



DET BIOLOGISKE LEVEGRUNDLAG FOR KIRKEUGLER I DANMARK

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 444

2021



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

DET BIOLOGISKE LEVEGRUNDLAG FOR KIRKEUGLER I DANMARK

Videnskabelig rapport fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi

nr. 444

2021

Peter Sunde¹
Martin Mayer¹
Anthony D. Fox¹
Astrid Holm Andersen
Martin Šálek²
Frej J. Lindhøj¹
Anton Krištín³
Ján Obuch⁴
Monika Chrenkova⁵
Georg Kaatz
Charlotte McAneney
Emma Kaczmar
Lars Brøndum⁶
Mette Møller Christensen
Emma Hvidtfeldt Jensen
Alexander Venzel Rudbeck
Matilde Skjoldager
Lars Bo Jacobsen⁷

¹Aarhus Universitet, Institut for Bioscience.

²Czech Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Biology

³Comenius University, Botanical Garden

⁴Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences

⁵University of South Bohemia, Department of Zoology,

⁶Naturhistorisk Museum Aarhus

⁷Center for Makroøkologi, Evolution og Klima, Globe Institut, Københavns Universitet



AARHUS
UNIVERSITET

DCE – NATIONALT CENTER FOR MILJØ OG ENERGI

Datablad

Serietitel og nummer:	Videnskabelig rapport fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi nr. 444
Kategori:	Rådgivningsrapporter
Titel:	Det biologiske levestedgrundlag for kirkeugler i Danmark
Forfatter:	Peter Sunde ¹ , Martin Mayer ¹ , Anthony D. Fox ¹ , Astrid Holm Andersen, Martin Šálek ² , Frej J. Lindhøj ¹ , Anton Krištín ³ , Ján Obuch ⁴ , Monika Chrenkova ⁵ , Georg Kaatz, Charlotte McAneney, Emma Kaczmar, Lars Brøndum ⁶ , Mette Møller Christensen, Emma Hvidtfeldt Jensen, Alexander Venzel Rudbeck, Matilde Skjoldager og Lars Bo Jacobsen ⁷
Institutioner:	¹ Aarhus Universitet, Institut for Bioscience. ² Czech Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Biology. ³ Comenius University, Botanical Garden. ⁴ Institute of Forest Ecology, Slovak Academy of Sciences. ⁵ Department of Zoology, University of South Bohemia. ⁶ Naturhistorisk Museum Aarhus. ⁷ Center for Makroøkologi, Evolution og Climate, Globe Institut, Københavns Universitet
Udgiver:	Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi ©
URL:	http://dce.au.dk
Udgivelsesår:	Maj 2021
Redaktion afsluttet:	Maj 2021
Faglig kommentering:	Aksel Bo Madsen
Kvalitetssikring, DCE:	Jesper R. Fredshavn
Finansiel støtte:	Miljøministeriet
Bedes citeret:	Sunde, P., Mayer, M., Fox, A.D., Holm-Andersen, A., Šálek, M., Lindhøj, F.J., Krištín, A., Obuch, J., Chrenkova, M., Kaatz, G., McAneney, C., Kaczmar, E., Brøndum, K., Christensen, M.M., Jensen, E.H., Rudbeck, A.V., Skjoldager, M. & Jacobsen, L.B. 2021. Det biologiske levestedgrundlag for kirkeugler i Danmark. Aarhus Universitet, DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, 58 s. - Videnskabelig rapport nr. 444 http://dce2.au.dk/pub/SR444.pdf
Gengivelse tilladt med tydelig kildeangivelse	
Sammenfatning:	Det biologiske levestedgrundlag for kirkeugler i Danmark blev udredt ved at sammenligne fødesammensætning, bestandstæthed af byttedyr og habitatsammensætning i danske kirkeuglerevire med kirkeuglerevire i Slesvig-Holsten, hvor bestanden er stabil. Desuden sammenlignedes fødesøgningsadfærd hos GPS-mærkede danske kirkeugler med GPS-mærkede kirkeugler i Tjekkiet. Det konkluderes, at danske kirkeugler i yngletiden mangler naturlige byttedyr, navnlig småpattedyr, især markmus. Tiltag som øger tætheden og tilgængelighed af småpattedyr formodes også at øge antal og tilgængelighed af kirkeuglens øvrige byttedyr.
Emneord:	<i>Athene noctua</i> , byttedyr, insekter, levesteder, regnorm, smågnavere
Layout:	Grafisk Værksted, AU Silkeborg
Foto forside:	Klaus Dichmann
ISBN:	978-87-7156-595-9
ISSN (elektronisk):	244-9981
Sideantal:	58
Internetversion:	Rapporten er tilgængelig i elektronisk format (pdf) som http://dce2.au.dk/pub/SR444.pdf

