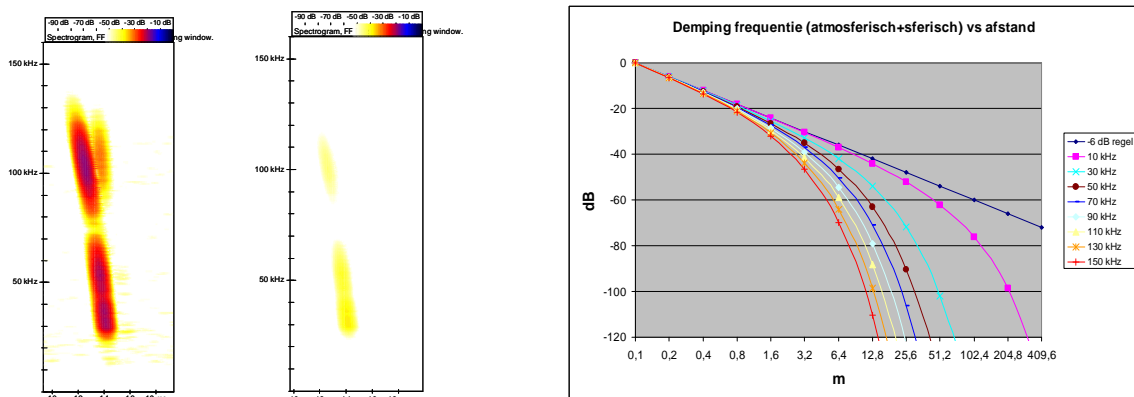
Een tweede voorwaarde is het opnemen van het juiste deel van het geluid van vleermuizen en ook dit deel te gebruiken voor determinatie. Alleen de geluiden uit de 'zoekfase' en de sociale geluiden zijn soortspecifiek.

3.1 EFFECTEN VAN OMGEVINGSFACTOREN

Geluiden worden sterk gedempt door de atmosfeer, maar niet alle frequenties in de gelijke mate. De hogere frequenties worden sterker gedempt dan lagere. Bij vleermuizen die wat verderaf vliegen "verdwijnen" daardoor de hoogste frequenties uit de opname. Wanneer de startfrequentie (Fmax) belangrijk is voor het onderscheiden van soorten, dan zullen minder goede opnamen eerder uitkomen op een soortgroep dan op een soort. De luchtvochtigheid beïnvloedt de demping. Bij hoge luchtvochtigheid, bv. in een tropisch regenwoud, of bij nevel of mist in Nederland is er meer demping en worden de hogere frequenties minder opgenomen.

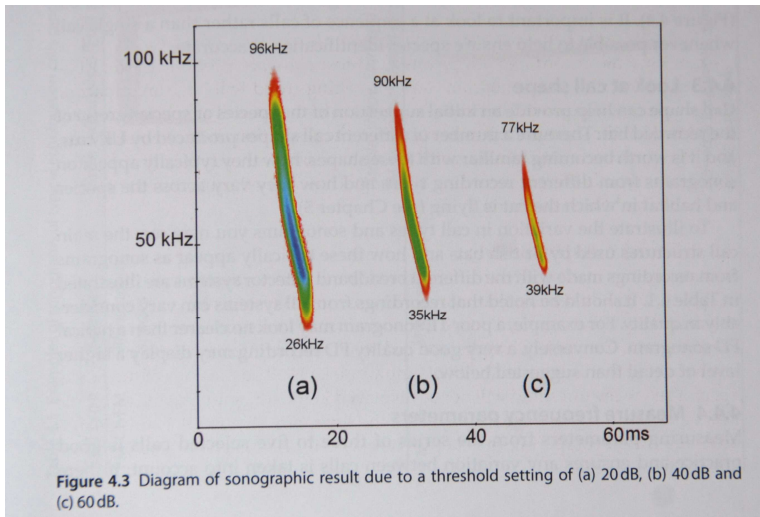
Geluid wordt niet altijd direct van mond van de vleermuis naar de microfoon opgenomen. Wanneer het geluid indirect is opgenomen, bijvoorbeeld als reflectie van een hard oppervlak of van het bladerdek, worden er altijd 'meerdere pulsen door elkaar' opgenomen, meerdere reflecties, of de directe puls samen met reflecties. Er ontstaan dan knopen in het sonogram. Bij soorten zoals de watervleermuis en meervleermuis, die vlak boven het wateroppervlak vliegen nemen wij vrijwel altijd een direct geluid plus een net wat later binnenkomend indirect geluid van het wateroppervlak op.

Bij het tweede plaatje van links ziet de sonogram er vervaagt uit. Dit is maar deels te verhelpen door de kleurdrempel bij te stellen.

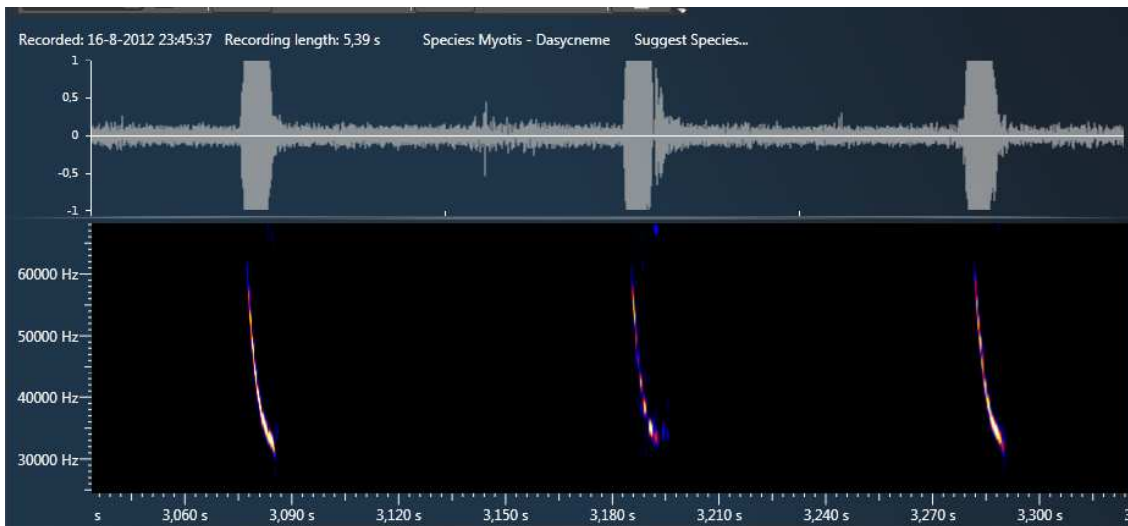


FIGUUR 8: DEMPING VAN GELUID DOOR LUCHT IS AFHANKELIJK VAN AFSTAND, HOGE FREQUENTIES WORDEN STERKER GEDEMPD. BRON: F. CORNELIS.

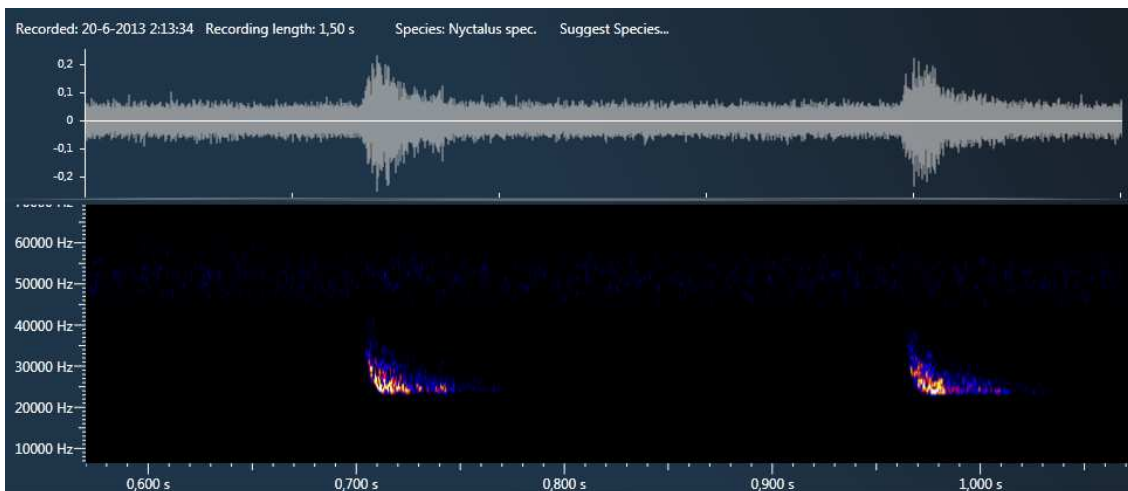
Demping per meter	
kHz	dB
1	-0,05
10	-0,2
100	-1



FIGUUR 9: EEN VAN DE MICROFOON AFVLIEGENDE MYOTIS-SOORT. LET OP DE DOPPLER SHIFT NAAR LAGERE WAARDEN EN HET "VERDWIJNEN" VAN DE HOGERE. DOOR EEN STEEDS TOENEMENDE DREMPELWAARDE WORDT HET ZACHTERE DEEL AAN BEGIN EN AAN EIND NIET WEERGEGEVEN.



FIGUUR 10: INDIRECTE OPNAME VAN EEN MEERVLIERMUIS, HIER MET KNOPEN DOOR REFLECTIES VAN HET WATER OPPERVLAKTE.



FIGUUR 11: OPNAME DOOR HET BLADERDAK HEEN VAN EEN NYCTALUS SOORT.

Soms overlappen de echo's met de pulsen. Sommige geluidsparementers, zoals Fmax, zijn nog wel te bepalen, maar anderen zoals IPI en Feind niet.

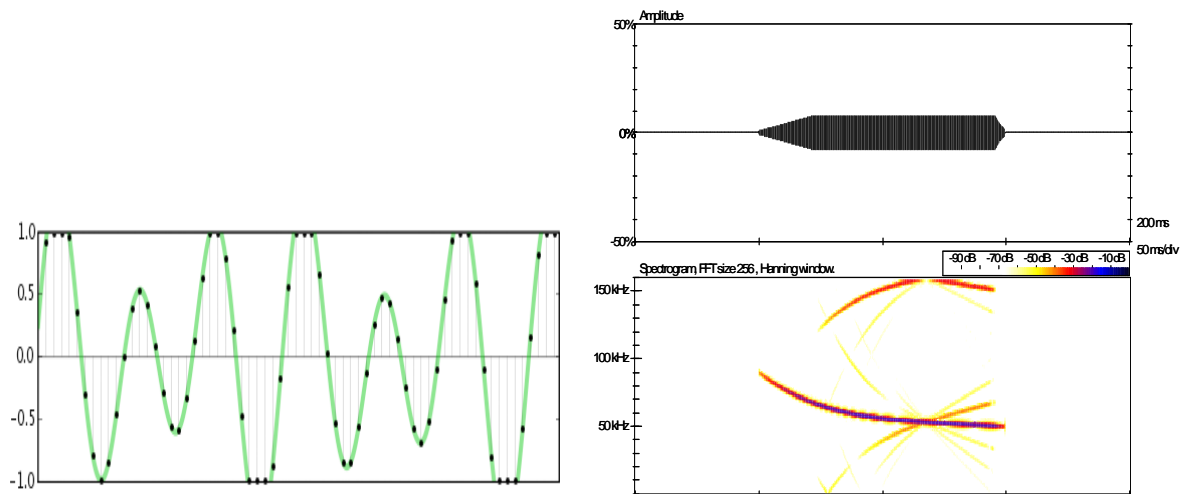
3.2 EFFECTEN VANUIT DE OPNAME

Voor het kunnen analyseren van vleermuisgeluiden ben je afhankelijk van een waarneem- en opname-apparaat. Soms gebeurt waarnemen en opnemen met één apparaat, zoals met de batlogger, D100, D500 of echometer. In ander gevallen worden twee apparaten aan elkaar gekoppeld. Bijvoorbeeld de combinatie van een vleermuisdetector met Time-Expansion (D240x, ..) of Frequency Division (D230, ..._) en een (digitale) geluidsrecorder.

