



Hur ljudboxar kan användas för att inventera gölgrödor (*Pelophylax lessonae*) i Norduppland

Carolina Jonsell

Självständigt arbete • 15 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Institutionen för ekologi
Biologi och miljövetenskap
Uppsala 2026



Hur ljudboxar kan användas för att inventera gölgrödor (*Pelophylax lessonae*) i Norduppland

Carolina Jonsell

Handledare:	Göran Hartman, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Examinator:	Simon Kärvemo, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi
Omfattning:	15 hp
Nivå och fördjupning:	Grundnivå, G2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i Biologi
Kurskod:	EX0894
Program/utbildning:	Biologi och miljövetenskap
Kursansvarig inst.:	Institutionen för vatten och miljö
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2026
Upphovsrätt:	Illustrationerna och tabellerna i arbetet är författarens egna om inget annat anges
Nyckelord:	gölgröda (<i>Pelophylax lessonae</i>), stjärtlösa groddjur, ljudboxar, Passive Acoustic Monitoring (PAM), Kaleidoscope Pro, Song Meter SM4TS

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

Sammanfattning

På en global skala är amfibier den mest hotade klassen inom ryggradsdjur. De rödlistade svenska groddjuren övervakas regelbundet, däribland gölgradan (*Pelophylax lessonae*) som tillhör ordningen stjärtlösa groddjur inom amfibier. Gölgradans huvudsakliga utbredningsområde i Sverige är Norduppland och sedan år 2001 har inventeringar i området utförts av Länsstyrelsen i Uppsala län. För att göra populationsuppskattningar är det vanligt att fysiskt besöka studieområdet, men Länsstyrelsen i Uppsala län vill utforska om ljudboxar av märket Song Meter SM4TS, som autonomt samlar in ljuddata, kan användas som en alternativ inventeringsmetod. Därför är studiens syfte att undersöka om det går att inventera gölgrador med hjälp av ljuddata insamlat med Passive Acoustic Monitoring (PAM). Det görs dels med frågeställningen om inspelningar från ljudboxar kan användas för att inventera gölgrador, dels genom att undersöka om det går att skilja mellan en och flera spelande gölgrador.

Ljudmaterialet undersöktes med hjälp av mjukvaruprogrammet Kaleidoscope Pro (version 5.9.0). Först genomfördes fyra basala klusteranalyser och lika många enkla klassificeringar utvecklades, vilka var "Gölgroda1", "Gölgroda2", "EnGölgroda" och "FleraGölgrador". "Gölgroda1" och "Gölgroda2" ska detektera gölgrador oberoende av antal, "FleraGölgrador" fler än en gölgroda och "EnGölgroda" enbart en gölgroda. Resultatet visar att felprocenten för "Gölgroda1" och "Gölgroda2" är aldrig lägre än 25 % och "FleraGölgrador" har som lägst felprocenten 65 %. "EnGölgroda" hade den lägsta felprocenten med 19 %, men skapades enbart för att jämföras med "FleraGölgrador". Slutsatsen är därför att ljuddata kan användas för att inventera förekomsten, men inte abundansen av gölgrador. Samtidigt har samtliga fyra klassificeringar en hög felprocent för att praktiskt användas som inventeringsmetod för gölgrador. I ljudinspelningarna förekommer ljud från andra arter och annat bakgrundsljud i samma frekvensområde som spelande gölgrador. Det gör det svårt för klassificeringarna att särskilja dessa ljud från grodlatena. Den höga felprocenten för "FleraGölgrador" kan även bero på att det är svårt att använda PAM för att mäta arters abundans. För framtida forskning rekommenderas det att en metod utvecklas för att undersöka andelen falska negativa resultat. Därtill kan andra standardinställningar för ljudanalys i Kaleidoscope Pro användas för att undersöka om det har en påverkan på andelen falska positiva och falska negativa resultat. Sammanfattningsvis måste klassificeringarnas felprocent minska innan de kan användas som inventeringsmetod.

Nyckelord: gölgroda (*Pelophylax lessonae*), stjärtlösa groddjur, ljudboxar, Passive Acoustic Monitoring (PAM), Kaleidoscope Pro, Song Meter SM4TS

Abstract

On a global scale, amphibians are the most threatened class of vertebrates. The red-listed Swedish amphibians are monitored regularly, including the pool frog (*Pelophylax lessonae*), which belongs to the order of Anura. The pool frog's main area of distribution in Sweden is Norduppland, and since 2001, inventories have been carried out in the area by the County Administrative Board in Uppsala County. To make population estimates, it is customary to physically visit the study area, but the County Administrative Board in Uppsala County wants to explore whether audio boxes of the brand Song Meter SM4TS, which autonomously collect sound data, can be used as an alternative inventory method. Therefore, the purpose of the study is to investigate whether it is possible to survey pool frogs using audio data collected with Passive Acoustic Monitoring (PAM). This is done partly with the research question of whether sound recordings from audio boxes can be used to survey pool frogs, and partly by investigating whether it is possible to distinguish between one and several calling pool frogs.

The audio material was examined using the software program Kaleidoscope Pro (version 5.9.0). First, four basic cluster analyses were conducted, and an equal number of simple classifiers were developed, which were "Gölgroda1" (Pool frog 1), "Gölgroda2" (Pool frog 2), "EnGölgroda" (One pool frog), and "FleraGölgrodor" (Several pool frogs). "Gölgroda1" and "Gölgroda2" are designed to detect pool frogs regardless of quantity, "FleraGölgrodor" more than one pool frog, and "EnGölgroda" only one pool frog. The results show that the error rate for "Gölgroda1" and "Gölgroda2" is never lower than 25%, and "FleraGölgrodor" has a minimum error rate of 65%. "EnGölgroda" had the lowest error rate at 19% but was created solely to be compared with "FleraGölgrodor". The conclusion is therefore that audio data can be used to survey the presence, but not the abundance, of pool frogs. At the same time, all four classifiers have an error rate that is too high to currently be used in practice as a survey method for pool frogs. In the audio recordings, sounds from other species and other background noise occur in the same frequency range as calling pool frogs. This makes it difficult for the classifiers to distinguish these sounds from the frog calls. The high error rate for "FleraGölgrodor" may also be due to the difficulty of using PAM to measure species abundance. For future research, it is recommended that a method be developed to investigate the proportion of false negative results. Additionally, other default settings for audio analysis in Kaleidoscope Pro can be used to investigate whether this has an impact on the proportion of false positive and false negative results. In summary, the error rate of the classifiers must decrease before they can be used as a survey method.

Keywords: pool frog (*Pelophylax lessonae*), Anurans, acoustic recorders, Kaleidoscope Pro, Song Meter SM4TS

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	7
Förkortningar	8
1. Introduktion	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.1.1 Artbeskrivning	9
1.1.2 Passive Acoustic Monitoring (PAM)	10
1.2 Syfte och frågeställningar	11
2. Metod	12
2.1 Kaleidoscope Pro.....	12
2.2 Studieområde.....	12
2.3 Ljudmaterial	13
2.4 Databearbetning	15
2.5 Ljudanalys.....	16
2.5.1 Basala klusteranalyser	16
2.5.2 Simpla klassificerare	18
2.6 Systematiskt urval.....	19
3. Resultat	21
3.1 "Gölgroda1" och "Gölgroda2"	21
3.2 "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda"	22
4. Diskussion	25
4.1 "Gölgroda1" och "Gölgroda2"	25
4.2 "FleraGölgrodor"	25
4.3 Studiens begränsningar	26
4.4 Framtida forskning	27
4.5 Slutsats	28
4.6 Deklaration om användning av AI.....	28
Referenser	29
Bilaga 1	35

Tabellförteckning

Tabell 1. Väderdata från Örskär under 13, 15 och 16 juni 2023. Källa: SMHI (2026a).....	15
Tabell 2. Basala klusteranalyser för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".....	21
Tabell 3. Testdata för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".	21
Tabell 4. All ljuddata för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".	22
Tabell 5. Felkodade ljudfiler för "Gölgroda1".	22
Tabell 6. Felkodade ljudfiler för "Gölgroda2".	22
Tabell 7. Basala klusteranalyser för "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda".	22
Tabell 8. Testdata för "FleraGölgrodor".	23
Tabell 9. Jämförelse av "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda".	23
Tabell 10. Felkodade ljudfiler för "FleraGölgrodor".	24
Tabell 11. Felkodade ljudfiler för "EnGölgroda".	24

Figurförteckning

Figur 1. ESRI Satellite (2026). Örskär. <i>WGS 84. Satellitbilder</i> [Kartografiskt material] [2026-05-15].	13
Figur 2. Lokalerna för de fem ljudboxarna på Örskär, Norduppland. Fotograf: Carolina Jonsell (2026-05-19).....	14
Figur 3. Schematisk beskrivning för de enkla klassificeringarna "Gölgroda1" och "Gölgroda2" som utvecklades för att besvara den första frågeställningen.	35
Figur 4. Schematisk beskrivning för de enkla klassificeringarna "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda" som utvecklades för att besvara den andra frågeställningen.....	35

Förkortningar

Förkortning	Betydelse
AS	Active Search
PAM	Passive Acoustic Monitoring
SLU	Sveriges lantbruksuniversitet

1. Introduktion

1.1 Bakgrund

Groddjur, eller amfibier, är på en global skala den mest hotade klassen inom ryggradsdjur (Luedtke et al. 2023). Några av de största hoten är sjukdomar, habitatförstörelse och klimatförändringar. I den Internationella naturvårdsunionens (IUCN) andra globala utvärdering av amfibiers hotstatus (GAA2) bedöms 40,7 % av groddjuren som globalt hotade år 2022. En liknande negativ trend finns för de svenska groddjuren, där totalt 4 av 13 bedömda inhemska arter klassas som hotade år 2025 (SLU Artdatabanken 2026c). För att rätt åtgärd ska implementeras på rätt plats övervakas regelbundet de mest hotade svenska groddjuren, däribland gölgröda (*Pelophylax lessonae*) som tillhör ordningen stjärtlösa groddjur och hotkategorin sårbar (VU) (SLU Artdatabanken 2026a; c). År 2001 uppskattades det totala antalet adulta gölgrödor till 10 000 i Sverige, men den effektiva populationsstorleken uppgår till 1000 individer. Den effektiva populationsstorleken är antalet individer i en generation som beräknas ge upphov till ny avkomma i generationen därefter, vilket brukar vara kring 1–10 % av antalet individer (Nationalencyklopedin u.å.a). Dessutom är de svenska lokalpopulationerna små, med cirka 50 till 200 aduler, och endast ett fåtal vuxna honor bidrar till reproduktionen varje år. Den svenska förekomsten av gölgrödor finns till störst del i 156 vatten längs norra Upplandskusten, men lokala populationer hittas även i Östergötland och Blekinge (Länsstyrelsen i Uppsala län 2018; SLU Artdatabanken 2026a).