Indhold

Udvidet sammendrag	5
English Summary	8
Deutsche Zusammenfassung	12
1 Forord og baggrund	16
2 Ynglende kirkeuglers fødesammensætning i Danmark og Slesvig-Holsten	18
2.1 Indledning	18
2.2 Materiale og metoder	18
2.3 Resultater	20
2.4 Diskussion og konklusion	22
3 Bestandstæthed af kirkeuglens byttedyr i Danmark og Slesvig-Holsten	26
3.1 Indledning	26
3.2 Materiale og metoder	26
3.3 Resultater	28
3.4 Diskussion og konklusion	30
4 Landskabssammensætning af kirkeugle- revirer i Danmark og Slesvig-Holsten	32
4.1 Indledning	32
4.2 Materiale og metoder	32
4.3 Resultater	33
4.4 Diskussion og konklusion	37
5 Arealbrug, bevægelsesmønstre, habitatbrug og habitatselektion af ynglende kirkeugler i Danmark og Tjekkiet	38
5.1 Indledning	38
5.2 Materiale og metoder	39
5.3 Resultater	40
5.4 Diskussion og konklusion	44
6 Opsamling og konklusion	47
7 Forvaltningsmæssige implikationer	51
8 Referencer	53
9 Bilag	57

Udvidet sammendrag

Med under 15 kendte, tilbageværende ynglepar er kirkeuglen på randen til at uddø som dansk ynglefugl. Årsagen skyldes utilstrækkelig ungeproduktion pga. mangel på føde i yngletiden. Den tilbageværende bestand opretholdes i dag vha. aktiv fodring i yngletiden. Hvis kirkeuglen i fremtiden igen skal kunne opretholde selv-reproducerende bestande uden kunstig fodring skal deres naturlige fødegrundlag genoprettes.

For at kunne iværksætte konkrete habitatforbedringstiltag, er det imidlertid nødvendigt at indhente bedre viden om (i) hvilke typer byttedyr som kirkeuglen mangler i nutidens danske kulturlandskab, og (ii) hvordan dette er koblet til konkrete landskabselementer (dækningstyper, tæthed af læhegn mv.), samt (iii) hvilken skala kirkeugler udnytter landskabet på.

Med økonomisk støtte fra Miljøministeriet har DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, i denne rapport udredt danske kirkeuglers fødebiologi, fødegrundlag, habitatsammensætning og fødesøgningsadfærd, sammenlignet med andre bestande i Centraleuropa, og (i det omfang historiske data er tilgængelige) Danmark før 1980, hvor arten endnu var en ret almindelig ynglefugl. Udredningen støtter sig primært på empiriske undersøgelser foretaget i 2019-20 (fødesammensætning, byttedyrtæthed, landskabssammensætning og adfærd), men inddrager også publicerede og upublicerede data fra perioden 1974-2011.

Undersøgelsen er nået frem til følgende resultater og konklusioner:

Fødesammensætning: Danske kirkeuglers fødesammensætning i yngletiden er beskrevet ud fra undersøgelser af byttedyr i gylp fra ti forskellige ynglepar og redekamerafotos fra tre ynglepar perioden 2008-2020. Målt i biomasse, bestod hovedparten af den naturlige føde i yngletiden af regnorm (47 %) efterfulgt af hvirveldyr (34% fordelt på 28 % pattedyr og 6 % fugle og padder) og insekter (19 %). De hyppigste pattedyr i gylp fra danske kirkeugler var markmus (alm. markmus *Microtus agrestis* og sydmarkmus *Microtus arvalis*: de to arter kunne ikke adskilles i gylp), husmus *Mus musculus* og skovmus *Apodemus sylvaticus*. Til sammenligning udgjordes føden hos fem ynglepar i Slesvig-Holsten i 2019 (hvor den lokale kirkeuglebestand havde rekordhøj ynglesucces det pågældende år) af 90 % hvirveldyr (81 % markmus), regnorm (7 %) og insekter (3%). Sammenlignet med udenlandske kirkeuglepar, bestod føden i yngletiden hos danske kirkeugler i højere grad af regnorm og i mindre grad af småpattedyr, navnlig markmus. Dette peger i retning af, at danske kirkeuglepar først og fremmest ”mangler” markmus og andre småpattedyr som sommerfødegrundlag. I gylp fra Danmark udgjorde løbebiller (Carabidae) 56-72 % af alle bestemmelige insekter, hvorimod torbister (Scarabaeidae) som historisk angives som vigtige fødeemner i yngletiden udgjorde < 5 %. I Slesvig-Holsten udgjorde løbebiller og torbister henholdsvis 39% og 26% af alle bestemmelige insekter.