Oversturen

Als detector en opname-apparaat niet goed op elkaar ingesteld zijn, kan het voorkomen dat het uitgangssignaal van de detector sterker is, dan het dynamisch bereik (verschil tussen het zachtste signaal en hardste signaal dat een apparaat verwerken kan) van het opname apparaat. In zo'n geval wordt de amplitude geclippt. Wanneer vleermuizen te dicht bij de microfoon vliegen, kan de geluidsterkte hoger zijn dan het dynamisch bereik van de detector(microfoon) en ook dan ontstaat clipping. Dit gebeurt ook met de batlogger op een auto of in een tuin. Hierdoor kunnen de geluidsanalyse programma's niet goed de juiste frequenties bepalen.

Dit is in een sonogram terug te zien als vreemde slingerende figuren om de puls heen zie figuur 12.



FIGUUR 12: EEN DIE AMPLITUDE HOGER IS DAN OPGENOMEN KAN WORDEN, WORDT GECLIPPT, HIERDOOR ONTSTAAT ER EEN BLOKKERIGE GOLF. HIERDOOR WORDT IN EEN FFT DE FREQUENTIE NIET GOED BEPAALD EN ONTSTAAN ER VREEMDE BOVENTONEN. ALS ER GEEN LAAG DOORLAATFILTER IN HET APPARAAT ZIT WORDEN DEZE ZWAKKER EN OMGEKLAAPT (GESPIEGELD) WEERGEGEVEN. BRON: F. CORNELIS.

Te lage sampling-frequentie bij het digitaliseren

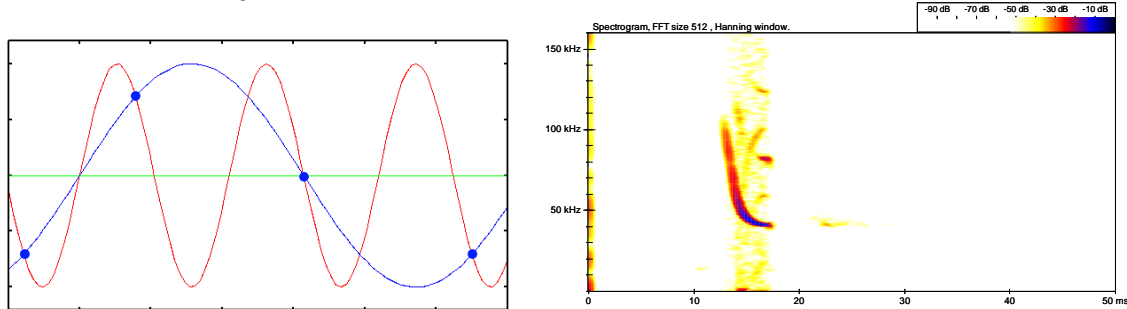
Een ander technisch probleem kan zijn dat de microprocessor of AD-converter, die het analoge ultrasoon signaal in een digitale signaal om moet zetten, te langzaam is. Er zijn ten minste twee metingen per golf nodig, om later een goede bepaling van de frequentie te kunnen doen. Voor het digitaliseren moet er dus gesampeld worden met een frequentie die ten minste twee keer hoger is dan de hoogste frequentie in het signaal. Wil je tot 120 kHz opnemen dan moet het gehele systeem ten minste 240 kHz zijn. Wil je een TE-signaal van 12 kHz opnemen moet je opname apparaat met 24 kHz kunnen samplen. Toch zijn met een te lage frequentie gedigitaliseerde vleermuisgeluiden vaak nog verrassend goed te gebruiken, mits je door hebt dat het signaal vanaf de frequenties boven de halve sampling-frequentie omgevouwen wordt (zie figuur 12).

Behalve de samplingfrequentie kan ook de 'bit-rate' worden ingesteld. Bit-rate staat voor het aantal stapjes waarin de amplitude gecodeerd wordt. Bij 8 bits is dit $2^8 = 256$ stapjes bij 16 bits is dit 65536 stapjes.

Gebruik je bv. een Petterson D240X, dan moet je opnameapparaat op ten minste 30,7 KHz staan. 44 khz en 8 bits is een goede instelling, waarmee je tot 22 kHz (10 x vertraagde TE opname) prima kan verwerken. 8 bits is voldoende voor een goede resolutie in de amplitude. Hogere bit-rates vergen alleen meer opslagcapaciteit. Hogere samplefrequenties kunnen leiden tot het ontstaan van artefacten in het A/D proces. Let wel op dat detector en recorder gelijk staan afgesteld, en beiden pas bij hele harde geluiden net een beetje oversturen.

	Sample frequentie	Bit-rate
SuperAudio	96 kHz	24 bits
Pettersson D240x	307 kHz 153 kHz	8 bits 8 bits
Pettersson D500	300 kHz 500 kHz	16 bits 16 bits
Batlogger 2.0	312,5 kHz	16 bits
Batcorder 2.0	500 kHz	16 bits
Echometer	384 kHz	16 bits

TABEL 2: SAMPLE-FREQUENTIES EN BIT-RATES VAN VEEL GEBRUIKTE DETECTOR SYSTEMEN



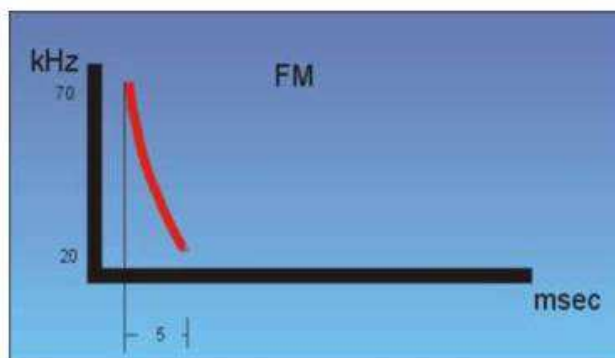
FIGUUR 13: EEN GEALLIASD SIGNAAL, DOOR EEN TE LAGE SAMPLE-FREQUENTIE WORDT (IN ROOD) VERVORMD TOT EEN LAGERE (BLAUW). IN DE SONARGRAM "ONTSTAAN" OMGEVOUWEN SIGNALLEN. HIER WORDT DE TWEEDE BOVENTOON EERST OMGEVOUWEN EN AAN HET EINDE, "BINNEN HET BEREIK" CORRECT WEERGEGEVEN. BRON: F. CORNELIS.

3.3 HET JUIST METEN VAN GELUIDSKARAKTERISTIEKEN

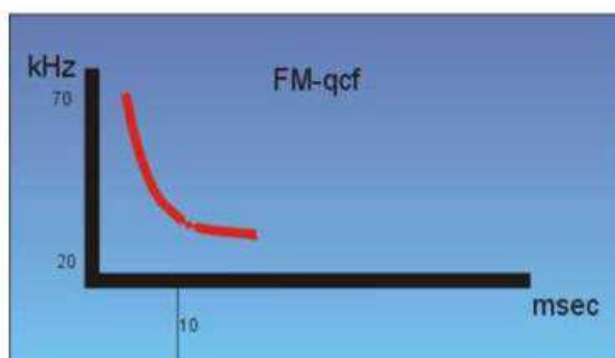
Er zijn diverse karakteristieken die vleermuisgeluiden beschrijven. Er bestaat (nog) geen uniforme benaming voor de diverse parameters. Er zijn een zestal benamingen, die door veel mensen die vleermuisgeluid analyseren t.b.v. de determinatie gebruikt worden. Maar er zijn enkele regels die je moet volgen om de geluiden goed op te meten.

Daarnaast zijn er nog eens ruim 30 andere parameters. Deze worden veelal niet gebruikt wanneer mensen met de hand parameters bepalen, maar wel door geluidsherkenningprogramma's. Deze zijn voor de meeste soorten niet zo waardevol, maar kunnen helpen de "lastige" soorten in de Myotis-groep beter te kunnen onderscheiden.

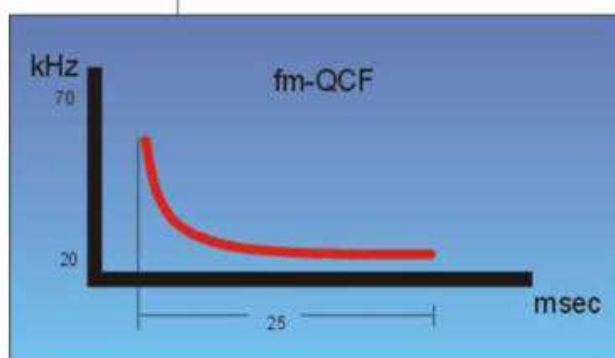
ANALYSEREN IS VOORAL GOED MOGELIJK AAN DE HAND VAN GOED OPGENOMEN GELUIDEN. MAAR SOMMIGE SOORTEN HEBBEN ZULKE KARAKTERISTIEKE PULSEN, DAT IN EEN SONARGRAM DEZE NOG VISUEEL TE HERKENNEN ZIJN, TERWIJL ZIJ IN BV. EEN OSCILLOGRAM NIET MEER TE HERKENNEN ZIJN (BV. DOOR EEN SLECHTE SIGNAAL/RUIS-VERHOUDING).