1.1.1 Artbeskrivning

Den norduppländska gölgrödan skiljer sig fysiologiskt, morfologiskt och genetiskt från kontinentala gölgrödor (Zeisset & Beebee 2001; Tegelström & Sjögren-Gulve 2004; Snell et al. 2005; Orizaola et al. 2010). Det beror på att den norduppländska gölgrödan, liksom populationer från Norge, Storbritannien, Finland och Estland, tillhör en nordlig klada av gölgrödor (Zeisset & Hoogesteger 2018). Den norduppländska gölgrödan är i regel mindre grön och mörkare än kontinentala gölgrödor (Lindgren et al. 2014). Däremot är generellt alla adulta gölgrödor mellan 50 och 90 mm i storlek. Hanarna har en oliv- eller gyllenbrun färg på rygg, ben och sidor samt vita strupsäckar vid mungiporna. Honor är mörkbruna, har ibland en nästan svart rygg och saknar strupsäckar. Båda könen har en ljusgul eller ljusgrön rygglinje längs ryggraden och en ljus, som ibland kan upplevas som vit, buk. Vid parningslek blåser hanen upp sina två vitaktiga strupsäckar i mungiporna (Bína et al. 2015). Det klassiska lätet är ett ”quack” som ofta övergår till ett mer utdraget kvackande ”kееееck”-”kееееck”-”kееееck”. Det är

hanarnas artspecifika läte som används för att inventera gölgrödor (Länsstyrelsen i Uppsala län 2018; SLU Artdatabanken 2026c).

Inom ramen för gölgrödans åtgärdsprogram, som beslutades om år 2000, har sedan år 2001 inventeringar i Norduppland utförts av Länsstyrelsen i Uppsala län (Länsstyrelsen i Uppsala län 2018). Hittills har populationsuppskattningar för den norduppländska gölgrödan skett genom baslokals- och spelinventeringar och då används hanarnas parningsspel för att beräkna individantal. Eftersom baslokals- och spelinventeringarna kräver fysiska besök till lokalerna är de båda två exempel på hur ”Active Search” (AS) kan användas för att inventera stjärtlösa groddjur (Dorcas et al. 2009; Melo et al. 2021; Lassandro et al. 2025). Nackdelen med inventeringsmetoder inom AS är att de kräver fysiska besök till studieområdet (Heyer et al. 1994 se Melo et al. 2021), vilket är tidskrävande och dessutom måste inventeraren vara tillräckligt erfaren för att korrekt artbestämma olika groddjurs spelande (Chen et al. 2012). En alternativ inventeringsmetod för gölgrödor som börjat testas av Länsstyrelsen i Uppsala län är ”Passive Acoustic Monitoring” (PAM). Inom PAM används autonoma inspelningsenheter för att spela in ljuddata i fält, så kallade ljudboxar (Blumstein et al. 2011; Gibb et al. 2019).

1.1.2 Passive Acoustic Monitoring (PAM)

I och med den automatiserade maskininläringens snabba utvecklingstakt kan PAM sannolikt i framtiden revolutionera övervakningen av hotad taxa (Lassandro et al. 2025). Samtidigt finns det olika fördelar och nackdelar med PAM som inventeringsmetod jämfört med AS. En av fördelarna är att PAM kan användas för datainsamling utan att någon inventerare behöver befinna sig i lokalen. Det minskar i sin tur riskerna för både habitatstörningar och observatörbias (Digby et al. 2013). Till skillnad från AS kan PAM även nyttjas för att, på ett relativt billigt sätt, samla in data på en större temporal och spatial skala (Ross et al. 2023; Lassandro et al. 2025). En större datamängd ställer däremot strängare krav på hur datan ska lagras för en senare ljudanalys (Ribeiro et al. 2022). Vid studiet av stjärtlösa groddjur är ytterligare en nackdel att enbart ljud från hanliga individer detekteras (Chen et al. 2023), något som försvårar för populationsuppskattningar. Det beror på att honorna hos arter inom ordningen stjärtlösa groddjur sällan använder sig av lockrop (eng. advertisement vocalizations). Inom PAM inventeras stjärtlösa groddjur när de är som mest aktiva under året, ofta under parningssäsongen (Chen et al. 2023; Wells et al. 2007 i Lassandro et al. 2025).

Idag har det blivit allt vanligare att använda PAM som inventeringsmetod för stjärtlösa groddjur (Lassandro et al. 2025). År 2013 publicerades totalt två vetenskapliga artiklar relaterat till stjärtlösa groddjur och PAM, vilket kan

jämföras med tolv studier år 2023. Det ska sättas i kontexten av att ljudinspelare först år 2006 introducerades på en bredare skala (Sugai et al. 2019). Av totalt 72 peer-reviewed granskade artiklar kopplat till PAM och stjärtlösa groddjur har 20 av dessa studerat hotade arter (Lassandro et al. 2025). Hittills har inga vetenskapliga studier publicerats relaterat till gölgrödor och PAM. Vid tidpunkten för denna studie saknas det överhuvudtaget svenska publicerade vetenskapliga studier där PAM använts som metod för att inventera stjärtlösa groddjur (Lassandro et al. 2025). Av den orsaken finns det, ur en svensk kontext, en kunskapslucka inom forskningsområdet PAM och stjärtlösa groddjur. Denna studie ämnar börja fylla kunskapsluckan genom att studera hur PAM kan användas som inventeringsmetod för gölgrödor i Norduppland.

1.2 Syfte och frågeställningar

Studiens syfte är att undersöka om det går att inventera gölgrödor (*Pelophylax lessonae*) med hjälp av ljuddata insamlat med Passive Acoustic Monitoring (PAM).

Utifrån syftet har två frågeställningar formulerats:

1. Kan inspelningar från ljudboxar användas för att inventera gölgrödor?
2. Om det går att detektera gölgrödor i ljudmaterialet, är det möjligt att skilja mellan en och flera spelande gölgrödor?

2. Metod

2.1 Kaleidoscope Pro

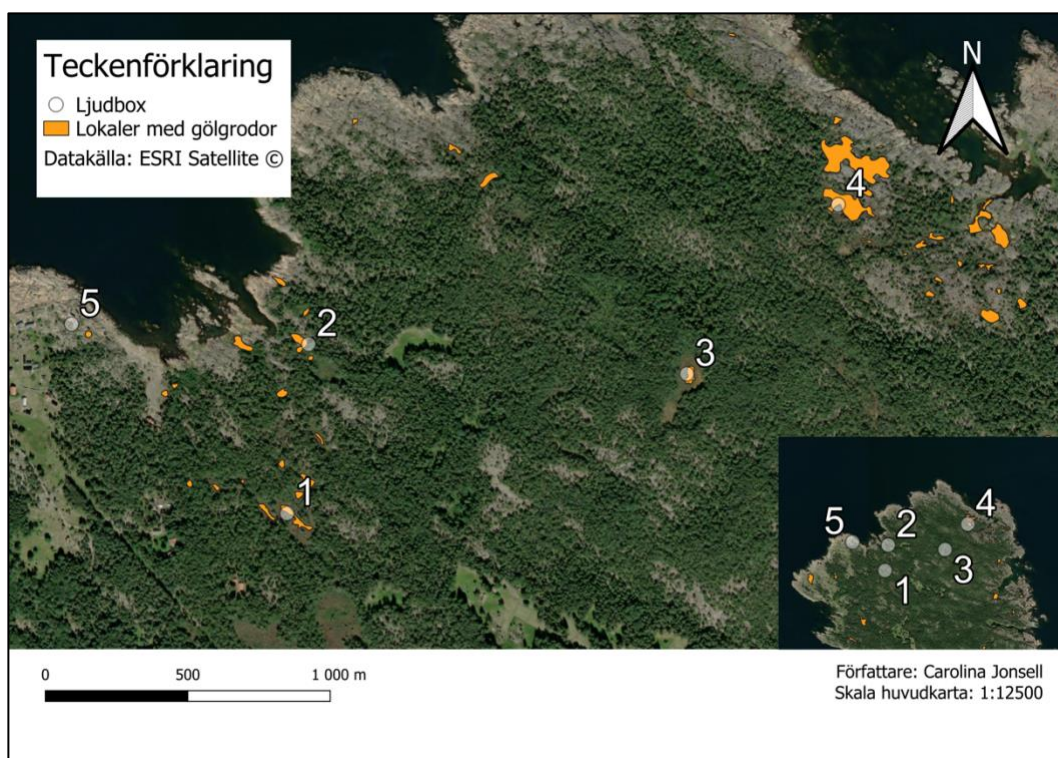
I studien används hårdvaran Song Meter SM4TS och mjukvaruprogrammet Kaleidoscope Pro (version 5.9.0) för att analysera ljuddata (Wildlife Acoustics 2026a). Flera vetenskapliga studier om stjärtlösa groddjur och PAM använder sig av ljudboxar av märket Song Meter (Lassandro 2025), som utvecklats för att användas tillsammans med Kaleidoscope Pro (Faunatech 2026a). Mjukvaran Kaleidoscope Pro använder sig av oövervakad inlärning, vilket är en form av maskininlärning där programmet identifierar okända egenskaper i ett datamaterial (Nationalencyklopedin u.å.b). I denna studie utgörs de okända egenskaperna av spelande gölgrödor. Första steget är att programmet söker efter ljud med hjälp av en integrerad signaldetektor och då extraheras egenskaper som varaktighet, frekvensområde och intervall mellan stavelser (Lassandro et al. 2025; Wildlife Acoustics 2025). Ljuden grupperas genom så kallad "K-means-clustering" för att initiera en "Hidden Markov Model" (HMM). Enklare förklarade grupperas eller "klustras" liknande ljud tillsammans utifrån delade egenskaper, vilket inom ljudanalys kallas för en basal klusteranalys (eng. basic cluster analysis). Ljuden som grupperas tillsammans i olika kluster tränas genom en Viterbi algoritm, vilket gör att de kan användas som enkla klassificerare (eng. simple classifiers). En enkel klassificerare är ett verktyg för riktad detektering och namngivning av olika ljud. Därför kan enkla klassificerare användas för att exempelvis upptäcka spelande gölgrödor.