Daggamle kyllinger udgjorde 38% af den totale fødemasse for par som havde adgang til disse som tilskudsfoder. Tilskudsfoder i yngletiden må derfor betragtes som et væsentligt energitilskud for de tilbageværende danske kirkeuglepar.

Byttedyrtætheder: I maj-juni 2019, blev bestandstætheden af jordlevende insekter og småpattedyr takseret i 24 tidligere og nuværende kirkeuglerevire i Himmerland og Slesvig-Holsten (12 revire i hvert land). Antallet af jordlevende insekter fanget i faldfælder per uge var gennemgående højere i Himmerland end i Slesvig-Holsten, hvilket taler imod at lavere ynglesucces hos danske kirkeugler skyldes lavere tæthed af store insekter såsom løbebiller. Antallet af observationer af småpattedyr (hovedsageligt ægte mus, Muridae) fotograferet af vildtkameraer om natten var omtrent seks gange højere i Slesvig-Holsten end i Danmark (95% sikkerhedsinterval: 2-18 gange), hvilket taler for, at lavere ynglesucces hos kirkeugler i Danmark skyldes lavere tæthed af smågnavere. I besatte kirkeuglerevire var antallet af smågnavere ni gange højere (95% sikkerhedsinterval: 3-26 gange) i terrænet end omkring de bygninger, hvor kirkeuglerne yngede, mens der ingen forskel kunne registreres i forladte territorier. Dette tyder på at tilstedeværelse af kirkeugler reducerer tætheden af smågnavere omkring reden gennem prædation eller induceret anti-prædatoradfærd hos deres byttedyr.

Landsskabssammensætning: Landskabssammensætningen inden for 500 meters radius af 23 kirkeuglereder i Himmerland og 46 kirkeuglereder i Slesvig-Holsten blev kortlagt og sammenlignet. Kirkeuglerevire i Slesvig-Holsten indeholdt i gennemsnit dobbelt så mange forskellige fladepolygoner og tre gange så mange læhegn sammenlignet med kirkeuglerevire i Himmerland. Resultaterne er i overensstemmelse med tidligere undersøgelser, som har konkluderet at kirkeuglers ynglesucces er positivt korreleret med en høj habitatheterogenitet, samt forekomst af spredt (gerne ældre) træbevoksning.

Adfærd: Ynglende kirkeuglers arealbrug, bevægelser og brug af landskabet blev undersøgt for seks danske og tjekkiske kirkeugler udstyret med GPS-loggere. Danske kirkeuglehanner havde et gennemsnitligt natligt aktivitetsområde på 54 ha per nat og opholdt sig 248 m fra reden, mod 1,5 ha og 34 m for hunner. Ti gange større aktivitetsområder for danske kirkeuglehanner end for hanner i Tjekkiet, tyder på at føden er meget mere spredt forekommende i Danmark end i Tjekkiet. Danske, men ikke tjekkiske, kirkeuglehanner præfererede skov, hvilket er forbundet med forøget prædationsrisiko fra natugler (*Strix aluco*), hvilket også peger i retning af at danske kirkeugler 'manglede' føde i det åbne landskab. Ynglende kirkeugler i både Danmark og Tjekkiet tilbragte over halvdelen af tiden i haver og bebyggede arealer og brugte disse arealer mere end dækningsgraden tilsagde. Skel og vejkanter synes også at være vigtige, idet disse blev brugt mere end dækningsgraden tilsagde. Gennemgående bekræfter dette at heterogenitet og kantzoner er vigtige for kirkeuglers byttedyr og / eller kirkeuglers fødesøgning.

Konklusion og forvaltningsmæssige implikationer:

En række forskellige resultater af denne udredning peger i retning af at småpattedyr, måske især markmus, er den væsentligste fødekilde som danske kirkeugler mangler i yngletiden. Hvis man ønsker at den danske kirkeuglebestand igen skal kunne oppebære en selvopretholdende ungeproduktion uden fodring i yngletiden, er det bedste bud derfor, at øge bestandstæthed og tilgængelighed af smågnavere (nok især markmus), samtidig med at der også er en rig og stabil tilgængelighed af regnorm og jordløbende insekter.

Bestandstætheden af smågnavere kan konkret fremmes ved at øge tætheden og arealet (længden og bredden) af markskel og levende hegn, samt forbedre deres kvalitet som levested. Sidstnævnte er vigtigt, ikke mindst om vinteren, hvor bæreevnen i forhold til smågnaverbestande er lavest. Bæreevne vil også

kunne øges ved at udlægge ”vildtstriber” bestående af permanent græs langs eksisterende skel.