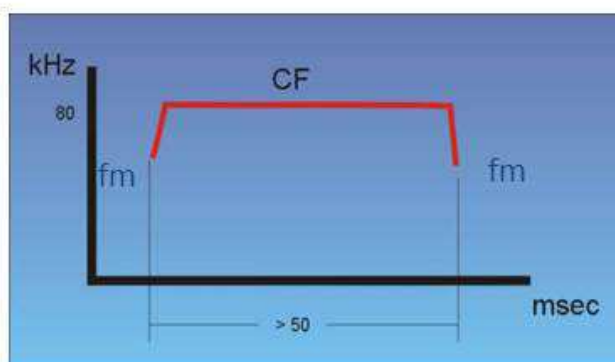
FM =
Frequency Modulated



FM-qcf =
FM with a little shallow fm / qcf
qcf = quasi constant frequency



fm-QCF =
a little fm
ending in long shallow fm / QCF



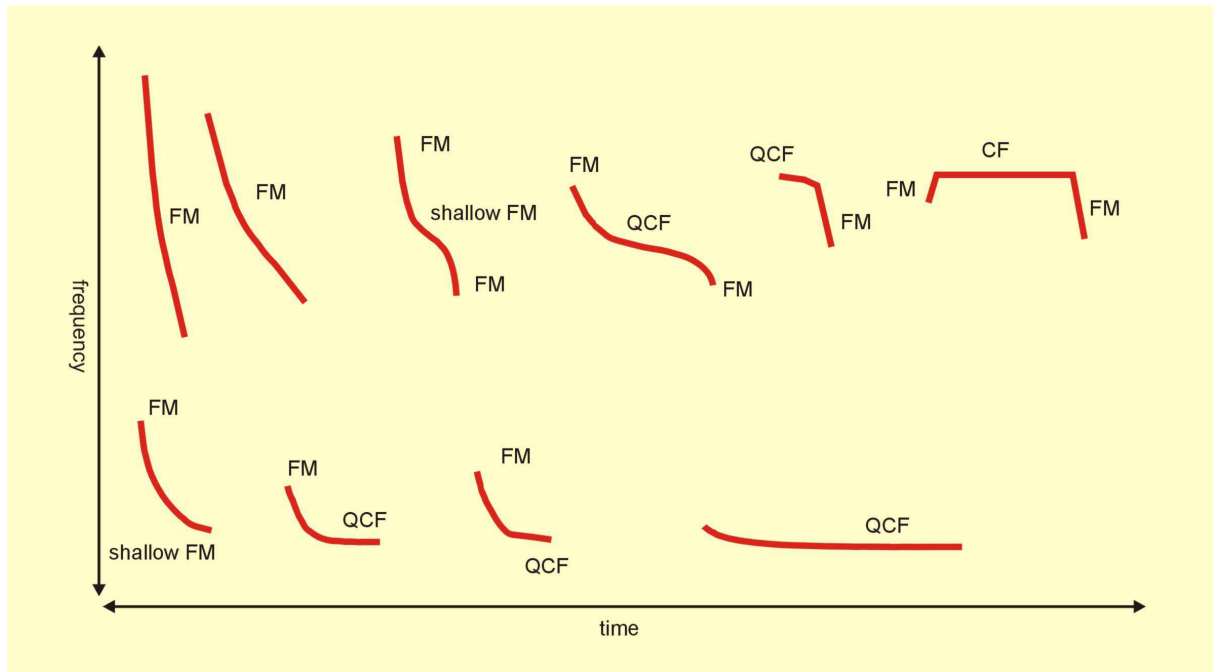
CF= Constant Frequency

FIGUUR 14: BESCHRIJVING VAN DE TYPERINGEN: FM, QCF EN CF IN VLEERMUISGELUID. FM STAAT VOOR FREQUENTIE GEMODULEERD GELUID, DAT IS GELUID DAT VAN FREQUENTIE VERANDERT. CF STAAT VOOR CONSTANT FREQUENT GELUID.

QCF STAAT VOOR QUASI OF BIJNA-CONSTANT GELUID, DAT IS GELUID DAT SLECHTS HEEL LANGZAAM VAN FREQUENTIE VERANDERT.

FM-QCF, FM-QCF, FM-QCF EN QCF GELUIDEN ZIJN IN FEITE 'FM-GELUIDEN'. MAAR HET ZIJN WEL FM-GELUIDEN WAARIN DE SNELHEID VAN DE VERANDERING VAN DE FREQUENTIE IN DE LOOP VAN DE PULS VERSCHILLEND IS, WAARDOOR

DE TYPISCHE PULSVORM ONTSTAAT. DOOR TE WERKEN MET HOOFDLETTERS EN KLEINE LETTERS GEVEN WE AAN OF HET AANDEEL FM OF QCF IN DIE PULS DIE WE WILLEN BESCHRIJVEN, RELATIEF GROOT OF JUUST KLEIN IS.



FIGUUR 15: DE VERSCHILLENDE PULSVORMEN ZOALS WE DIE WE ZIEN BIJ VLEERMUIZEN. NB:

3.4 BEPALING VAN ENKELE TIJDSKARAKTERISTIEKEN; PULSLENGTE EN INTER-PULS-INTERVAL

Een belangrijke parameter is de pulslengte. Deze wordt gemeten vanaf puls aanvang tot puls einde. Dit kan in het sonogram, maar het is nauwkeuriger om dit in een amplitudegrafiek/oscillogram te doen.

Bij zwakkere geluiden is de feitelijke start van de puls, zoals de vleermuis hem maakte, door de sterke demping van hoogfrequente geluiden door de atmosfeer, niet zo nauwkeurig te bepalen. Soms is de eindtijd niet zo goed te bepalen door de aanwezigheid van overlappende sterke echo's. In dat geval is het einde van de puls (relatief) beter te bepalen in een sonogram. In andere gevallen zijn begin en eindtijd niet goed te bepalen door een slechte signaal-ruisverhouding. Ook dan is het sonogram, als tweede keus, toch de oplossing.

Soorten van het genus *Myotis* gebruiken meestal korte pulsen van 1,5 - 5 (12) ms lengte. Vleermuizen met een FMqcf puls, met qcf > 35 kHz, hebben grofweg pulslengtes van 5-10 (15) ms, en soorten met een fmQCF puls, met QCF < 35 kHz, pulslengtes van 10- 18 (26) ms.

De programma's Batexplorer, Batscope, BCID en Ecoobs bepalen tijdskenmerken automatisch. Maar afhankelijk van de vooraf ingestelde criteria wordt er net wat anders gemeten.

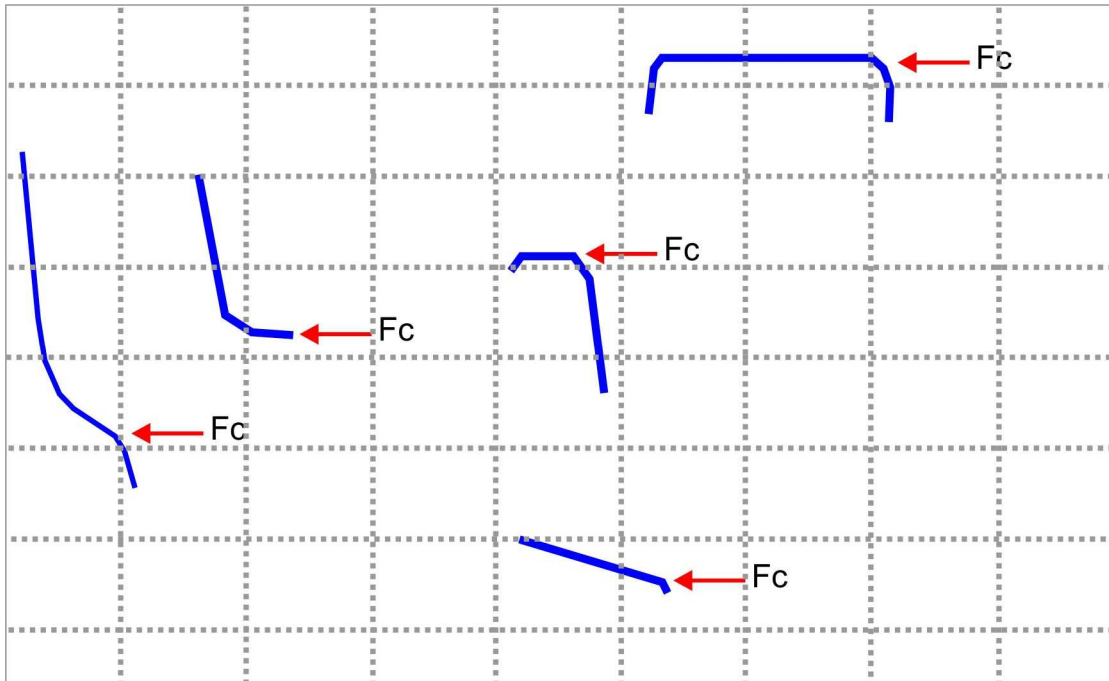
Geluidsprogramma's kunnen geen onderscheid maken in de verschillende fasen of typen gedrag. Ook stoorgeluiden en echo's worden in meer of minder mate opgemeten (mee-gemeten). Sociale geluiden worden beoordeeld alsof het normale echolocatie geluiden zijn. Wij raden daarom aan die programma's vooral te gebruiken, maar zeker niet klakkeloos op de door de programma's gemeten parameters of de door de programma's gesuggereerde soortdeterminatie te vertrouwen.

3.5 BEPALING VAN ENKELE FREQUENTIE KARAKTERISTIEKEN; FSTART/FMAX, FEND/FMIN

Voor de bepaling van de frequentiekenmerken kan een Sonogram gebruikt worden. We raden aan eerst via het oscillogram te bepalen waar de puls begint en eindigt. Deze cutoff waarde, begin en eind van de puls, moeten altijd aangegeven worden, evenals het aantal FFT's als je de waarden geeft voor Fstart en Fend.

De programma's Batexplorer en Ecoobs doen dit automatisch. Maar afhankelijk van de vooraf ingestelde criteria zijn afwijkingen mogelijk. Het programma batexplorer geeft naast de waarden voor de individuele pulsen ook de gemiddelde waarde voor alle pulsen in een opname.

De QCF is een belangrijke parameter om te bepalen. Dit is de frequentie met de vlakste helling. Meestal wordt dit direct in een sonagram gedaan, waarin het QCF deel als vlak deel in de puls zichtbaar is. Afhankelijk van de snelheid en richting van het dier en de waarnemer kan er doppler shift ontstaan, waardoor de frequentie van dat vlakke deel wat hoger of lager ligt¹. De hoogste verschuivingen zijn zichtbaar bij dieren die op ons af en van ons weg vliegen.



FIGUUR 16: BEPALING, LIGGING VAN DE QCF (IN FIGUUR FC GENOEMD) AAN VERSCHILLENDE PULSVORMEN.

3.6 AMPLITUDE KARAKTERISTIEKEN

De vorm van de amplitude ofwel het oscillogram kan diverse vormen hebben. Het oscillogram van soorten van het genus *Myotis* heeft meestal een scherpere ruitvorm vorm. Bij soorten met QCF zien we een meer kogelvormig oscillogram. Dit laat zien dat de amplitude van *Myotis*-soorten (relatief) snel en sterk toeneemt en ook weer afneemt, terwijl bij soorten met QCF de amplitude toeneemt tot een maximum dat vervolgens enige tijd wordt aangehouden. De lengte van de puls van een bepaalde soort bepaalt mede de amplitudevorm. **Zie intraspecifieke variatie.**

Door interferenties kunnen er dalen ontstaan (knopen). Ook de microfoonrespons is hier van invloed op. Er worden twee waarden gebruikt. De 'intensiteit in de start' (eerste kwart of 1/16) van de puls en de 'intensiteit aan het einde' (laatste kwart of 1/16 van de puls).