2.2 Studieområde

I studien studeras ljuddata från gölgrodelokaler i Norduppland. Det norduppländska beståndet av gölgrödor är vid den flacka landhöjningskusten mellan Billudden i nordost och Forsmark i sydost (Lindgren et al. 2014). Det finns även gölgrodelokaler i de norra och mellersta delarna av Gräsö, däribland Örskär där ljuddata i denna studie har samlats in från (se figur 1). I dessa kustområden hittas gölgrödorna framför allt i små sjöar, gölar, laguner, avsnörda havsvikar, hållkar, rikkärr och extremrikkärr. Hela området är kalkrikt och det är vanligt med ett pH-värde över 7 i lokalerna. Till ytan är de största lekvattnen omgivna av skogsmark och det är vanligt med öppna solbelysta rikkärrsstränder närmast vattenspegeln. Eftersom gölgrödan är en värmeälskande art utnyttjas endast solbelysta och varma vatten för reproduktion. Leken infaller när vattentemperaturen är över + 16 °C (Lindgren et al. 2014), vilket brukar vara från

mitten av maj till början av midsommarhelgen (SLU Artdatabanken 2026a). Den exakta tidpunkten för reproduktion är starkt beroende av väder och temperatur.

I den senaste publicerade generationsinventeringen av gölgrödor i Uppsala län uppskattades den totala populationsstorleken år 2016 till 4867 individer (Länsstyrelsen i Uppsala län 2018), vilket bör vara antalet köns mogna individer. En könsfördelning om 0,5 har använts, eftersom uppskattningarna baseras på antalet spelande hanar. Totalt besöktes 286 olika vatten och gölgrödor konstaterades i 156 av dessa. För delpopulationerna på Gräsö ingick totalt 82 vatten. År 2016 koloniserades 43 eller 52 % av vattenområdena på Gräsö och antalet lokaler med konstaterad reproduktion var 36 eller 44 % i antal. Populationsuppskattningarna bedöms dock som osäkra.



Figur 1. Karta över de fem ljudboxarnas placering på Örskär, Norduppland (2026-05-15). Datakälla: ESRI Satellite.

2.3 Ljudmaterial

Ljudmaterialet är insamlat av Länsstyrelsen i Uppsala län från fem gölgrodelokaler på den norduppländska skärgårdsön Örskär, se figur 2. De fem lokalerna ingår i Länsstyrelsen i Uppsala läns inventeringar av gölgröda och sker inom det beslutade åtgärdsprogrammet för arten (Länsstyrelsen i Uppsala län 2018). För varje av de fem lokalerna har en ljudbox använts och alla är av märket

Song Meter SM4TS, som utvecklats av bioakustikföretaget Wildlife Acoustics (Faunatech 2026a; b). Song Meter SM4TS kan triangulera platsen för olika vokaliserande djur, däribland groddjur, men funktionen har inte använts i studien. Utifrån fyndrapporter från Artportalen har inga andra groddjur än gölgroda rapporterats på Örskär under perioden då ljudboxarna varit aktiverade (SLU Artdatabanken 2026b). Därför minskar risken för att andra parningsspelande groddjur i ljudmaterialet ska misstas för gölgrodor.



Figur 2. Lokalerna för de fem ljudboxarna på Örskär, Norduppland. Fotograf: Carolina Jonsell (2026-05-19).

Ljudboxarna har spelat in ljud dygnet runt från cirka 12 maj till 18 juni år 2023. Tidpunkten för aktivering och avaktivering skiljer sig mellan ljudboxarna, vilket beror på när de sattes ut i eller togs in från fält. Ljuddatan är uppdelad i ett antal ljudfiler för varje ljudbox. Majoriteten av ljudfilerna är ungefär en timme i längd,

men för flera dygn ingår även en ljudfil som är några sekunder lång. För varje ljudbox och därigenom gölgrodelokal finns det därför cirka 25 ljudfiler per dygn.

2.4 Databearbetning

När PAM används som inventeringsmetod är det vanligt att samla in större datamängder, vilket påverkar hur ljuddata kan lagras (Ribeiro et al. 2022; Lassandro et al. 2025). Ljudfilerna från Länsstyrelsen i Uppsala län krävde ett lagringsutrymme på 1,58 terabyte (TB). Eftersom det tillgängliga lagringsutrymmet för att kunna utföra ljudanalysen var begränsat, gick det bara att använda en del av ljuddata. För att besvara studiens frågeställningar valdes därför ljuddata som hade störst sannolikhet att innehålla spelande hanar. De två kriterierna som användes för att avgränsa ljuddata var (1) alla fem lokaler ska ingå och (2) gölgrodorna ska med hög sannolikhet spela.

För att begränsa datamängden ingick två datum i ljudanalysen. Eftersom gölgrodornas hanar framför allt spelar under dagtid och ljumma kvällar bestämdes tidsintervallet till mellan klockan 14:00 och 21:00 för varje datum (Bína et al. 2015). Samtidigt aktiverades ljudboxarna under olika klockslag och därför är det olika om ljudinspelningarna börjar närmare klockan 14:00 eller 15:00 och slutar omkring 20:00 eller 21:00. På grund av gölgraden är en värmeälskande art och att leken infaller när vattentemperaturen är minst + 16 °C behövde alla datum ha en hög dygnsmedeltemperatur (SLU Artdatabanken 2026a). Annars kommer inte hanarna parningsspela. Av samma anledning fick det inte heller förekomma någon nederbörd eller kraftig vind. Sådant bakgrundsljud skulle även försvåra för själva ljudanalysen. För att få väderdata användes SMHI:s webbtjänst för meteorologiska observationer (SMHI 2026a). Örskär A (108320) uppgavs som mätstation, väderdata för tre olika variabler laddades ned och redovisas i en omarbetad form för de tre datum som hade störst sannolikhet att innehålla spelande gölgrödor:

Tabell 1. Väderdata från Örskär under 13, 15 och 16 juni 2023. Källa: SMHI (2026a).

Datum	Dygnsmedeltemperatur (°C)	Nederbörd (mm)	Vindhastighet (<10,7 m/s)
2023-06-13	+17,6 °C	0,0	Ja
2023-06-15	+17,9 °C	0,0	Ja
2023-06-16	+17,8 °C	0,0	Ja

Mellan 12 maj och 18 juni år 2023 hade 13, 15 och 16 juni de högst noterade dygnsmedeltemperaturerna på Örskär (tabell 1). Under perioden hade sammanlagt

31 dygn ingen nederbörd (0,0 millimeter), vilket också var fallet för de tre datumerna. För att gölgrödornas spelande skulle höras i ljudmaterialet fick vindhastigheten inte vara högre än ”frisk vind” under ett dygn, vilket är 5 Beaufort eller 10,7 m/s (SMHI 2026b). 15 juni kom att användas som en del av den indatan för att skapa de enkla klassificeringarna, medan 13 och 16 juni var en del av själva datamaterialet som analyserades. I ljudanalysen ingick därför ljuddata från alla fem ljudboxar för datumerna 13 och 16 juni under totalt sex timmar. Totalt ingick cirka 60 timmar i ljudanalysen.

2.5 Ljudanalys

Ljudanalysen följer programvaran Kaleidoscopes senaste uppdaterade användarmanual och instruktionsfilmer (Wildlife Acoustics 2025; 2026c; d). Tillsammans beskriver de ett generellt arbetsflöde för att identifiera och gruppera olika ljud med hjälp av Kaleidoscope Pro, vilket sker genom en integrerad statistisk mönsteranalys eller klusteranalys inom programvaran. Första steget i att urskilja olika typer av ljud i ett stort datamaterial är att utföra en basal klusteranalys, vilket innebär att programvaran isolerar och grupperar liknande ljud med varandra (Wildlife Acoustics 2026c). Därigenom skapas datakluster med olika grupperingar av ljuddata som delar liknande egenskaper, till exempel frekvensområde. Basala klusteranalyser ligger till grund för skapandet av enkla klassificeringar, vilka ska sortera och namnge nya inputfiler (Wildlife Acoustics 2026d). För att besvara studiens första frågeställning, om inspelningar från ljudboxar kan användas för att inventera gölgrödor, var det nödvändigt att klassificeringarna skulle identifiera och isolera ljud från spelande gölgrödor oberoende av antal. För den andra frågeställningen behövde i stället klassificeringarna särskilja mellan dels enbart en spelande gölgröda, dels fler än en spelande gölgröda. De olika basala klusteranalyser som genomfördes och deras tillhörande enkla klassificeringar beskrivs mera i detalj under respektive rubrik nedan. Se även bilaga 1 för en sammanfattande schematisk beskrivning.

2.5.1 Basala klusteranalyser

Det första steget i en basal klusteranalys är att sortera och identifiera vokaliseringar baserat på liknande akustiska signaler (Wildlife Acoustics 2026c). Fyra basala klusteranalyser utfördes i studien och utifrån dessa har lika många enkla klassificeringar utvecklats. Två basala klusteranalyser skapades för den första frågeställningen, om ljudinspelningar från ljudboxar kan användas för att inventera gölgrödor, och två för den andra frågeställningen, om det möjligt att skilja mellan en och flera spelande gölgrödor.

I samband med de basala klusteranalyserna angavs olika parametrar för hur ljuddata skulle analyseras, vilket är under fliken "Signal Params tab" i Kaleidoscope Pro (Wildlife Acoustics 2026a; c). Vid tidpunkten för ljudanalysens utförande hittades inga kvantitativa mått för gölgradans spelande i den vetenskapliga litteraturen. Därför tillämpades de förinställda standardinställningarna för ljudanalys i "Non-bat Analysis Mode", Kaleidoscope Pro (version 5.9.0). I "Non-bat Analysis Mode" är standardinställningarna för akustiska signaler mellan 250 Hz och 10 kHz i frekvens samt de ska vara mellan 0,1 och 7,5 sekunder långa (Wildlife Acoustics 2026a). Om dessa två villkor uppfylldes och det var mer än 0,35 sekunder mellan olika stavelser i ljudmaterialet tolkade Kaleidoscope Pro detta som en detekterad ljudsignal. Under fliken "Cluster Analysis" ändrades värdet för "Max distance from cluster center to include outputs in cluster.csv" från 1 till 2 för att alla detekterade signaler skulle ingå i den basala klusteranalysen. I detta steg grupperades enbart liknande vokaliseringar med varandra eller annorlunda uttryckt klustren skapades. I samband med att den enkla klassificeraren skapades angavs, med den första frågeställningen som exempel, vilka av dessa grupperingar eller kluster som innehåller gölgrador.

Nackdelen med att använda standardinställningarna är att risken för falska positiva resultat ökar (Crump & Houlahan 2017), något som för den första frågeställningen innebär att klassificeraren kategoriserar ett ljud som gölgröda när det inte är en gölgröda. Anledningen till att risken för falska positiva resultat ökar beror på att standardinställningarna har breda parametrar (Knight et al. 2017 i Lassandro et al. 2025). Det kan till exempel leda till att fågelsång misstas för en spelande gölgröda. Samtidigt, om godtyckliga parametrar hade tillämpats ökar i stället risken för falska negativa resultat (Crump & Houlahan 2017) vilket, med den första frågeställningen som exempel, hade lett till att spelande gölgrador utelämnades från ljudanalysen.