Da kirkeugler søger føde på bare overflader (hårde overflader, blottet jord, kort græs), er det vigtigt samtidigt at maksimere længden (og kvaliteten) af kantzoner mellem byttedyrenes levesteder og de åbne flader hvor kirkeugler fanger sit bytte. Dette gælder formentlig i særlig grad i forhold til kirkeuglers mulighed for at fange markmus, som kun nødtvungent bevæger sig uden for dækning.

I praksis vil dette formentlig kunne opnås ved fx ved at slå baner gennem arealer udlagt med permanent højt græs eller ved at skabe alternerende striber af afgræssede arealer og permanent græs på delvist afgræssede arealer. Andre positive tiltag vil formentlig være ikke at bortskaffe kvas og gammelt græs, men derimod lade dette ligge som ly og læ for smånavere såvel som insekter.

Da kirkeugler under optimale fødeforhold (resultater fra Tjekkiet) opholder sig 90 % af tiden inden for 100 m fra reden og stort ikke bevæger sig mere end 200 m bort, bør det også i Danmark søges at oppebære en tilstrækkelig ressourcebase inden for en afstand af 200 m fra reden. Da kirkeugler også i Danmark tilbringer 80 % af udendørstiden inden for 100 m af reden, må habitatfremmende tiltag inden for denne afstand formodes at have særlig stor positiv effekt på kirkeuglernes evne til at skaffe føde på egen hånd.

Da det fortsat ikke vides i hvilken grad bestandene af kirkeuglens byttedyr vil respondere på konkrete habitatforbedrende initiativer, eller hvordan kirkeugler vil respondere på et forbedret ressourcegrundlag, må det på anbefales, at effekten af eventuelt iværksatte habitatforbedrende forsøg måles og evalueres. Dette vil fx kunne gøres ved at kombinere GPS-logning med kameraregistrering af hvilke typer bytte som bringes til reden, hvorfra og i hvilke mængder.

Så længe det ikke vides om rodenticider har negativ indflydelse på kirkeuglers byttedyrtilgang og risiko for at blive sekundært forgiftede, anbefales brug af rodenticider begrænset mest muligt i kirkeuglerevirer. Kirkeugler synes under alle omstændigheder at være effektive biologiske bekæmpere af mus i og omkring de bygninger, hvor de yngler.

English Summary

Habitat and prey requirements for the Little Owl in Denmark

With less than 15 known remaining breeding pairs, the Little Owl *Athene noctua* is on the verge of extinction as a Danish breeding bird, due to inadequate juvenile production, caused by lack of natural food during the breeding season. Maintenance of the current remaining population only occurs through artificial supplementary feeding in the breeding season. The future survival of a Danish self-sustaining Little Owl population without artificial feeding is only possible by restoring their natural prey base. To enable the recommendation of effective habitat improvement measures requires knowledge. In particular, about (i) what formerly abundant Little Owl prey items are currently lacking in the Danish contemporary agricultural landscape, (ii) how this is linked to specific landscape elements (the density and mosaic of land use cover types, hedgerows and biotopes, etc.) and (iii) the scale at which Little Owls utilize the landscape.

This report presents results of a study to identify the requirements for maintaining a natural, self-supporting population of Little Owls in Denmark in 2019-2020 undertaken by the Danish Centre for Environment and Energy at Aarhus University, in collaboration with the Natural History Museum Aarhus, financed by the Danish Environment Ministry. We selected a viable and self-sustaining population in western Schleswig-Holstein, Germany, numbering c.140 pairs and showing stable or slightly increasing trends as a reference for comparing (1) diet, (2) prey densities and (3) landscape habitat composition with those in currently only sustaining numbers through supplementary artificial feeding in Denmark. We also compared foraging behaviour of nestling-provisioning GPS-tagged adults in Denmark and in Bohemia, Czech Republic (as this proved impossible in Germany). The report is largely based on empirical studies conducted in 2019-20 (food composition, prey density, behaviour), but also includes published and unpublished data from the period 1974-2011. This report summarizes the main results and conclusions from these studies that have most relevance for future management of Little Owls in Denmark, under the following headings.