3.7 BEPALING VAN ENKELE AMPLITUDE—FREQUENTIE KARAKTERISTIEKEN; FPEAK/FPIEK-ENERGIE/FMAX-ENERGIE

De belangrijkste karakteristiek is de Frequentie met de hoogste amplitude, Fmax-energie. Deze wordt bepaald door in het oscillogram de hoogste waarde te zoeken en dan het bijbehorende sonagram de bijbehorende frequentie te zoeken. Een andere mogelijkheid is door in een spectrogram de frequentie te zoeken met de hoogste gesommeerde energie, dit is de Fpiek-energie.

¹ ALLE FREQUENTIES VERSCHUIVEN, MAAR HET IS IN HET QCF DEEL HET BEST ZICHTBAAR!

Het opmeten van geluidparameters t.b.v. het herkennen van vleermuissoorten

	ANALYSE IN VELD → TUNEN MET HETERODYNE ANALYSE IN LAB → TIME EXPANSION (TE) OF REALTIME (RT)
AAN FREQUENTIE GERELATEERDE PARAMETERS	
NB:	TIJD-FREQUENTIE-ONZEKERHEIDSPRINCIPE
FM-SNELHEID / VORM / KROMMING	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar in sonogram: interpretatie door persoon - de tijd en frequentie instellingen van het scherm bepalen mede hoe de puls er uit ziet. Begin daarom voor het beoordelen van de vorm van het signaal altijd met een standard verhouding tussen tijd en frequentie
BESTE LUISTER FREQUENTIE	<ul style="list-style-type: none"> - voor FM-soorten zichtbaar en gemeten in oscillogram and spectrogram - voor FM-QCF-FM soorten: zichtbaar in sonogram, oscillogram en spectrogram - het beste te meten in FFT-spectrogram van (specifiek deel van) de puls
QCF FREQUENTIE	<ul style="list-style-type: none"> - voor 'QCF soorten ≈ beste luister frequentie - zichtbaar en meetbaar in sonogram - het beste te meten in FFT-spectrogram van QCF-deel in sonogram
DOPPLER EFFECT	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in QCF frequentie, als dier snel en rechtlijnig langs waarnemer vliegt
AFWISSELENDE PULS TYPES	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in QCF frequentie - meetbaar in FFT-spectrogram (van specifiek deel van QCF) van op elkaar volgende pulsen
VERDELING VAN ENERGIE /	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en interpreteerbaar in oscillogram, FFT-spectrogram en sonogram
AANWEZIGHEID HARMONISCHEN	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in sonogram en FFT-spectrogram - het best te meten in FFT-spectrogram
BANDBREEDTE	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in sonogram en FFT-spectrogram - het best te meten in FFT-spectrogram van begin- en einde van de puls
F_{MAX} / F_{START}	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in sonogram en FFT-spectrogram - het best te meten in FFT-spectrogram van begindeel van de puls
F_{MIN} / F_{EIND}	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar en meetbaar in sonogram en FFT-spectrogram - het best te meten in FFT-spectrogram van einde van de puls
AAN TIJD GERELATEERDE PARAMETERS	
PULSLENGTE	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar (en meetbaar) in sonogram en oscillogram - het beste meetbaar in oscillogram
INTERVALLENGTE	<ul style="list-style-type: none"> - van eind puls tot begin volgende puls - zichtbaar (en meetbaar) in sonogram en oscillogram - het beste meetbaar in oscillogram
INTER-PULSE-INTERVAL	<ul style="list-style-type: none"> - van begin puls tot begin volgende puls - zichtbaar (en meetbaar) in sonogram en oscillogram - het beste meetbaar in oscillogram
HERHALINGSFREQUENTIE	<ul style="list-style-type: none"> - zichtbaar (en meetbaar) in sonogram en oscillogram - het beste meetbaar in oscillogram
RITME	<ul style="list-style-type: none"> - interpreteerbaar door luisterende mens? - Te objectiveren door weergeven groter aantal IPI's of intervallengtes in staafdiagram

4. SOORTHERKENNING

4.1 DE TYPOLOGIE VAN VLEERMUISGELUIDEN

Elke soort vleermuis gebruikt zijn eigen set echolocatie geluiden, maar er is veel variatie door aanpassing van echolocatie geluid aan de omgeving (dicht bij of veraf van reflecterende omgeving) of gedrag (op route, jagend, patrouillerend, zwermend). Dit noemt men de variatie aan echolocatie geluiden ofwel de intraspecifieke variatie.

Grofweg zijn er twee groepen echolocatiegeluiden te onderscheiden. Afhankelijk van de vorm van het geluid kunnen de soorten worden onderverdeeld in twee basis groepen:

- soorten die **CF geluid** (Constance Frequentie) gebruiken, en
- soorten die **FM geluid** (Frequentie Modulatie/verandering) gebruiken.

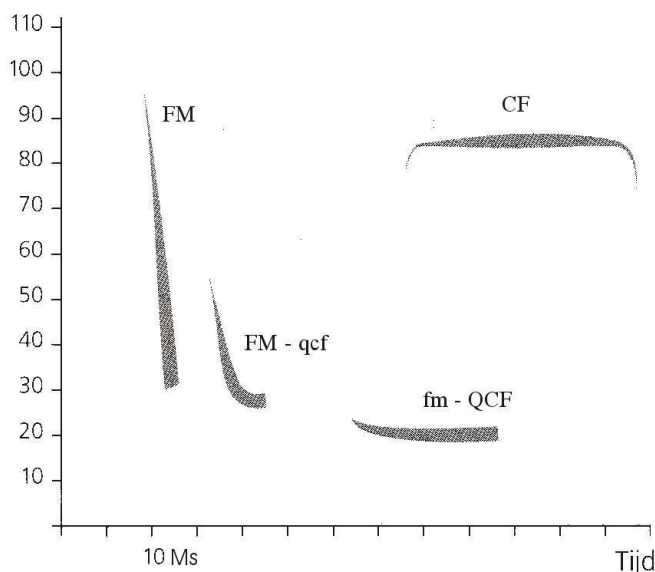
Die laatste groep kan weer worden onderverdeeld in

- soorten die een relatief stijl puur FM geluid gebruiken, met een snelle en relatief constante verandering van de frequentie,
- soorten die een FM-qcf geluid gebruiken, en aan het steilere snellere van frequentie veranderende FM begindeel, een korter stukje langzamer van frequentie veranderend geluid plakken, een zogenaamd QCF deel (Quasi of bijna Constant Frequent) plakken,
- en soorten die een fm-QCF geluid gebruiken, met een korter deel fm deel aan het begin en een groter langzamer van frequentie veranderend QCF deel aan het eind.

De definitie voor QCF is een verandering van frequentie van minder dan 1kHz per milliseconde.

In Europa schrijven we QCF en FM met hoofdletters of kleine letters om het relatieve aandeel in de totale puls te benoemen. Op basis van de hiervoor genoemde variatie aan FM typologieën, kunnen allerlei voorkomende vormen van de sonogrammen van de FM gebruikende soorten worden beschreven en benoemd. De al genoemde FM, FM-qcf en fm-QCF, tussenvormen als FM-QCF, FM-vlakker-fm-FM, FM-qcf-FM en FM-QCF-FM, maar ook qcf-FM of puur QCF. En in feite zijn de echte CF signalen ook fm-CF-fm signalen.

Vleermuizen gebruiken altijd die pulsform die de door hen gewenste informatie in de echo oplevert. Daarbij levert FM meer precisie in de bepaling van de afstand, en QCF een grotere reikwijdte maar minder resolutie. De verschillende soorten gebruiken dan ook pulsformen die goed werken bij hun specifieke jachtstijl in het voorkeurshabitat van die soort. Dat is de basis waarop wij soorten determineren aan hun geluid. Tegelijk passen alle soorten hun pulsform (van meer FM en minder qcf, naar minder fm en meer QCF) weer aan afhankelijk van hoe en waar ze net jagen. Dat maakt determineren van vleermuizen aan hun geluid een spannende uitdaging.



FIGUUR 17: DE VIER HOOFDTYPEN ECHOLOCATIE GELUIDEN.

4.2 DE ONDERVERDELING VAN VLEERMUISGELUIDEN NAAR SOORTGROEPEN

Van hoofdgroep CF komen in Nederland geen soorten meer voor, maar kunnen wel in België en Duitsland waargenomen worden. Dit zijn de kleine hoefijzerneus en de grote hoefijzerneus.

De hoofdgroep **FM** kan verder onderverdeeld worden in drie groepen:

- puur FM: Soorten met een steile FM puls met een zeer grote bandbreedte in de frequentie (> 100 kHz tot ongeveer 20 kHz): sommige puls vormen van de Franjestaart en ---van de Bechstein's vleermuis.
- Puur FM: Soorten met een steile FM puls, met relatief hoge frequenties (> 100 kHz tot ongeveer 50 a 45 kHz): Ingekorven vleermuis en Nymfvleermuis
- FM-vlakker-fm-FM → FM-qcf-FM: Soorten met een duidelijke knik (het vlakke fm deel) en een relatief grote bandbreedte in frequentie. Dit zijn de *Myotis*-soorten, die hier niet verder behandeld worden.

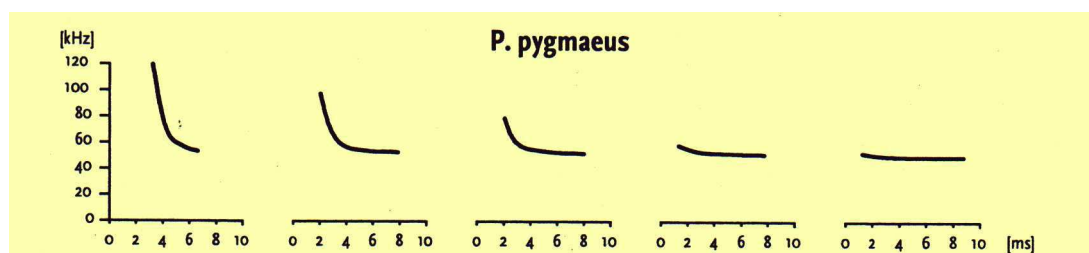
De hoofdgroep **FM-QCF** kan verder onderverdeeld worden in drie groepen.

- FM-qcf: Soorten met aan het eind van hun FM deel een zeer kort qcf deel, met zeer korte pulsen en vaak sterke boventonen: Gewone en grijze grootovleermuis.
- FM-qcf tot fm-QCF: Soorten met een qcf tot QCF deel boven de 35 kHz; Kleine dwergvleermuis, gewone dwergvleermuis en ruige dwergvleermuis.
- FM-QCF tot fm-QCF en QCF Soorten met een QCF deel onder de 35 kHz; Noordse vleermuis, laatvlieger, bosvleermuis, tweekleurige vleermuis, rosse vleermuis en sommige puls vormen van geluiden van de meervleermuis.