Efter att parametrarna för ljudanalysen fastställts var nästa steg att ange vilken ljuddata som skulle analyseras. Ljudfilerna valdes under menyn "Batch Tab" i Kaleidoscope Pro, mer specifikt under "Input Directory" (Wildlife Acoustics 2026a). Ju mer data som ingår i den basala klusteranalysen, desto bättre blir klassificeraren på att identifiera "måldetektioner" som i detta fall är spelande gölgrador (Wildlife Acoustics 2026b). Indatan för den första basala klusteranalysen bestod av två ljudfiler, vilket var ett testexempel med spelande gölgrador (ljudbox 1; 15 maj; kl. 20:59:12; 59 minuter och 56 sekunder lång) och en ljudfil från Artfakta (20 sekunder lång) (SLU Artdatabanken 2026a). Den andra basala klusteranalysen innehöll samma två ljudfiler och ytterligare 15 ljudfiler med spelande gölgrador (ljudbox 1; 15 juni; från mellan kl. 14:59:28 och

20:59:07 och mellan 0,1 och 7,5 sekunder i längd). Även för den andra frågeställningen, om det är möjligt att skilja mellan en och flera spelande gölgrodor, utfördes två basala klusteranalyser. Den första syftade till att urskilja flera gölgrodor i ljudmaterialet och indatan bestod av sex ljudfiler från 13 juni (ljudbox 2 mellan klockan 15:16:59 och 21:16:44). Vid en stickprovsgenomgång, som beskrivs mera i detalj under rubriken ”Systematiskt urval”, konstaterades att dessa sex ljudfiler innehåller flera spelande gölgrodor. Den andra basala klusteranalysen för den andra frågeställningen syftade till att identifiera enbart en spelande gölgroda. Här bestod indatan av samma 17 ljudfiler som för den andra basala klusteranalysen kopplat till den första frågeställningen. För en schematisk bild av de basala klusteranalyserna se bilaga 1.

Resultatet från en basal klusteranalys består av listade kluster som numreras automatiskt och alla innehåller ett obestämt antal ljudfiler (Wildlife Acoustics 2025; 2026c). Det första klustret som presenteras har numret 0 och innehåller flest ljudfiler med liknande egenskaper. För varje kluster är ljudfilen som listas först och därefter i fallande ordning den som är närmast ”klustercentret” (eng. cluster center). Enkelt förklarar definieras klustercentret utifrån den statistiska modell som representerar klustret. Ljudfilerna ordnas i kluster baserat på likheten i förhållande till klustercentret och antar i denna studie ett värde mellan 0 och 2 (se diskussion om standardinställningarna). I Kaleidoscope Pro visas avståndet för varje ljudfil kopplat till klustercentret i TOPIDIST-kolumnen. Det är när klustren namnges som de enkla klassificerarna skapas.

2.5.2 Enkla klassificerare

Fyra enkla klassificerare utvecklades i studien, med två för den första frågeställningen och lika många för den andra (Wildlife Acoustics 2026a). Se bilaga 1 för en schematisk bild av de enkla klassificerarna. Den första klassificeraren bygger på den enkla klusteranalysen med två ingående ljudfiler och benämns hädanefter som ”Gölgroda1”. Den andra klassificeraren bygger på ljuddata från den enkla klusteranalysen med 17 ingående ljudfiler och har namnet ”Gölgroda2”. Genom att identifiera gölgrodor oberoende av antal används ”Gölgroda1” och ”Gölgroda2” för att besvara den första frågeställningen. Skillnaden mellan de två klassificerarna ”Gölgroda1” och ”Gölgroda2” är mängden indata i deras enkla klusteranalyser (två respektive sju ljudfiler). I resultatet jämförs därför andelen falska positiva resultat för ”Gölgroda1” och ”Gölgroda2” för att undersöka om skillnader i mängden indata för de enkla klusteranalyserna kan leda till olika resultat. Även två klassificerare skapades för den andra frågeställningen, där den första ska identifiera flera gölgrodor och den andra enbart en gölgroda. Dessa två klassificerare fick namnen ”FleraGölgrodor”

och ”EnGölgroda”. ”FleraGölgrodor” bygger på ljuddata från den basala klusteranalysen som innehåller sex ljudfiler. I stället har ”EnGölgroda” skapats utifrån samma 17 ljudfiler som för ”Gölgroda2”. De övriga klustren i outputen för de basala klusteranalyserna fick behålla sina automatiskt genererade nummer.

Innan klustren namngavs och de enkla klassificeringarna därigenom skapades kontrollerades en del av ljudfilerna manuellt. Om inte ljudfilerna undersöktes riskerade klustren att innehålla andra ljudfiler än spelande gölgrodor. Samtidigt var antalet ljudfiler i varje kluster alltför många för att manuellt gå igenom i sin helhet. Därför undersöktes, för de två basala klusteranalyserna som gjorts i samband med den första frågeställningen, de tio första ljudfilerna för varje kluster. För de två basala klusteranalyserna som gjorts i samband med den andra frågeställningen kontrollerades de tio första och tio sista ljudfilerna. Under de manuella genomgångarna konstaterades det att ibland förekom ljudfiler som innehåller flera spelande gölgrodor och ljudfiler med enbart en spelande gölgroda i samma kluster. Det försvårade för skapandet av ”FleraGölgrodor” och ”EnGölgroda” som ska särskilja mellan dessa. Lösningen blev att manuellt sortera bort ljudfiler med gölgrodeläten som i klustren för ”FleraGölgrodor” inte innehöll flera gölgrodor och inte enbart en gölgroda för ”EnGölgroda” (Wildlife Acoustics 2025). För alla fyra basala klusteranalyser innehöll fler än ett kluster spelande gölgrodor. Det beror sannolikt på att gölgrodan använder sig av olika typer av läten, bland annat ett kväkande eller kvackande läte, vilket kan ha lett till att ljuden grupperats i olika kluster (Bína et al. 2015; Wildlife Acoustics 2026d).

I det tidigare steget namngavs klustren och när de sedan sparades som ”Gölgroda1”, ”Gölgroda2”, ”FleraGölgrodor” eller ”EnGölgroda” uppdaterades även de tillhörande cluster.kcs-filerna med dessa etiketter (Wildlife Acoustics 2026d). Cluster.kcs-filerna grupperar ljud utifrån de namngivna klustren i nya indatafiler, något som också innebär att de kan användas som enkla klassificeringar. För att analysera nya indata med hjälp av klassificeringarna valdes alternativet “Use existing .kcs file to sort new recordings and create new cluster.csv file” under fliken ”Cluster Analysis” i Kaleidoscope Pro (Wildlife Acoustics 2026a). Samma standardinställningar som för de basala klusteranalyserna i ”Non-bat Analysis Mode” tillämpades i övrigt.

2.6 Systematiskt urval

Eftersom datamängden, som genererats i samband med att de enkla klassificeringarna tillämpats på nya indata, var allt för stor har ingen fullständig manuell genomgång gjorts för att undersöka andelen falska positiva resultat. I stället användes ett stickprovsförfarande för att undersöka om de fyra

klassificerarna namngett ljudfilerna i output korrekt eller inte (Nationalencyklopedin u.å.c). För att ljudfilerna ska vara representativa för all data har ett systematiskt urval tillämpats. En vanlig metod vid ett systematiskt urval är att lista enheterna som ska undersökas, starta på ett slumpmässigt valt ställe och därefter välja enheter systematiskt (Nationalencyklopedin u.å.d). I denna studie var redan ljudfilerna för varje kluster rangordnade utifrån hur nära de förhåller sig till klustercentret, med andra ord från lägst till högst TOP1DIST-värde (Wildlife Acoustics 2025; 2026d). Den ljudfil som var närmast klustercentret presenterades först och den ljudfil som skiljde sig mest från de andra ljudfilerna i klustret placerades sist i klustret.

Tre manuella metoder användes för att undersöka felprocenten hos de enkla klassificerarna; två olika nummerserier och intervall (Wildlife Acoustics 2025). För att avgöra om ljudfilerna namngetts korrekt lyssnades de helt enkelt igenom. Den första metoden inom nummerserien var att granska var hundrade ljudfil för testdatans output kopplat till "Gölgroda1" och "Gölgroda2". I stället undersöktes var tionde ljudfil kopplat till outputen för klassificerarna "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda". Det beror på att antalet ljudfiler i outputen för "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda" var färre än för "Gölgroda1" och "Gölgroda2". Den tredje metoden var att analysera en slumpmässigt vald ljudfil i ett intervall. För att avgöra felprocenten när "Gölgroda1" och "Gölgroda2" tillämpades på all data granskades 100 ljudfiler utifrån intervall, som i sin tur skapats med hjälp av AI-läget i Google Sök (Google 2026a). En slumpvalsgenerator i Googles inbyggda verktygslåda användes även för att slumpmässigt ta fram en ljudfil inom de valda intervallen (Google 2026b).

3. Resultat

3.1 "Gölgroda1" och "Gölgroda2"

För att besvara den första frågeställningen, om inspelningar från ljudboxar kan användas för att inventera gölgrodor, utvecklades de enkla klassificerarna "Gölgroda1" och "Gölgroda2". Tabell 2 visar outputen för de två basala klusteranalyserna som föregick klassificerarna "Gölgroda1" och "Gölgroda2".

Tabell 2. Basala klusteranalyser för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".

Ljudfiler	Kluster	Kluster med gölgroda	Klassificerare
1989	26	12	Gölgroda1
2004	24	11	Gölgroda2

Tabell 2 visar att totalt 1989 ljudfiler kan detekteras för "Gölgroda1" och 2004 ljudfiler för "Gölgroda 2". Outputen för "Gölgroda1" innehåller 26 kluster och av dessa namnges 12 som spelande gölgroda. För "Gölgroda2" ordnas ljudfilerna i 24 kluster och av dessa namnges 11 som spelande gölgroda.

Tabell 3. Testdata för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".

Klassificerare	Ljudfiler	Ljudfiler klassade som gölgroda	Lägst TOP1DIST	Högst TOP1DIST	Andel felkodade ljudfiler
Gölgroda1	9878	3707	0,187712	1,346049	30 % (n = 37)
Gölgroda2	9878	4317	0,209848	1,351668	40 % (n = 43)

I tabell 3 redovisas resultaten för när "Gölgroda1" och "Gölgroda2" separat testas på ljuddata från ljudbox 1 (13 juni mellan 14:59:28 och 20:59:13). För både "Gölgroda1" och "Gölgroda2" innehåller outputen totalt 9878 ljudfiler. Av dessa namnges 3707 ljudfiler som spelande gölgroda för "Gölgroda1" och 4317 ljudfiler för "Gölgroda2". Ljudfilerna är listade utifrån närheten till klustercenteret, vilket är lägst till högst TOP1DIST (Wildlife Acoustics 2026a). Med "Gölgroda1" som exempel listas ljudfilen med TOP1DIST-värdet 0,187712 först och 1,346049 sist. När var hundra ljudfil manuell undersöks är 30 % av ljudfilerna felkodade för "Gölgroda1" (11 av 37 stickprov) och 40 % för "Gölgroda2" (17 av 43 stickprov).