4.3 INTRASPECIFIEKE VARIATIE: DE VARIATIE BINNEN EEN SOORT

Echolocatiegeluiden zijn voor veel vleermuizen essentieel als oriëntatie middel en middel om prooi te vinden. Vleermuizen zijn opportunisten met betrekking tot voedselkeuze en jachtwijze. Wanneer lokaal grote hoeveelheden prooidieren aanwezig zijn kunnen meerdere soorten hier gaan jagen. DE eigen grootte, maar afgeleid daarvan de begrootheid en kaakkracht bepalen welke insectengroepen en insectengroottes er gegeten kunnen worden. Vleugelvorm en gewicht per vleugeloppervlakte bepalen welke manoeuvres mogelijk zijn en wat de minimale snelheid en maximale vliegsnelheden zijn.

Naarmate vleermuizen dichter op de vegetatie of lager bij de bodem jagen wordt de puls korter en wordt meer FM gebruikt. Figuur 19 geeft afzonderlijke pulsen weer van een kleine dwergvleermuis, van jagen in de boomkronen (links), jagen in een laan (midden) tot aan jagen boven open water (rechts).



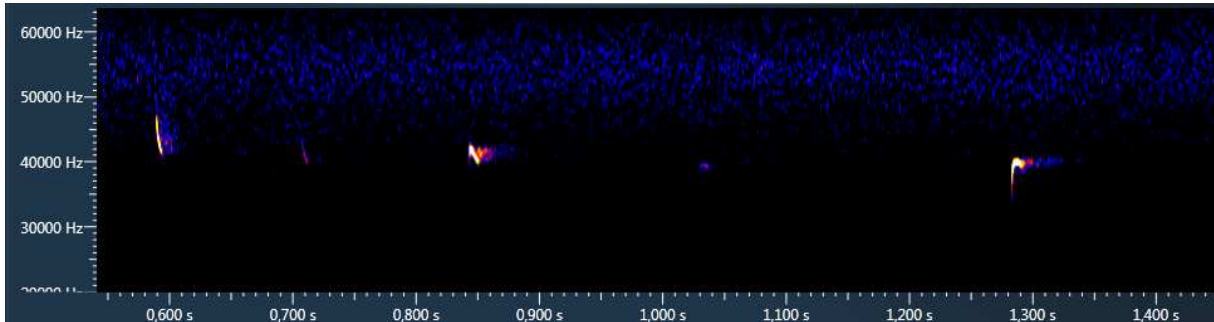
FIGUUR 18: INTRASPECIFIEKE VARIATIE BIJ KLEINE DWERGVLEERMUIS. AANPASSING VAN HET GELUID AAN DE OMGEVING, BINNEN EEN SOORT. SOORTEN DIE AANGEPAST ZIJN AAN EEN (HALF) OPEN OMGEVING LATEN DE GROOTSTE VARIATIE AAN ECHOLOCIETIEPULSEN ZIEN. BRON: DIETZ.

4.3 SOCIALE GELUIDEN

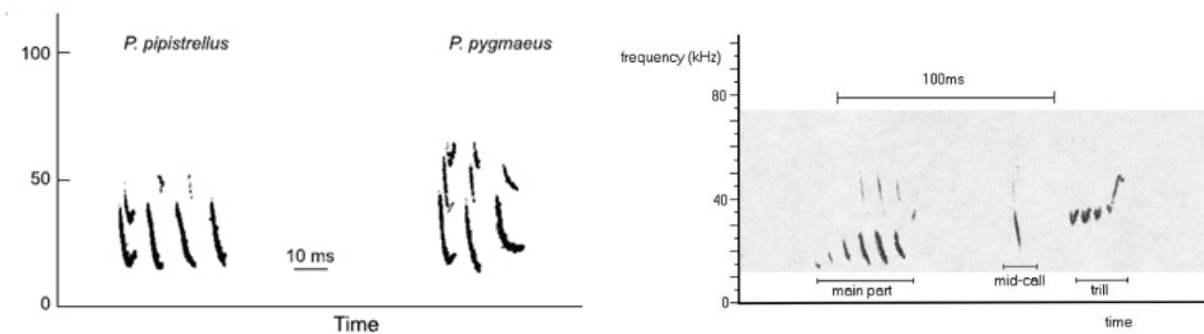
Iedere vleermuis gebruikt ook diverse sociale geluiden. Deze worden gebruikt bij de moeder-jong interacties, bij afschermen van jachtterritoria, het "wijzen" naar verblijfslocaties en bij de interacties tussen mannetje vrouwtjes (paarterritoria).

Een bijzondere groep zijn de baltsgeluiden waarmee mannetjes onderling paarterritoria of verblijven afschermen, en ze hun aanwezigheid en het hebben van een paarterritorium/verblijf adverteren. Het zijn geluiden die mannetjes (en soms ook vrouwtjes) laten horen tijdens de paartijd. Het zijn meestal laag frequente signalen, omdat deze over grotere afstanden hoorbaar moeten zijn.

Sociale geluiden zijn vaak complexe signalen met een of meerdere strofen (een strofe is een reeks sociale pulsen kort op elkaar). Deze signalen hebben vaak ook sterke boven tonen. . Maar soms zijn het alleen kleine modulaties op het echo-locatiesignaal. Dit laatste type valt met het luisteren naar Time Expansion opnamen meestal niet meteen op, deels omdat je ze mist bij het direct naluisteren, deels doordat het subtiele veranderingen zijn. Bij langere opnamen van time Expansion signalen, zoals van een Pettersson D240x, en bij real time opnamen, zoals van een batlogger of echometer SM3 blijken deze frequent aanwezig.



FIGUUR 19: KLEINE MODULATIE VAN ECHOLOCATIE GELUID (RUIGE DWERGVLEERMUIS OP MIGRATIE)



FIGUUR 20: BALTSROEPJES VAN GEWONE DWERGVLEERMUIS, KLEINE DWERGVLEERMUIS EN RUIGE DWERGVLEERMUIS.

Gewone dwerg regelmatig 2-3 (5) roepjes laatste puls gelijk of lager eindigend.
 Kleine dwerg iets sneller en laatste puls iets hoger eindigend.
 Ruige dwergvleermuis strofe bestand uit 3-5 delen.

5. GELUIDSANALYSE IN 3 STAPPEN

STAP 1: BEPAAL KWALITEIT EN NEEM DE JUISTE PULSEN

Bepaal eerst kwaliteit van de opname:

- is er een goede signaal/ruis verhouding

< xx db geen goede analyse voor FM soorten (= x% van schaal)

Met 2 bits mogelijk bij fm-QCF soorten (= y% van schaal)

Artefacten:

- (afgevlakt op 1), in sonogram sterke derde harmonische aanwezig (door blokgolfvorm)
- Alaising: sampling-frequentie lager dan 2 x hoogste te verwerken frequentie (oplossing lowpass filtering)

Beoordeel gedrag:

- Voorbij vliegen (bv. op vliegroute)
- Jagen: zoekfase, vervolging (minder geschikt) /vangst-buzz (niet geschikt)
- Zwermen
- Sociale roep of baltsroep?
- Bepaal doppler shift (detector stationair of niet?)

Beoordeel pulsvorm:

- fm-QCF (>35 kHz) (Pip species)
- fm-QCF (<35 kHz) (Nyc, Ept, Verspertillio species)
- en andere – zie tekst

- FM-qcf (Plec species)
- FM einde laag (Myotis species)
- FM einde midden freq range (rare myotis species)

- Geen vleermuizen: vogels, sprinkhanen
- Mechanisch: autoreem, versnellingsnaaf, mechanische ventilatie
- Electromagnetisch veld: marterverschrikkers, auto-alarm, schrikdraad, Wifi's

STAP 2: HET METEN VAN VLEERMUISGELUIDEN

Belangrijke frequentie-gerelateerde parameters zijn:

Fstart = Fmax en Feind = Fmin:

Bepaal start en einde puls in oscillogram.

Bandbreedte Frequentie = Fstart \leftarrow \rightarrow Feind / Fmax \leftarrow \rightarrow Fmin

Bepaling FmaxE:

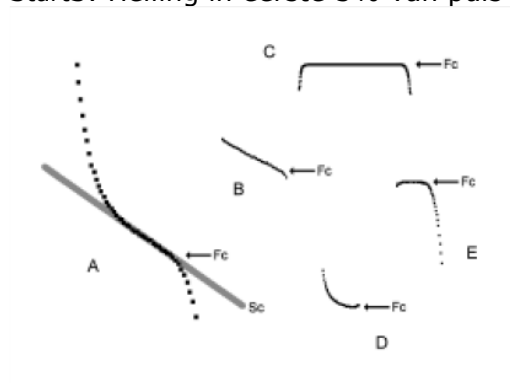
Direct in frequentiespectrum

Fpiek is niet de beste parameter, FmaxE is beter

Belangrijke frequentie-tijd-gerelateerde parameters zijn:

Vlak fm tot QCF: Frequentie bij meest vlakke helling, kleinste verandering van frequentie/seconde

Starts: Helling in eerste 5% van puls



Belangrijke frequentie-amplitude gerelateerde parameters zijn:

Bepaling QCF frequentie of frequentie vlakke deel:

Bepaling in Sonogram: ongeveer midden in de lijn met de zwakste helling, en hoogste amplitude. Bepaling met meet-cursor in sonogram of door maken spectrogram van dat vlakke deel.

Belangrijke tijd-gerelateerde parameters zijn:

Puls lengte = duur van signaal:

Bepaal start en einde puls aan oscillogram, let op echo's (die zijn zichtbaar in sonogram)

IPI = puls afstand (begin puls n tot begin puls n+1)

N.B let op extra individuen (anders te korte IPI), en zwakke geluiden (anders te lange IPI)

Ritme:

Objectiveren ritme door meten IPI: wordt pas zinvol alleen bij meer dan 12 pulsen. Bij afwisseling van puls-types (zoals bij Rosse vleermuis) is het eerder zichtbaar

STAP 3: HET VERGELIJKEN MET DE JUISTE REFERENTIES

Als grenswaarde tussen kleine dwergvleermuizen en gewone dwergvleermuizen wordt de waarde van de eindfrequentie van 52,5 kHz aangehouden. Het gaat niet om een puls boven die hoogte, maar om hele series pulsen op of boven die hoogte.

Pulsreeksen met FmaxE/QCF frequenties tussen de 51 en 56 kHz en pulslengten < 5,5 m) moeten zeer kritisch beoordeeld worden. WE moeten zeker zijn dat we met de zoekfase te maken hebben, want tijdens het aanvliegen naar een insect is er veel overlap in Fmin van 51-57 kHz). De vorm van de puls kan daar aanwijzingen voor geven. Let ook op doppler verschuivingen

Als grenswaarde tussen gewone dwergvleermuizen en ruige dwergvleermuizen wordt voor de Fmin een waarde van 41,5 kHz aangehouden.

Pulsreeksen met een QCF frequentie / FmaxE tussen de 40 en 43 kHz moeten kritisch beoordeeld worden. Ook hier is er veel overlap in Fmin rond 43-46 kHz tijdens de aanvliefase naar het insect.

Referentie geluiden zijn te vinden op de CD's van Michel Barataud. Referentiewaarden en informatie voor interpreteren van specifieke situaties worden onder andere gegeven in:

AHLÉN, I., 1990. IDENTIFICATION OF BATS IN FLIGHT. SWEDISH SOCIETY FOR CONSERVATION OF NATURE & SWEDISH YOUTH ASSOCIATION FOR ENVIRONMENTAL STUDIES. STOCKHOLM.

AHLÉN, I., 1993. SPECIES IDENTIFICATION OF BATS IN FLIGHT. IN: PROCEEDINGS OF THE FIRST EUROPEAN BAT DETECTOR WORKSHOP (K. KAPTEYN, ED.): 3-10. NETHERLANDS' BAT RESEARCH FOUNDATION, AMSTERDAM.

AHLEN, I. 2004. HETERODYNE AND TIME-EXPANSION METHODS FOR IDENTIFICATION OF BATS IN THE FIELD AND THROUGH SOUND ANALYSIS. P. 72-79. IN: BRIGHAM, BRIGHAM, R.M., E.K.V. KALKO, G. JONES, S. PARSONS & H.J.G.A LIMPENS EDS. 2004. BAT ECHOLOCATION RESEARCH: TOOLS, TECHNIQUES AND ANALYSIS. BAT CONSERVATION INTERNATIONAL, AUSTIN, TEXAS. 167 PP.

AHLÉN, I. & H.J. BAAGØE. USE OF ULTRASOUND DETECTORS FOR STUDIES IN EUROPE – EXPERIENCES FROM FIELD IDENTIFICATION, SURVEYS AND MONITORING. ACTA CHIROPTEROLOGICA !:137-150.

BRIGHAM, R.M., E.K.V. KALKO, G. JONES, S. PARSONS & H.J.G.A LIMPENS, EDS. 2004. BAT ECHOLOCATION RESEARCH: TOOLS, TECHNIQUES AND ANALYSIS. BAT CONSERVATION INTERNATIONAL, AUSTIN, TEXAS. 167 PP.

BARATRAUD, M. 2012. ECOLOGIE ACOUSTIQUE DES CHIROPTERES D'EUROPE.

LIMPENS, H.J.G.A., 2004. FIELD IDENTIFICATION: USING BAT DETECTORS TO IDENTIFY SPECIES. P. 46-57 IN: BRIGHAM, R.M., ET AL., EDS. 2004. BAT ECHOLOCATION RESEARCH: TOOLS, TECHNIQUES AND ANALYSIS. BAT CONSERVATION INTERNATIONAL, AUSTIN, TEXAS. 167 PP.

OBRIST E.A., 2010. BATIT EEN OPEN GELUIDEN BIBLIOTHEEK BEHOREND BIJ HET PROGRAMMA BATSCOPE.

RUSS, J., 2012. BRITISH BAT CALLS. A GUIDE TOT SPECIES IDENTIFICATION.

SKIBA, R., 2011. EUROPAÏSCHE FLEDERMÄUSE: KENNZEICHEN, ECHOORTUNG UND DETEKTORANWENDUNG.

In langere opnamen met meerdere individuen zijn ook regelmatig sociale roepen te vinden. Een redelijk compleet overzicht is te vinden in:

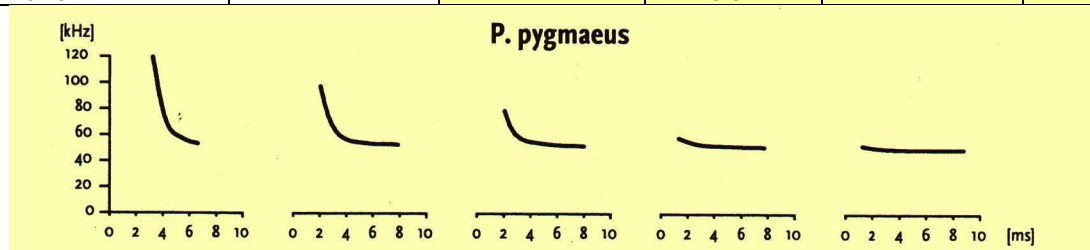
PFALZER, G., 2002. INTER- UND INTRASPEZIFISCHE VARIABILITÄT DER SOZIALLAUTE HEIMISCHER FLEDERMAUSARTEN (CHIROPTERA: VESPERTILIONIDAE). VOM FACHBEREICH BIOLOGIE DER UNIVERSITÄT KAISERSLAUTERN ZUR ERLANGUNG DES AKADEMISCHEN GRADES „DOKTOR DER NATURWISSENSCHAFTEN“ GENEHMIGTE DISSERTATION (D 386). 251PP + 5 ANHÄNGE.

6. DE SOORTEN

6.1 DE HOGE FM-QCF SOORTEN: DWERGVLEERMUIZEN

De kleine dwergvleermuis

	tussen bladerdek	besloten milieu	langs vegetatie	op route direct	open milieu
Frequentie	Near FM	FM-CF	Fm-CF	Fm-CF	QCF+snor
Pulsvorm					
FME	58-61 kHz	57-58 kHz	54-57	55-57 kHz	>53 kHz
Pulsduur	2,1-4 ms	4-6 ms	5-6 ms	6-8 ms	8-11.5 ms
F-start	90-120 kHz	80-90 kHz	80 kHz	95 kHz (5)	105-60 kHz
F-eind	54-58 kHz	52-60 kHz	51 kHz	53 kHz	51-53 kHz
Energieverdeling					
Interpulsinterval	20-50 ms?	50-60 ms	90 ms /150-162	90-100 ms	100-217 ms
ritme			11-15 s ⁻¹		

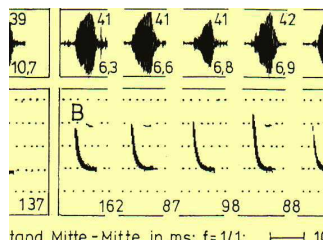


De gewone dwergvleermuis

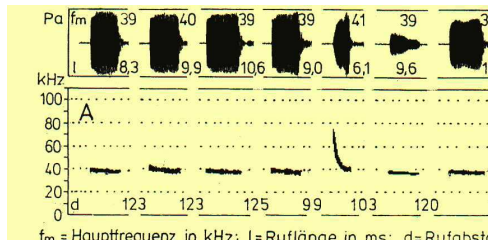
	tussen bladerdek	besloten milieu	langs vegetatie	op route direct	open milieu*
Frequentie	Near Fm	FM-CF	fm-CF	fm-CF	QCF
Pulsvorm					
FME	49-52 kHz	46-49 kHz	46 kHz	43	42-44 kHz
Pulsduur	2,5-4 ms	4-8 ms	7-8 ms	8-13 ms	12-13 ms
Fstart	106-82 kHz	80-100 kHz	68-73 kHz	68-73 kHz	47-50 kHz
Feind	52 kHz (3)	43-50	43-47 kHz	42-46 kHz	42-43 kHz (3)
Energieverdeling					
Interpulsinterval	60-90 ms?	75-90 ms?	95-110 ms / 165-230 ms	95-110 ms /165 ms	95-110 ms /165 ms
Ritme			8-11 s ⁻¹		

De ruige dwergvleermuis

	tussen bladerdek zwermend	besloten milieu	langs vegetatie	op route direct	open milieu
Frequentie	Near FM		fm-CF	fm-CF	QCF
Pulsvorm					
FME		39-41 kHz		37-38 kHz	35-39 kHz
Pulsduur		5-7 ms	8-9 ms	9-11 ms	9-12 ms
Fstart		64-95 kHz	50-64 kHz	38-41 kHz	36-41 kHz
Feind		39-41 kHz	36-37 kHz	36-38 kHz (2)	34-40 kHz
energieverdeling					
interpulsinterval		85-90 /170-190	100-110 /160-190	193-215 / 280-290	193-215 /380-435
ritme		regelmatig	5-8 s ⁻¹ onregelmatig	galloperend	2-5 s ⁻¹ galloperend of langzaam



BESLOTEN OMG

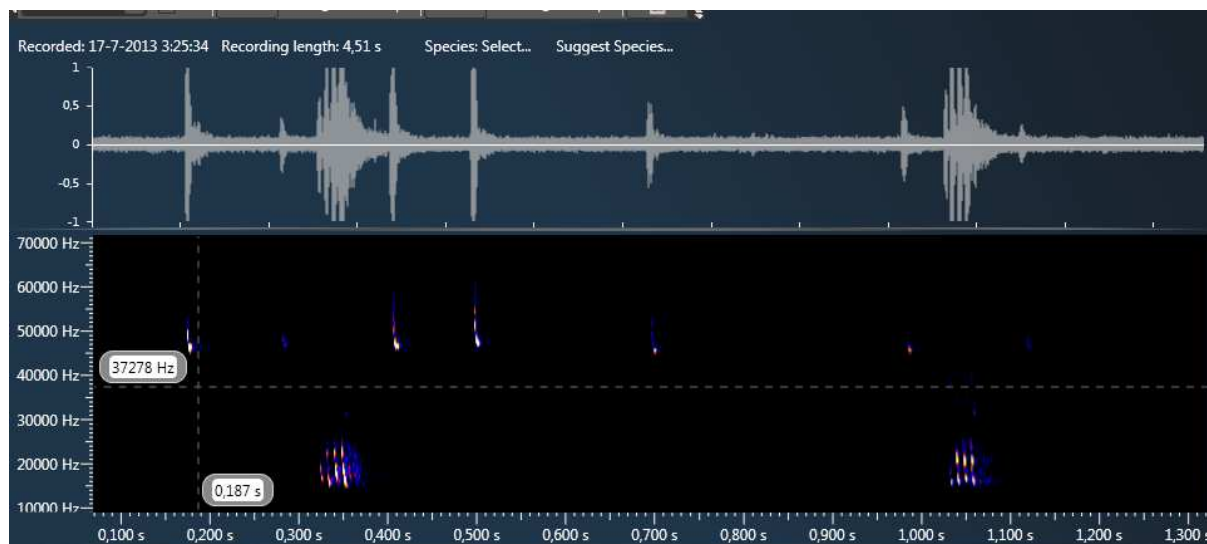


ZEER OPEN OMG

Kleine dwergvleermuis sociale roep; Feind 20 kHz, 2-3 losse pulsen. 1½x sneller dan Ppip, en laatste elementen hoger eindigend

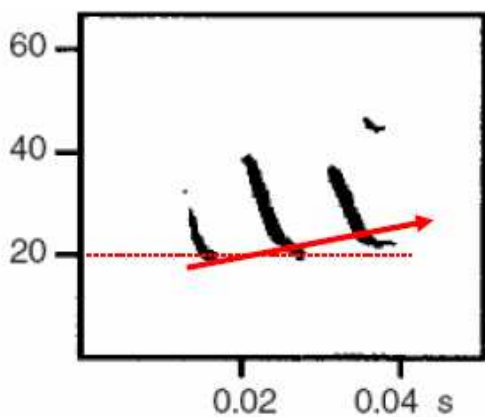
Gewone dwergvleermuis sociale roep; Feind 20-18 kHz, 3-5 losse pulsen, trager dan P.pyg en laatste elementen lager eindigend

Ruige dwergvleermuis; Feind, vaak tweedelig, twee lettergrepen met een tussenspuls; eerste deel 15 - 18 kHz, 4 - 7 losse pulsen, trager dan P.pip en laatste elementen hoger eindigend , tweede deel 30 - 38 kHz, 5-6 losse pulsen en laatste elementen hoger eindigend, soms alleen eerste deel.