Tabell 4. All ljuddata för "Gölgroda1" och "Gölgroda2".

Klassificerare	Ljudfiler	Ljudfiler klassade som gölgroda	Lägst TOP1DIST	Högst TOP1DIST	Andel felkodade ljudfiler (n = 100)
Gölgroda1	120 392	55 844	0,132115	1,360562	25 % (n = 100)
Gölgroda2	120 392	71 246	0,167973	1,362409	44 % (n = 100)

Tabell 4 visar att när "Gölgroda1" och "Gölgroda2" används för all ljuddata genereras totalt 120 392 ljudfiler i output för respektive klassificerare. Av dessa namnges 55 844 ljudfiler som spelande gölgrodor för "Gölgroda1" och 71 246 ljudfiler för "Gölgroda2". Utifrån intervall kontrolleras 100 slumpmässigt valda ljudfiler från outputen, vilka likt tidigare rangordnas utifrån närhet till klustercenter (TOP1DIST). Felprocenten för "Gölgroda1" är 25 % (25 av 100 stickprov) och 44 % för "Gölgroda2" (44 av 100 stickprov).

Tabell 5. Felkodade ljudfiler för "Gölgroda1".

Felkälla	Ringduva	Bakgrundsljud	Totalt
Andel felkodade ljudfiler (n = 100)	3 %	22 %	25 %

Tabell 6. Felkodade ljudfiler för "Gölgroda2".

Felkälla	Oidentifierad fågelsång	Bakgrundsljud	Totalt
Andel felkodade ljudfiler (n = 100)	8 %	36 %	44 %

I tabell 5 och 6 redovisas felkällorna för all ljuddata kopplat till "Gölgroda1" och "Gölgroda2". För "Gölgroda1" är de två felkällorna lockrop från ringduva (*Columba palumbus*) med 3 % (n = 100) och bakgrundsljud 22 % (n = 100). Felkällorna för "Gölgroda2" är oidentifierad fågelsång med 8 % (n = 100) och bakgrundsljud 36 % (n = 100).

3.2 "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda"

Först presenteras outputen från de basala klusteranalyserna som ligger till grund för klassificerarna "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda" (Tabell 7).

Tabell 7. Basala klusteranalyser för "FleraGölgrodor" och "EnGölgroda".

Ljudfiler	Kluster	Kluster med gölgroda	Klassificerare
17 419	51	1	FleraGölgrodor
2004	24	3	EnGölgroda

Tabell 7 visar att outputen för ”FleraGölgroddor” består av 17 419 ljudfiler och 51 kluster. För ”EnGölgroda” innehåller outputen 2004 ljudfiler och 24 kluster. För att skapa klassificeraren ”FleraGölgroddor” används ett kluster och för ”EnGölgroda” tre kluster.

Tabell 8. Testdata för ”FleraGölgroddor”.

Indata	Datum	Ljudfiler	Ljudfiler klassade som flera gölgroddor	Lägst TOP1DIST	Högst TOP1DIST	Andel felkodade ljudfiler
Ljudbox 4	16 juni	16 162	434	0,368264	1,230924	65 % (n = 43)
Ljudbox 4	13 juni	16 411	438	0,346654	1,235159	77 % (n = 43)
Ljudbox 1	16 juni	9 950	368	0,320813	1,145847	100 % (n = 36)

Tabell 8 visar resultaten för när ”FleraGölgroddor” testas på ljuddata från ljudbox 4 (13 och 16 juni) och ljudbox 1 (16 juni). Datumerna har valts för att de innehåller flera ljudfiler med spelande gölgroddor. För ljudbox 4 innehåller outputen 16 162 ljudfiler (16 juni) och 16 411 ljudfiler (13 juni). Outputen för ljudbox 1 (16 juni) innehåller 9 950 ljudfiler. Av alla ljudfiler namnges 434 (ljudbox 4, 16 juni), 438 (ljudbox 4, 13 juni) och 368 ljudfiler (ljudbox 1, 16 juni) som ”FleraGölgroddor”. När var tionde ljudfil kontrolleras utifrån lägst till högst TOP1DIST-värde har ljudbox 4 felprocenten 65 % (16 juni, 28 av 43 stickprov) och 77 % (13 juni, 33 av 43 stickprov). För ljudbox 1 är felprocenten 100 % (16 juni, 36 av 36 stickprov). Ingen testdata används för ”EnGölgroda”, eftersom den utvecklades för att jämföras med ”FleraGölgroddor”.

Tabell 9. Jämförelse av ”FleraGölgroddor” och ”EnGölgroda”.

Klassificerare	Ljudfiler	Ljudfiler klassade som en eller flera gölgroddor	Lägsta TOP1DIST	Högsta TOP1DIST	Andel felkodade ljudfiler
FleraGölgroddor	16 162	434	0,368264	1,230924	65 % (n = 43)
EnGölgroda	16 162	1225	0,169509	1,338556	19 % (n = 122)

Tabell 9 är en jämförelse av ”EnGölgroda” och ”FleraGölgroddor”. Indatan för de två olika klassificerarna är från ljudbox 4 (16 juni), eftersom felprocenten är lägst för ”FleraGölgroddor” under detta datum. Outputen består av totalt 16 162 ljudfiler

för respektive klassificerare. 434 ljudfiler namnges som ”FleraGölgrodor” och 1225 ljudfiler som ”EnGölgroda”. Ljudfilerna listas utifrån närhet till klustercenter (TOP1DIST) och utifrån rangordningen kontrolleras var tionde ljudfil för de båda klassificerarna. Som förut är felprocenten för ”FleraGölgrodor” 65 % (28 av 43 stickprov), medan ”EnGölgroda” har en felprocent på 19 % (23 av 122 stickprov).

Tabell 10. Felkodade ljudfiler för ”FleraGölgrodor”.

Felkälla	En gölgroda	Fiskmås	Bofink	Okänd fågelsång	Bakgrundsljud	Totalt
Antal felkodade ljudfiler (n = 43)	4	1	5	1	17	28
Andel felkodade ljudfiler (n = 43)	9 %	2 %	12 %	2 %	40 %	65 %

Tabell 11. Felkodade ljudfiler för ”EnGölgroda”.

Felkälla	Flera gölgrodor	Ringduva	Okänd fågelsång	Bakgrundsljud	Totalt
Antal felkodade ljudfiler (n = 122)	10	5	1	7	23
Andel felkodade ljudfiler (n = 122)	8 %	4 %	1 %	6 %	19 %

Tabell 10 och 11 visar felkällorna för ”FleraGölgrodor” respektive ”EnGölgroda”. Den förstnämnda klassificeraren feltolkar när den namnger en ljudfil med enbart en spelande gölgroda som ”FleraGölgrodor” (9 % eller 4 ljudfiler av 43 stickprov). ”EnGölgroda” gör samma misstag när den namnger flera gölgrodor som en spelande gölgroda (8 % eller 10 ljudfiler av 122 stickprov). För båda klassificerarna är det dessutom vanligt att annat bakgrundsljud tolkas som en måldetektion. 40 % av ljudfilerna för ”FleraGölgrodor” (eller 17 ljudfiler av 43 stickprov) är bakgrundsljud, medan samma siffror för ”EnGölgroda” är 6 % (7 ljudfiler av 122 stickprov). Klassificerarna kan även tolka fågelsång som en eller flera spelande gölgrodor. Den vanligaste arten som feltolkas som ”FleraGölgrodor” är bofink (*Fringilla coelebs*) med 12 % (5 ljudfiler av 43 stickprov). På ett liknande sätt feltolkar ”EnGölgroda” ringduva med 4 % (5 ljudfiler av 122 stickprov).

4. Diskussion

4.1 "Gölgroda1" och "Gölgroda2"

Resultatet visar att klassificerare "Gölgroda1" har en lägre felprocent jämfört med "Gölgroda2" både för testdatan och all ljuddata. För testdatan har "Gölgroda1" en felprocent på 30 % och "Gölgroda2" 40 %. Felprocenten minskar för "Gölgroda1" när all ljuddata analyseras (25 %), men den ökar för "Gölgroda2" (44 %). Eftersom "Gölgroda2" innehåller mer ljuddata är det rimligt att anta att den borde ha en lägre felprocent än "Gölgroda1". Det beror på att för mer träningsdata ökar den statistiska signifikansen hos liknande ljud och därmed förbättras i regel analysresultaten (Wildlife Acoustics 2025). Samtidigt visar resultatet i denna studie på motsatsen, att "Gölgroda2" vars basala klusteranalys innehåller mer data har en högre felprocent än "Gölgroda1" både för testdatan och all ljuddata. Klusterbildning kan bli felaktig i bullriga miljöer (Guerrero et al. 2024). Även om Örskår, där all data förutom Artfakta-ljudfilen samlats in, inte är en bullrig miljö förekommer det ljud från andra arter inom samma frekvensområde som för gölgrodornas spel. Några av dessa ljud är från fåglar, som ringduva och bofink, och tillsammans med bakgrundsljud som vind förekommer de ibland i samma kluster som spelande gölgrodor. På grund av att antalet ljudfiler var så pass många har enbart de tio första kontrollerats för "Gölgroda1" och "Gölgroda2" i de basala klusteranalyserna. Därför riskerar flera ljud som ligger i samma frekvensområde som för spelande gölgrodor att ingå i skapandet av klassificerarna "Gölgroda1" och "Gölgroda2". En större mängd data i de basala klusteranalyserna och därmed tidsserie av ljud inom samma frekvensområde kan leda till att klassificerarna får svårare att särskilja mellan läten från gölgrodor och fåglar eller annat bakgrundsljud.