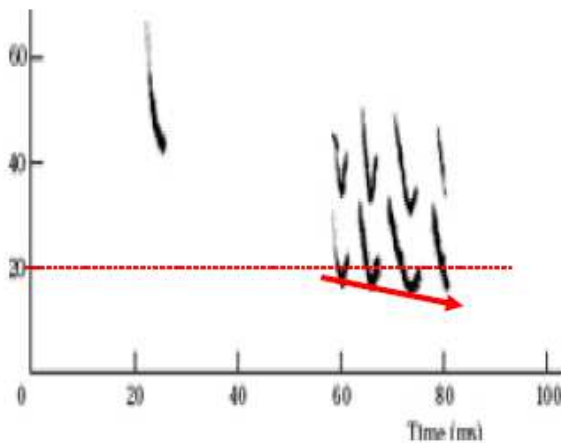


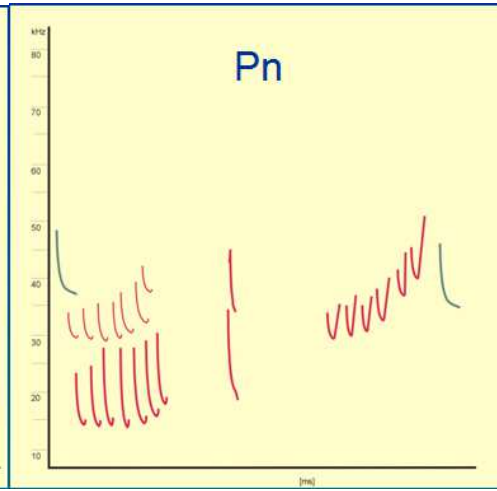
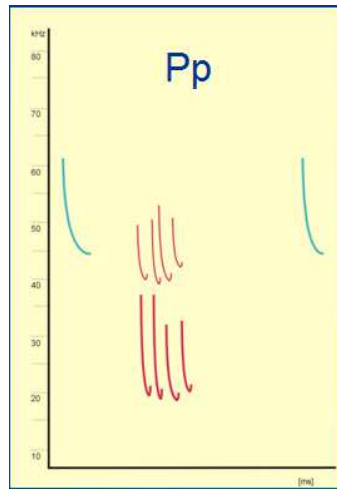
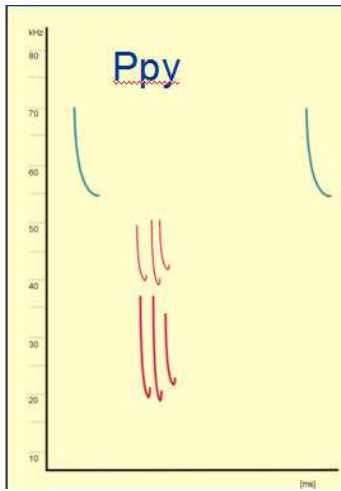
Cris sociaux :

Pipistrelle pygmée



Pipistrelle commune



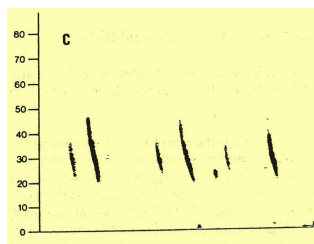


6.2 DE LAGE FM-QCF SOORTEN: ROSSE VLEERMUIS EN LAATVLEIEGER EN VERGELIJKBARE SOORTEN

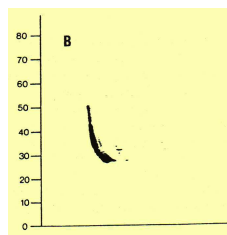
De rosse vleermuis

	tussen bladerdek/ zwemend	besloten milieu (in laan)	Laag bij vegetatie 2m hoog	jagend 8m hoog	open luchtruim op route direct > 20m hoog
Alternerend	nee	nee	ja	deels	nauwelijks
Frequentie Pulsvorm					
FME	31-32.5 kHz	B: 24-28 kHz*	A: 20-24 kHz B: 32-34 kHz	A type: 17-23 kHz B type: 20-25 kHz	A: Qcf 18-21 kHz
Pulsduur	3-4 ms	B: 6-9 ms	A: 8-9 ms B: 9-12 ms	A type: 10-26 ms B: type: 8-21 ms	A: 20-24 ms
Fstart	47-48 kHz	B: 33-43 kHz	A: 38-42 kHz B: 27-60 kHz	A type: 17-23 kHz B type: 35-27 kHz	A: 20-27 kHz
Feind	28-27 kHz	B: 22-24 kHz	A: 19-20 kHz B: 16-20 kHz	A type: 16-20 kHz B type: 20-27 kHz	A: 17-21 kHz
energieverdeling			Platte kogelvorm	kogelvorm	
interpulsinterval	40-65 ms	100-115 ms	240-290 ms /365-415 ms	240-242 ms	210-290 /420-580 /500-620
ritme				3-5 s ⁻¹	2,5 s ⁻¹

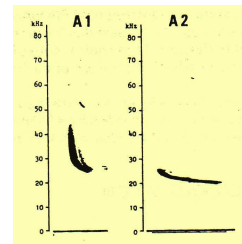
* Vaak maar korte sequenties (pulsrijen) van 4-5 calls.



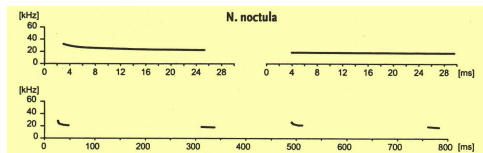
SWARMING



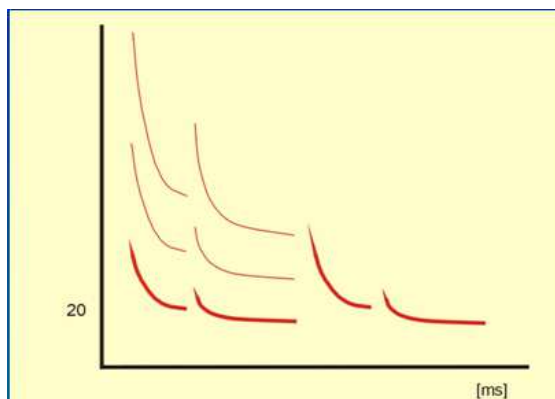
LOWLIGHT



OPEN AIR



OPEN AIR



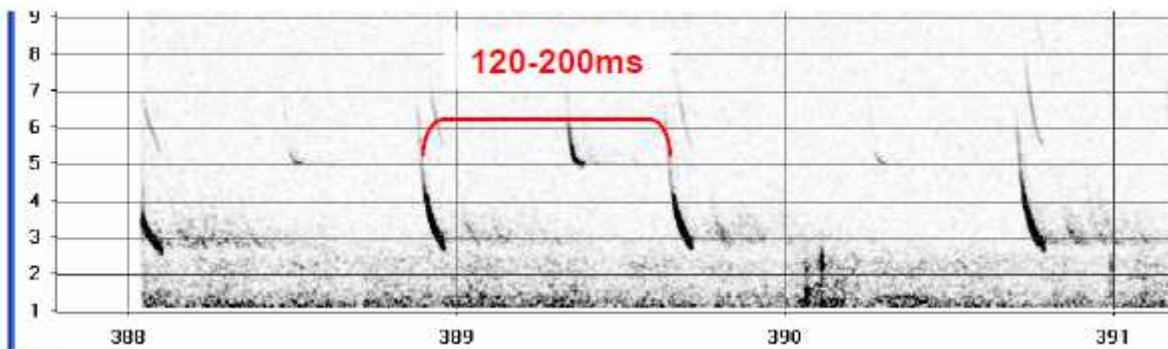
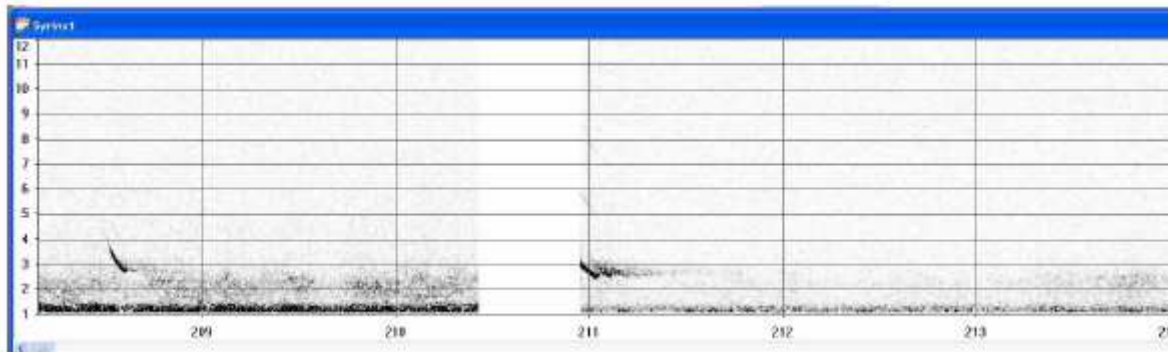
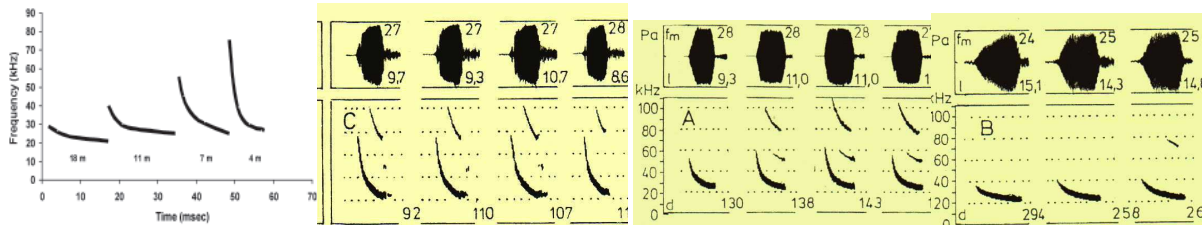
De laatvlieger

	tussen bladerdek	besloten milieu	Langs vegetatie jagend 4-8m hoog	op route direct	Hoog jagend > 8m hoog of zeer open omgeving
Alternerend	nee	nee	Hard/zacht		nee
Frequentie Pulsvorm					Na qCF
FME	29-33 kHz	31-33 kHz	27-28 kHz	26-29 kHz	24-25 kHz
Pulsduur	2-3 ms	3-5 ms	7-9 ms	8-12 ms	12-15 ms
Fstart	53-60 kHz	57-80 kHz	48-60 kHz	48-45 kHz	21??-24 kHz
Feind	28-29 kHz	28-29 kHz	23-26 kHz	22.5-27 kHz	20-22 kHz
energieverdeling		Toe+afnemend	Toenemend tot rechthoekig	rechthoekig	
interpulsinterval	40-60 ms	58-84 /110-128	125-170 /278-300 ms	140-170 ms	140-170 /244-280
ritme	Kort+snel		haperend		Langzaam