4.2 "FleraGölgrodor"

Klassificerare "FleraGölgrodor" utvecklades för att besvara studiens andra frågeställning, om det är möjligt att skilja mellan en och flera spelande gölgrodor. Resultatet visar att "FleraGölgrodor" har en hög felprocent för alla tre datumen som använts som testdata. Som lägst är felprocenten 65 % för ljudbox 4 (16 juni). Eftersom "FleraGölgrodor" har en så pass hög felprocent för all undersökt ljuddata är det olämpligt att använda klassificeraren för att inventera gölgrodor. Orsaken till att klassificerare "FleraGölgrodor" inte kan detektera flera gölgrodor kan bero på att det är svårt att använda PAM för att mäta abundansen hos en art (Marques et al. 2013; Čeirāns et al. 2020; Ross et al. 2023). Till exempel kan uppskattandet av individantal vara otillförlitligt om sambandet mellan lockläte

och parningsspel påverkas av populationstäthet (Marques et al. 2013). Samtidigt utvecklades inte ”FleraGölgrodor” för att beräkna exakt individantal, utan som ett sätt att detektera flera än en spelande gölgroda. Däremot visar resultatet på att enbart särskilja mellan en och flera gölgrodor har sina utmaningar, vilket kan ha flera olika förklaringar. För vissa arter kan locklåten och parningsspel (eng. calling activity) vara en god indikator för att mäta abundans, men inte för andra (Čeirāns et al. 2020). Till exempel kan det utifrån inspelningar vara utmanande att differentiera flera individer från en högljudd individ som använder flera olika låten (Ross et al. 2023). Vid stickprovsgenomgångarna av ljudinspelningarna för gölgrodorna var det svårt att avgöra om en individ använde sig av flera olika låten eller om flera gölgrodor spelade samtidigt. De manuella genomgångarna försvårades ytterligare i och med ljudfilernas korta längd, som i output är mellan 0,1 och 7,5 sekunder långa. Därför har sannolikt också ”FleraGölgrodor” haft svårt att namnge nya indataljudfiler om en gölgroda använder sig av olika låten eller flera hanar spelar samtidigt. Andra arter som använder låten i samma frekvensområde som gölgrodor kan ytterligare ha försvårat för ljudanalysen, eftersom risken är att dessa låten tolkas som en måldetektion.

4.3 Studiens begränsningar

Studiens största begränsningar är svårigheter med datalagring och att andelen falska negativa resultat inte har utvärderats. Först beskrivs nackdelarna med att all data från Länsstyrelsen i Uppsala län inte har kunnat användas. Det beror på att servern som nyttjas för dataanalysen har en begränsad lagringskapacitet. Annars hade det varit möjligt att analysera data från hela parningssäsongen. Som regel bör träningsdata innehålla låten från hela artens utbredningsområde och olika miljöförhållanden (Taylor et al. 2017; Linke et al. 2023). Ett groddjur kan nämligen använda sig av olika ljud beroende på faktorer som temperatur, kroppsstorlek, region och andra faktorer. Därför är en klar brist med studien att ljuddata från enbart tre datum (15 maj samt 13 och 15 juni) och ett varierande antal lokaler har ingått i datan för de basala klusteranalyserna, som ligger till grund för de enkla klassificeringarna.

Den andra begränsningen är det okända antalet falskt negativt klassificerade gölgrodor. Ett falskt negativt resultat, ett typ II fel, innebär att klassificeringen inte kategoriserar en måldetektion korrekt (Crump & Houlahan 2017). För att tydliggöra, om ”FleraGölgrodor” misslyckas med att namnge en ljudfil som innehåller flera än en spelande gölgroda är det ett exempel på ett falskt negativt resultat. Däremot är det ett falskt positivt resultat, ett typ I fel, om en ljudfil sorteras som en viss art eller utifrån vissa kriterier, men inte är denna art eller uppnår dessa kriterier. I detta sammanhang är ett falskt positivt resultat om en

Ljudfil kategoriseras som ”FleraGölgrodor” när den innehåller enbart en spelande gölgroda. Om samma ljudfil i stället benämns som ”EnGölgroda” har klassificeraren tolkat ljudfilen korrekt. Det finns flera olika anledningar till falska positiva och falska negativa resultat inom PAM. En av orsakerna är att andra ljudkällor inom samma frekvensområde kan orsaka feltolkningar hos klassificerarna. Dessa ljud kan vara antropogena, vara läten från andra arter än den som studeras, regn, vind och vattenflöden (Willacy et al. 2015; López-Hernández & Puente-Rolón 2021). I denna studie tolkas vid upprepade tillfällen fågelläten, särskilt från bofink och ringduva, och bakgrundsljud som spelande gölgrodor av de olika klassificerarna. För att minska risken för falska positiva resultat har ett stickprovsurval av ljudfiler manuellt kontrollerats för varje klassificerare. Samtidigt har ingen liknande metod utvecklats för att undersöka andelen falska negativa resultat. Därför är antalet ljudfiler som innehåller spelande gölgrodor och som inte upptäckts av de olika klassificerarna okänt.

4.4 Framtida forskning

Inom framtida forskning föreslås ett område kopplat till ljudanalys som inventeringsmetod för gölgrodor; att minska andelen falska negativa och falska positiva resultat. Ett sätt att minska andelen falska negativa resultat är att undersöka hela datamaterialet som en klassificerare har tillämpats på (Shonfield et al. 2018). Att lyssna eller visuellt skanna igenom ljudinspelningar beskrivs idag som den bästa metoden för att avgöra bristerna hos en klassificerare (Brauer et al. 2016; Crump & Houlahan 2017). På grund av tidsaspekten kopplat till studien, där dataanalysen begränsats till cirka två veckor, och datamaterialets storlek var det omöjligt att manuellt kontrollera alla datafiler. Ytterligare en metod som minskar andelen falska negativa resultat är att ha mindre begränsade parametrar i standardinställningarna för ljudanalys i ”Non-bat Analysis Mode”, Kaleidoscope Pro (Wildlife Acoustics 2026a). Här går det särskilt att öka värdet för ”Distance from cluster center to include outputs in cluster.csv” som är mellan 0 och 2 (Pérez-Granados et al. 2020). För att flera detekterade ljudsignaler ska ingå i dataanalysen används värdet 2 i studien, men det ökar i sin tur andelen falska positiva resultat och tiden för manuell validering av ljudfilerna. Valet av standardinställningar beror på vilken art som studien ämnar studera, eftersom effektiviteten hos den automatiserade detektionen beror mycket på ljudens egenskaper (Lassandro et al. 2025). Inom ordningen stjärtlösa groddjur har vissa arter högljudda körer, till exempel explosiva häckningsarter, eller distinkta läten skilt från andra arter (Reeves & Conradie 2023; Kunz et al. 2024). Gölgrodan är ett exempel på en sådan art (Bína et al. 2015; SLU Artdatabanken 2026a; c). På grund av gölgrodans säregna läten kan det därför vara lättare för klassificeraren att upptäcka arten ur ett stort datamaterial. Därför är det en avvägning mellan att ha

striktare gränsvärden inom standardinställningarna, där mindre stränga minskar risken för falska negativa resultat men samtidigt ökar sannolikheten för falska positiva resultat (Blumstein et al. 2011; Knight et al. 2017 i Lassandro et al. 2025). I framtida forskning hade det varit intressant att undersöka om striktare standardinställningar i Kaleidoscope Pro ger ett annorlunda resultat kopplat till andelen falska negativa och falska positiva resultat. Då går det att använda sig av vetenskapliga studier som undersökt hur gölgrodors spelande kvantitativt skiljer sig mellan olika populationsgrupper och andra groddjur (Wycherley et al. 2001; 2002; 2003; 2008; Lukanov et al. 2017). Tyvärr uppmärksammades dessa vetenskapliga artiklar först efter ljudanalysens utförande, vilket är orsaken till att de i denna studie inte har kommit att påverka parametrarna för ljudanalysen.

4.5 Slutsats

Slutsatsen är att ljuddata kan användas för att inventera förekomsten, men inte abundansen av gölgrodor. Samtidigt för att metoden ska vara tillförlitlig behöver varje klassificerares felprocent minska. För att besvara den första frågeställningen detekterar visserligen "Gölgroda1" och "Gölgroda2" spelande gölgrodor i ljudmaterialet, men för båda klassificerare är 25 % eller mer falska positiva resultat. Eftersom den lägsta felprocenten för "FleraGölgroda" är 65 % går det av samma orsak inte att använda klassificeraren för att skilja mellan en och flera spelande gölgrodor. Denna studie kan ses som en form av pilotstudie och framtida forskning bör undersöka hur klassificerarnas felprocent kan bli lägre för att praktiskt kunna användas i fält.

4.6 Deklaration om användning av AI

I studien har AI-läget i Google Sök använts för att skapa intervallen för stickprovsgenomgången av ljudmaterialet och översätta sammanfattningen till engelska.

Referenser

- Bína, P., Isaksson, I., Hertonsson, P., Nyström, P. & Stenberg, M. (2015). *Sveriges groddjur – Amphibia*. SLU Artdatabanken, Uppsala.
https://www.slu.se/contentassets/473eedc5c4a147b38e063751fe1ef094/sveriges-groddjur_2024-1.pdf [2026-04-08]
- Blumstein, D.T., Mennill, D.J., Clemins, P., Girod, L., Yao, K., Patricelli, G., Deppe, J.L., Krakauer, A.H., Clark, C., Cortopassi, K.A., Hanser, S.F., McCowan, B., Ali, A.M. & Kirschel, A.N.G. (2011). Acoustic monitoring in terrestrial environments using microphone arrays: applications, technological considerations and prospectus. *Journal of Applied Ecology*, 48 (3), 758–767.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2011.01993.x>
- Brauer, C.L., Donovan, T.M., Mickey, R.M., Katz, J. & Mitchell, B.R. (2016). A comparison of acoustic monitoring methods for common anurans of the northeastern United States. *Wildlife Society Bulletin*, 40 (1), 140–149.
<https://doi.org/10.1002/wsb.619>
- Čeirāns, A., Pupina, A. & Pupins, M. (2020). A new method for the estimation of minimum adult frog density from a large-scale audial survey | Scientific Reports. *Scientific Reports*, 10 (1), 8627. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-65560-6>
- Chen, W.-P., Chen, S.-S., Lin, C.-C., Chen, Y.-Z. & Lin, W.-C. (2012). Automatic recognition of frog calls using a multi-stage average spectrum. *Computers & Mathematics with Applications*, 64 (5), 1270–1281.
<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2012.03.071>
- Chen, Y., Tournayre, O., Tian, H. & Lougheed, S.C. (2023). Assessing the breeding phenology of a threatened frog species using eDNA and automatic acoustic monitoring. *PeerJ*, 11, e14679. <https://doi.org/10.7717/peerj.14679>
- Crump, P.S. & Houlahan, J. (2017). Designing better frog call recognition models. *Ecology and Evolution*, 7 (9), 3087–3099. <https://doi.org/10.1002/ece3.2730>
- Digby, A., Towsey, M., Bell, B.D. & Teal, P.D. (2013). A practical comparison of manual and autonomous methods for acoustic monitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, 4 (7), 675–683. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.12060>
- Dorcas, M.E., Price, S.J., Walls, S.C. & Barichivich, W.J. (2009). Auditory monitoring of anuran populations. I: *Amphibian Ecology and Conservation*. University Press.
<https://doi.org/10.1093/oso/9780199541188.003.0016>
- Faunatech (2026a). *Song Meter® SM4 Acoustic Recorder*. Wildlife Acoustics.
<https://www.faunatech.com.au/products/song-meter-sm4> [2026-06-04]
- Faunatech (2026b). *Song Meter SM4TS*. Wildlife Acoustics.
<https://www.faunatech.com.au/products/song-meter-sm4-acoustic-recorder-with-time-synchronization> [2026-04-22]
- Gibb, R., Browning, E., Glover-Kapfer, P. & Jones, K.E. (2019). Emerging opportunities and challenges for passive acoustics in ecological assessment and monitoring.

- Methods in Ecology and Evolution*, 10 (2), 169–185. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13101>
- Google (2026a). *Google AI-läge*. [Large language model].
https://www.google.com/search?q=&rlz=1C5CHFA_enSE1041SE1041&sourceid=chrome&ie=UTF8&amc=1&udm=50&aep=42&cu=5&qsubs=1779260190938&source=chrome.crn.rb [2026-05-20]
- Google (2026b). *slumptalsgenerator google - Sök på Google*. [Applikation].
https://www.google.com/search?q=slumptalsgenerator+google&rlz=1C5CHFA_enSE1041SE1041&oq=slumptalsgenerator+google&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUyBggAEEUYOTIICAQABgWGB4yCggCEAAyGAAQYogQyBwgDEAAy7wUyCggEEAAyGAAQYogQyCggFEAAyGAAQYogQyBggGEEUYPNIBCDM40ThqMGo3qAIAAsAIA&sour[2026-05-20]
- Guerrero, M.J., Taborda, S., Isaza, C. & Daza, J.M. (2024). A Comparative Study of Computational Intelligence Methods for Audio Analysis in Animal Identification within Tropical Ecosystems. Paper 1415 presentation presented at: The 2024 IARIA Annual Congress on Frontiers in Science, Technology, Services, and Applications; Porto, Portugal.
https://personales.upv.es/thinkmind/dl/conferences/iariacongress/iaria_congress_2024/iaria_congress_2024_2_170_50084.pdf
- Kunz, B.K., Waddle, J.H. & Green, N.S. (2024). Amphibian Monitoring in Hardwood Forests: Optimizing Methods for Contaminant-Based Compensatory Restorations. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 20 (6), 1939–1953.
<https://doi.org/10.1002/ieam.4202>
- Lassandro, M., Bolitho, L. & Newell, D. (2025). A systematic review of Passive Acoustic Monitoring for anuran conservation. *Bioacoustics*, 34 (5), 579–628.
<https://doi.org/10.1080/09524622.2025.2518486>
- Lindgren, B., Nilsson, J. & Söderman, F. (2014). *Åtgärdsprogram för gölgroda, 2014–2019 (Pelophylax lessonae)*. (Rapport 6631). Naturvårdsverket, Stockholm.
<https://www.naturvardsverket.se/4ac187/globalassets/media/publikationer-pdf/6600/978-91-620-6631-4.pdf>
- Linke, S., Teixeira, D. & Turlington, K. (2023). Evaluating and optimising performance of multi-species call recognisers for ecoacoustic restoration monitoring. *Ecology and Evolution*, 13 (8), e10309. <https://doi.org/10.1002/ece3.10309>
- López-Hernández, D. & Puente-Rolón, A. (2021). The effect of Hurricane María on the richness and calling activity of the Eleutherodactylus assemblages of the Carite State Forest, Puerto Rico. *Biotropica*, 53 (6), 1664–1672.
<https://doi.org/10.1111/btp.13015>
- Luedtke, J.A., Chanson, J., Neam, K., Hobin, L., Maciel, A.O., Catenazzi, A., Borzée, A., Hamidy, A., Aowphol, A., Jean, A., Sosa-Bartuano, Á., Fong G., A., De Silva, A., Fouquet, A., Angulo, A., Kidov, A.A., Muñoz Saravia, A., Diesmos, A.C., Tominaga, A., Shrestha, B., Gratwicke, B., Tjaturadi, B., Martínez Rivera, C.C., Vásquez Almazán, C.R., Señaris, C., Chandramouli, S.R., Strüssmann, C., Cortez

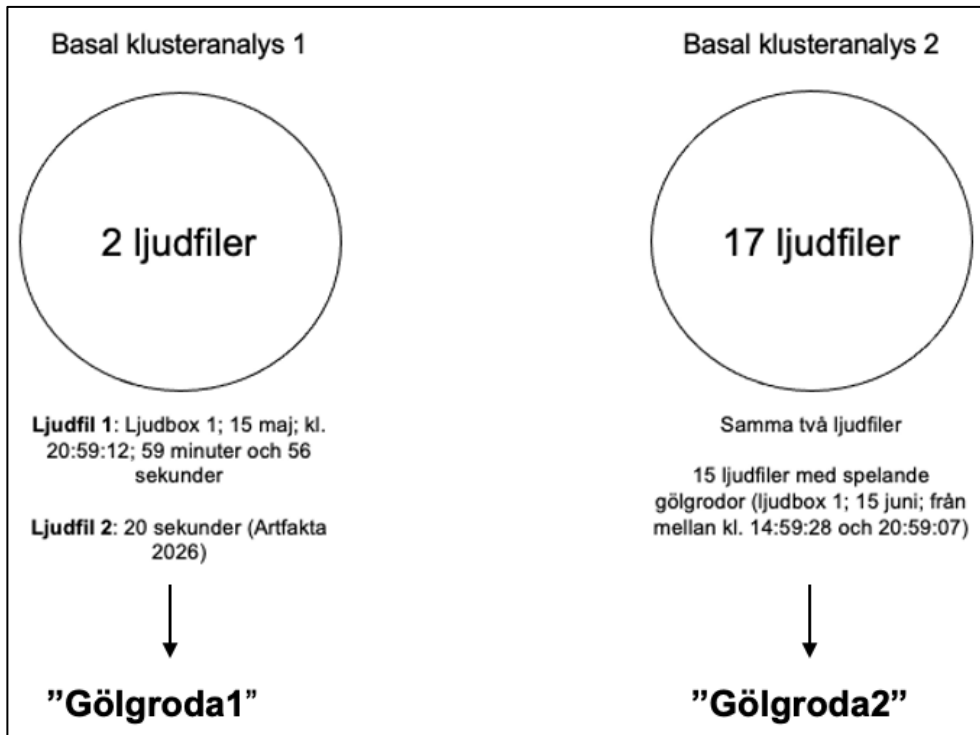
- Fernández, C.F., Azat, C., Hoskin, C.J., Hilton-Taylor, C., Whyte, D.L., Gower, D.J., Olson, D.H., Cisneros-Heredia, D.F., Santana, D.J., Nagombi, E., Najafi-Majd, E., Quah, E.S.H., Bolaños, F., Xie, F., Brusquetti, F., Álvarez, F.S., Andreone, F., Glaw, F., Castañeda, F.E., Kraus, F., Parra-Olea, G., Chaves, G., Medina-Rangel, G.F., González-Durán, G., Ortega-Andrade, H.M., Machado, I.F., Das, I., Dias, I.R., Urbina-Cardona, J.N., Crnobrnja-Isailović, J., Yang, J.-H., Jianping, J., Wangyal, J.T., Rowley, J.J.L., Measey, J., Vasudevan, K., Chan, K.O., Gururaja, K.V., Ovaska, K., Warr, L.C., Canseco-Márquez, L., Toledo, L.F., Díaz, L.M., Khan, M.M.H., Meegaskumbura, M., Acevedo, M.E., Napoli, M.F., Ponce, M.A., Vaira, M., Lampo, M., Yáñez-Muñoz, M.H., Scherz, M.D., Rödel, M.-O., Matsui, M., Fildor, M., Kusirini, M.D., Ahmed, M.F., Rais, M., Kouamé, N.G., García, N., Gonwouo, N.L., Burrowes, P.A., Imbun, P.Y., Wagner, P., Kok, P.J.R., Joglar, R.L., Auguste, R.J., Brandão, R.A., Ibáñez, R., Von May, R., Hedges, S.B., Biju, S.D., Ganesh, S.R., Wren, S., Das, S., Flechas, S.V., Ashpole, S.L., Robleto-Hernández, S.J., Loader, S.P., Incháustegui, S.J., Garg, S., Phimmachak, S., Richards, S.J., Slimani, T., Osborne-Naikatini, T., Abreu-Jardim, T.P.F., Condez, T.H., De Carvalho, T.R., Cutajar, T.P., Pierson, T.W., Nguyen, T.Q., Kaya, U., Yuan, Z., Long, B., Langhammer, P. & Stuart, S.N. (2023). Ongoing declines for the world's amphibians in the face of emerging threats. *Nature*, 622 (7982), 308–314. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06578-4>
- Lukanov, S. P., Tzankov, N. D., & Naumov, B. Y. (2017). First documented records of *Pelophylax lessonae* (Camerano, 1882)(Amphibia: Ranidae) from Bulgaria. *Acta Zool Bulgarica*, 69(4), 483–488. https://www.researchgate.net/publication/322266953_First_Documented_Records_of_Pelophylax_lessonae_Camerano_1882_Amphibia_Ranidae_from_Bulgaria
- Länsstyrelsen i Uppsala län (2018). *Inventering av gölgröda (Rana lessonae) i Uppsala län 2016*. (Länsstyrelsens meddelandeserie 2018:02). [https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1b1d393819324610c374977b/1732517819780/Inventering%20av%20g%C3%B6lgr%C3%B6da%20\(Rana%20lessonae\)%20i%20Uppsala%20l%C3%A4n%202016.pdf](https://www.lansstyrelsen.se/download/18.1b1d393819324610c374977b/1732517819780/Inventering%20av%20g%C3%B6lgr%C3%B6da%20(Rana%20lessonae)%20i%20Uppsala%20l%C3%A4n%202016.pdf) [2025-05-18]
- Marques, T.A., Thomas, L., Martin, S.W., Mellinger, D.K., Ward, J.A., Moretti, D.J., Harris, D. & Tyack, P.L. (2013). Estimating animal population density using passive acoustics. *Biological Reviews*, 88 (2), 287–309. <https://doi.org/10.1111/brv.12001>
- Melo, I., Llusia, D., Bastos, R.P. & Signorelli, L. (2021). Active or passive acoustic monitoring? Assessing methods to track anuran communities in tropical savanna wetlands. *Ecological Indicators*, 132, 108305. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108305>
- Nationalencyklopedin (u.å.a). *Effektiv populationsstorlek*. <https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/effektiv-populationsstorlek> [2026-05-07]