* Heeft typische pulsform bij halfopen habitat

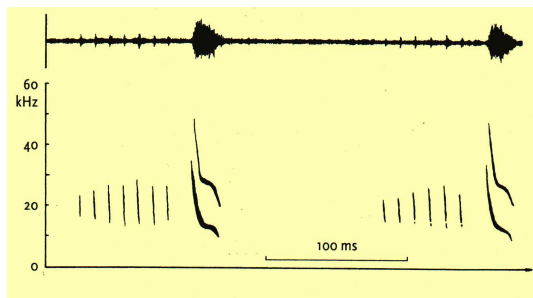
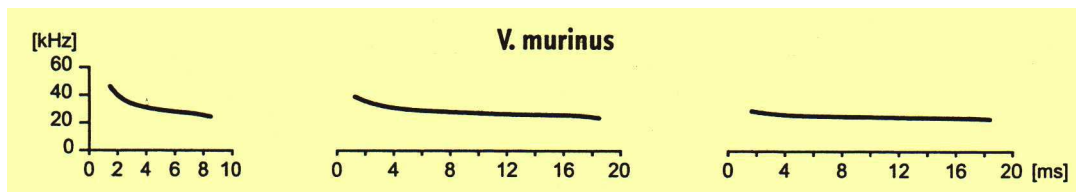
F Band >30 kHz meestal Eser

Let op ijshockey stick vorm verdwijnt in besloten habitat en in zeer open omgeving!!



De tweekleurige vleermuis

	Zwermend	besloten milieu	Langs vegetatie jagend 4-8m hoog	Op 10-15m hoogte jagend	op route direct open milieu
Alternerend	nee	Nee	Hard/zacht	Hard/zacht	Nee
Frequentie					
Pulsvorm					
FME	27-29 kHz	26 kHz	23-25 kHz	22-23 kHz	23-25 kHz
Pulsduur	3-5 ms	7-12 ms	12-16 ms	16-18 ms	15-20 ms
Fstart	45-42 kHz	36-42 kHz	25-34 kHz	32-38 kHz	25-29 kHz
Feind	26-27 kHz	24-26 kHz	21.5-23 kHz	22-25 kHz	21-23Khz
energieverdeling				Geleidelijk toenemend tot rechthoek	
interpulsinterval	??	115-195 ms	140-170 ms	180-280 ms	250-350 ms
ritme					3-4 s ⁻¹

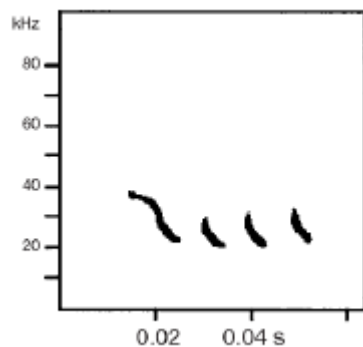
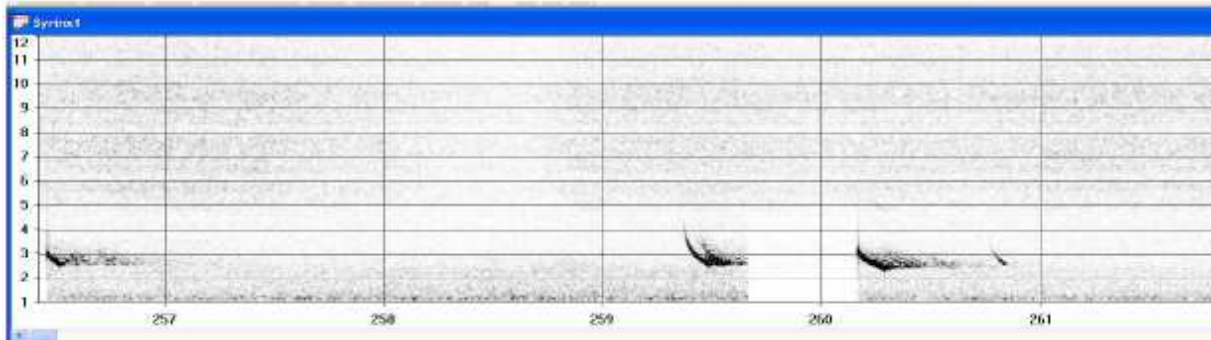
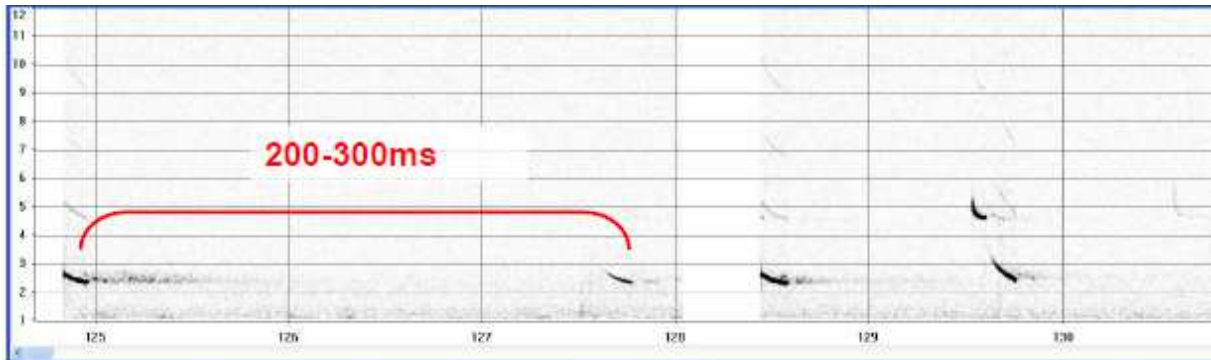


Laag vliegende tweekleurige vleermuizen, hebben bijna gelijke pulsherhalingsfrequentie van laatvliegers (ietsje langzamer), maar veel regelmatig zonder haperingen.

Soms een typische boomerangvorm, vaak aflopend QCF deel!!

De bosvleermuis

	tussen bladerdek/ zwermend	besloten milieu (in laan")	Bij vegetatie jagend 4-8m hoog	open milieu >10-14m hoog	op route direct > 25 M
Frequentie Pulsvorm					QCF
FME	31-33 kHz	25-35 kHz	A: 24-28 kHz B: 22-25 kHz	(A: 23-29 kHz) B: 22-25 kHz	(A: 23-29 kHz) B: 21-28 kHz
Pulsduur	3-6 ms	7-9 ms	A: 6-8 ms B: 9-13 ms	(A: 8-17 ms) B: 11-12 ms	(A: 8-17 ms) B: 17-20 ms
Fstart	58-62 KHz	50-70 kHz	A: 32-35 kHz B: 25-28 kHz	(A: 23-32 kHz) B: 26-30 kHz	(A: 23-32 kHz) B: 45-30 kHz
Feind	23.5-25 kHz	25-27 kHz	A: 22-24 kHz B: 24-27 kHz	(A: 20-27 kHz) B: 22-28 kHz	(A: 20-27 kHz) B: 21-23 kHz
energieverdeling			kogelvorm		
interpulsinterval		40-50 ms?	100-130 ms/ 210-270 ms	230- 250 ms? /320-430 ms	400-700 ms
ritme		25 s-1	3-10 s-1	2-3 s-1	

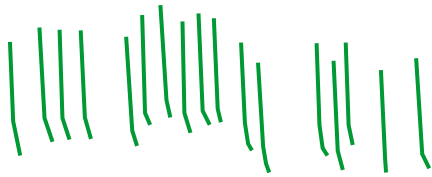


Sociale roep van een bosvleermuis

BOSVLEERMUIS

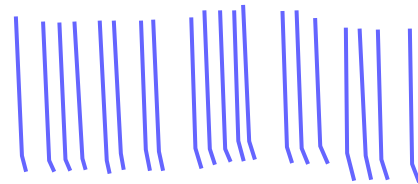
LAATVLIIEGER

BIJ LANGE SEQUENTIES



ONREGELMATIGE EINDFREQUENTIE
(SHIFTS IN DOPLER)
ONREGELMATIG RITME

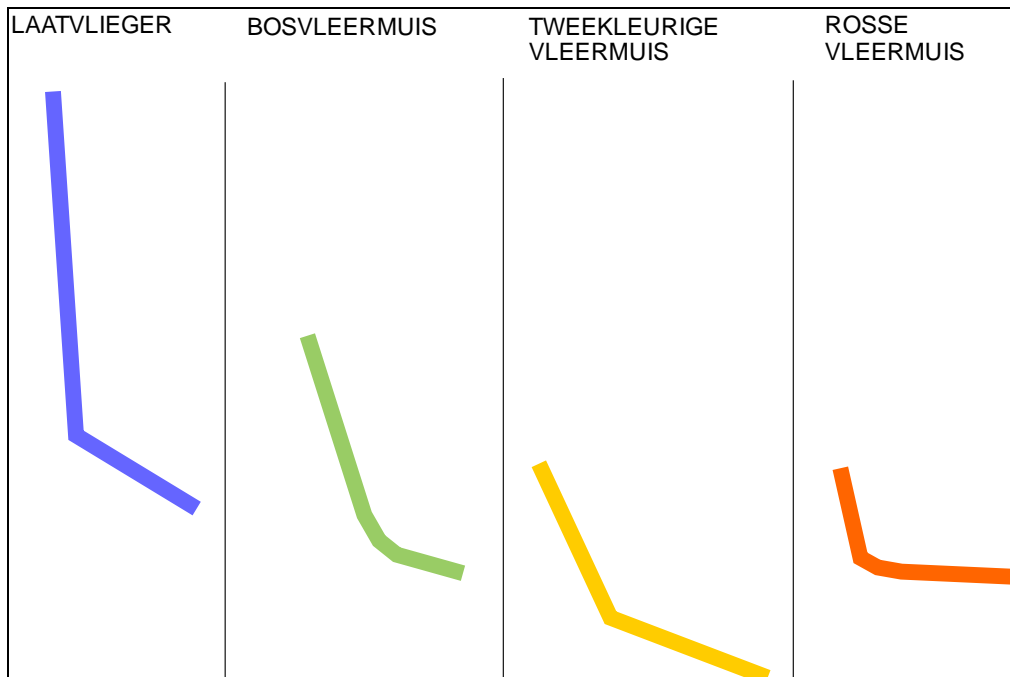
ILAGERE F-START



REGELMATIGE EINDFREQUENTIE
REGELMATIG RITME
(1-2 SHIFTS IN DOPLER)

IHOGE F-START

Overlap tussen N. leisleri en E. serotinus. Bij N. leisleri grotere verschillen in Fmin.



Overlap tussen N. leisleri en E. serotinus bij pulsen met een Fi rond de 25 kHz. Bij N. leisleri gering FM deel en FM deel meer onder een hoek.