- Nationalencyklopedin (u.å.b). *Maskininlärning*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/maskininl%C3%A4rning?isSearchResult=true> [2026-05-11]
- Nationalencyklopedin (u.å.c). *Stickprov*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/stickprov> [2026-04-08]
- Nationalencyklopedin (u.å.d). *Systematiskt urval*.
<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/l%C3%A5ng/systematiskt-urval> [2026-04-24]
- Orizaola, G., Quintela, M. & Laurila, A. (2010). Climatic adaptation in an isolated and genetically impoverished amphibian population. *Ecography*, 33 (4), 730–737.
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0587.2009.06033.x>
- Pérez-Granados, C., Schuchmann, K.-L., Ramoni-Perazzi, P. & Marques, M.I. (2020). Calling behaviour of *Elachistocleis matogrosso* (Anura, Microhylidae) is associated with habitat temperature and rainfall. *Bioacoustics*, 29 (6), 670–683.
<https://doi.org/10.1080/09524622.2019.1658642>
- Reeves, B. & Conradie, W. (2023). Breeding phenology and behaviour of the Endangered Hewitt’s ghost frog *Heleophryne hewitti* in the Baviaanskloof World Heritage Site, Eastern Cape Province, South Africa. *Bioacoustics*, 32 (4), 434–452.
<https://doi.org/10.1080/09524622.2023.2193815>
- Ribeiro, J.W., Harmon, K., Leite, G.A., de Melo, T.N., LeBien, J. & Campos-Cerqueira, M. (2022). Passive Acoustic Monitoring as a Tool to Investigate the Spatial Distribution of Invasive Alien Species. *Remote Sensing*, 14 (18), 4565.
<https://doi.org/10.3390/rs14184565>
- Ross, S.R.P.-J., O’Connell, D.P., Deichmann, J.L., Desjonquères, C., Gasc, A., Phillips, J.N., Sethi, S.S., Wood, C.M. & Burivalova, Z. (2023). Passive acoustic monitoring provides a fresh perspective on fundamental ecological questions. *Functional Ecology*, 37 (4), 959–975. <https://doi.org/10.1111/1365-2435.14275>
- Shonfield, J., Heemskerk, S. & Bayne, E.M. (2018). Utility of Automated Species Recognition For Acoustic Monitoring of Owls. *Journal of Raptor Research*, 52 (1), 42–55. <https://doi.org/10.3356/JRR-17-52.1>
- SLU Artdatabanken (2026a). *Artfakta: gölgröda (Pelophylax lessonae)*.
<https://artfakta.se/taxa/100119> [2026-05-18]
- SLU Artdatabanken (2026b). *Artportalen*. <https://www.artportalen.se/> [2026-05-13]
- SLU Artdatabanken (2026c). *Rödlistade arter i Sverige 2025*. (SLU Artdatabanken rapporterar 37). <https://doi.org/10.54612/a.6scftkgu7u> [2026-04-27]
- SMHI (2026a). *Ladda ner väderobservationer*. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). *Data från*: <https://www.smhi.se/data/hitta-data-for-en-plats/ladda-ner-vaderobservationer> [2026-04-08]
- SMHI (2026b). *Skalor för vindhastighet*. Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI). <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/meteorologi/vind/skalor-for-vindhastighet> [2026-04-08]

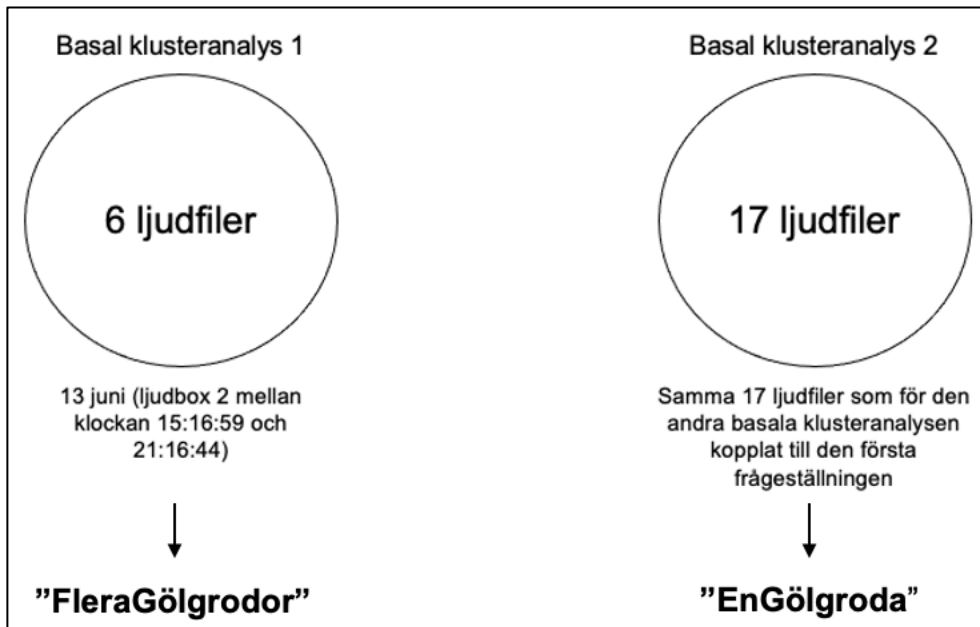
- Snell, C., Tetteh, J. & Evans, I.H. (2005). Phylogeography of the pool frog (*Rana lessonae* Camerano) in Europe: evidence for native status in Great Britain and for an unusual postglacial colonization route: PHYLOGEOGRAPHY OF THE POOL FROG IN EUROPE. *Biological Journal of the Linnean Society*, 85 (1), 41–51. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2005.00471.x>
- Sugai, L.S.M., Silva, T.S.F., Ribeiro, J.W. & Llusia, D. (2019). Terrestrial Passive Acoustic Monitoring: Review and Perspectives. *BioScience*, 69 (1), 15–25. <https://doi.org/10.1093/biosci/biy147>
- Taylor, A., McCallum, H.I., Watson, G. & Grigg, G.C. (2017). Impact of cane toads on a community of Australian native frogs, determined by 10 years of automated identification and logging of calling behaviour. *Journal of Applied Ecology*, 54 (6), 2000–2010. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12859>
- Tegelström, H. & Sjögren-Gulve, P. (2004). Genetic differentiation among northern European pool frog (*Rana lessonae*) populations. *Herpetological Journal*, 14 (4), 187–193. <https://www.thebhs.org/publications/the-herpetological-journal/volume-14-number-4-october-2004/1771-04-genetic-differentiation-among-northern-european-pool-frog-rana-lessonae-populations/file>
- Wildlife Acoustics (2025). *Kaleidoscope User Guide*. <https://www.wildlifeacoustics.com/uploads/user-guides/Kaleidoscope03192025.pdf> [2026-04-29]
- Wildlife Acoustics (2026a). *Kaleidoscope Pro* (5.9.0). [Programvara]. <https://www.wildlifeacoustics.com/products/kaleidoscope-pro> [2026-05-18]
- Wildlife Acoustics (2026b). *Kaleidoscope Pro Software: Tips for Clustering and Classifiers*. [Video] <https://www.wildlifeacoustics.com/resources/video-tutorials/kaleidoscope-pro-software/en/kaleidoscope-pro-software-tips-for-clustering-and-classifiers> [2026-05-19]
- Wildlife Acoustics (2026c). *Video Script - Kaleidoscope Pro 5 Basic Cluster Analysis*. https://www.wildlifeacoustics.com/uploads/video-downloads/Video_Script_Kaleidoscope_Pro_Basic-Cluster_Analysis.pdf [2026-04-29]
- Wildlife Acoustics (2026d). *Video Script - Kaleidoscope Pro 5 Simple Classifiers*. https://www.wildlifeacoustics.com/uploads/video-downloads/Video_Script_Kaleidoscope_Pro_Simple_Classifiers.pdf [2026-04-29]
- Willacy, R.J., Mahony, M. & Newell, D.A. (2015). If a frog calls in the forest: Bioacoustic monitoring reveals the breeding phenology of the endangered Richmond Range mountain frog (*Phyllorhina richmondensis*). *Austral Ecology*, 40 (6), 625–633. <https://doi.org/10.1111/aec.12228>
- Wycherley, J., Beebe, T. & Doran, S. (2001). Regional accents in the Pool Frog? Development of new computer analytical techniques aids bioacoustic separation of Pool Frog populations and may elucidate the status of Norfolk Pool Frogs. *Zoosystematics and Evolution*, 77 (1), 25–30. <https://doi.org/10.1002/mmz.20010770105>

- Wycherley, J., Doran, S. & Beebee, T.J.C. (2002). Frog calls echo microsatellite phylogeography in the European pool frog (*Rana lessonae*). *Journal of Zoology*, 258 (4), 479–484. <https://doi.org/10.1017/S0952836902001632>
- Wycherley, J., Doran, S. & Beebee, T.J.C. (2003). Tracing aliens: Identification of introduced water frogs in Britain by male advertisement call characteristics. *Herpetological journal*, 13, 43–50. https://www.researchgate.net/publication/234024841_Tracing_alien_Identification_of_introduced_water_frogs_in_Britain_by_male_advertisement_call_characteristics
- Wycherley, J., Doran, S. & Beebee, T.J.C. (2008). Male advertisement call characters as phylogeographical indicators in European water frogs: FROG CALLS and PHYLOGEOGRAPHY. *Biological Journal of the Linnean Society*, 77 (3), 355–365. <https://doi.org/10.1046/j.1095-8312.2002.00104.x>
- Zeisset, I. & Beebee, T.J.C. (2001). Determination of Biogeographical Range: An Application of Molecular Phylogeography to the European Pool Frog *Rana lessonae*. *Proceedings: Biological Sciences*, 268 (1470), 933–938. <https://www.jstor.org/stable/3067650>
- Zeisset, I. & Hoogesteger, T. (2018). A reassessment of the biogeographic range of northern clade pool frogs (*Pelophylax lessonae*). *Herpetological Journal*, 28 (2), 63–72. <https://www.thebhs.org/publications/the-herpetological-journal/volume-28-number-2-april-2018/1801-02-a-reassessment-of-the-biogeographic-range-of-northern-clade-pool-frogs-i-pelophylax-lessonae-i>

Bilaga 1



Figur 3. Schematisk beskrivning för de enkla klassificeringarna "Gölgroda1" och "Gölgroda2" som utvecklades för att besvara den första frågeställningen.



Figur 4. Schematisk beskrivning för de enkla klassificeringarna "FleraGölgroddor" och "EnGölgroda" som utvecklades för att besvara den andra frågeställningen.

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU kan publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver i sådana fall godkänna publiceringen. I samband med att du godkänner publicering kommer SLU även att behandla dina personuppgifter (namn) för att göra arbetet sökbart på internet. Du kan närsomhelst återkalla ditt godkännande genom att kontakta biblioteket.

Även om du väljer att inte publicera arbetet eller återkallar ditt godkännande så kommer det arkiveras digitalt enligt arkivlagstiftningen.

Du hittar länkar till SLU:s publiceringsavtal och SLU:s behandling av personuppgifter och dina rättigheter på den här sidan:

- <https://libanswers.slu.se/sv/faq/228316>

JA, jag, Carolina Jonsell har läst och godkänner avtalet för publicering samt den personuppgiftsbehandling som sker i samband med detta

NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse till att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.