Diet composition of breeding Little Owls in Himmerland, Denmark and Schleswig-Holstein, Germany

We described diet composition of Danish nesting Little Owls based on studies of prey in regurgitated pellets from ten different breeding pair / seasons and nest camera photos from three breeding pair / seasons during 2008-2020. The majority of natural food biomass consumed during the breeding season consisted of earthworms (47%) followed by vertebrates (34%, comprising 28% mammals and 6% birds and amphibians) and insects (19%). The most common mammals in Danish Little Owl pellets were voles (Field Vole *Microtus agrestis* and Common Vole *M. arvalis*), House Mice *Mus musculus* and Wood Mice *Apodemus sylvaticus*. By comparison, the food of five breeding pairs in Schleswig-Holstein in 2019 (a year when Little Owls enjoyed record breeding success) was 90% vertebrates (81% voles), 7% earthworms and 3% insects. Compared with foreign Little Owl pairs, the diet of breeding Danish Little Owls was dominated to a greater extent by earthworms and contained far fewer small mammals, especially Field Voles, suggesting that Little Owl pairs

lacked voles and other small mammals in the Danish landscape as staple summer food items.

In regurgitated pellets from Denmark in 2011 and 2019-20, carabid beetles (Carabidae) comprised 56% and 72% of all identifiable insect remains, whereas scarab beetles (Scarabaeidae) comprised less than 5%, despite the fact that this species group has previously been considered important food items for breeding Little Owls in the literature. By comparison, in Schleswig-Holstein, carabids and scarabs comprised 39% and 26% of all identifiable insect remains by number.

Supplementary feeding of day-old chicks accounted for 38% of the total food consumption of Danish Little Owl pairs with access to artificial food, confirming that this source of food was a significant source of energy supplement for the remaining Danish Little Owl pairs to raise their offspring.

Little Owl prey density in Denmark and Schleswig-Holstein

In May-June 2019, we assessed the densities of terrestrial insects and small mammals in 24 former and currently occupied Little Owl territories in Himmerland, Denmark and Schleswig-Holstein, Germany (12 territories in each country). Numbers of terrestrial trap-caught insects per week was generally higher in Himmerland than in Schleswig-Holstein, confirming that lower Danish Little Owl breeding success was not likely due to lower density of large insects such as beetles, or the beetles' main food, earthworms. Night-time monitoring of small mammals found them (mainly mice, Muridae) to be six times more abundant in Schleswig-Holstein than in Denmark (95% confidence intervals: 2-18 times), suggesting lower breeding success in Denmark is due to lower small rodent densities there. In occupied Little Owl territories, habitats away from the nest supported nine times the densities of small rodents (95% confidence intervals: 3-26 times) compared to areas immediately around the buildings where Little Owls bred, while there was no such differences in abandoned territories. This suggests that the presence of breeding Little Owls reduces small rodent densities in areas immediately around nests.

Landscape habitat composition around Little Owl nest sites in Denmark and Schleswig-Holstein

We mapped and compared landscape composition within a 500 m radius of 23 Little Owl nests in Himmerland and 46 nests in Schleswig-Holstein. On average, Little Owl nests in Schleswig-Holstein contained twice as many different surface polygon types and three times as many windbreaks within that area as those in Himmerland. The results confirm previous studies, which concluded that Little Owls breeding success positively correlates with high habitat heterogeneity and scattered (preferably older) trees.

Movement patterns, habitat use and selection of breeding Little Owls in Denmark and the Czech Republic

We studied the movements, habitat use and selection of six Danish and Czech Little Owls equipped with GPS loggers. Danish male Little Owls had an average nocturnal activity area of 54 ha per night and moved on average 248 m from the nest compared to 1.5 ha and 34 m for females. Activity areas of Danish Little Owl males were ten times larger than those in the Czech Republic, indicating scarcer encounters with food items in Denmark. Danish Little Owl males selected forest (unlike Czech males), which exposes them to increased risk of predation from Tawny Owls *Strix aluco*, further evidence of food shortages in the more open landscapes. Breeding Little Owls in both Denmark and

the Czech Republic spent more than half of their time in gardens and built-up areas and used these areas more than predicted by availability. Field boundaries and roadsides were also over-represented in their use compared to availability, confirming the importance of heterogeneity and edge zones for their prey and / or for Little Owls foraging.

Conclusions and management implications

Multiple results from this and other studies suggest the lack of small mammals, perhaps especially voles, compared to studies elsewhere, contributes to the poor foraging success of Danish Little Owls during the breeding season. Achievement of a self-sustaining viable Danish Little Owl population (independent of artificial supplementary feeding during the breeding season) is only possible by increasing the population density and availability of small rodents (probably especially voles) on territories that also support stable and abundant sources of accessible earthworms and ground dwelling insects such as carabid and scarab beetles

Enhancement of small rodent population densities is possible by increasing the breadth, density and length of field boundaries and hedges, as well as improving their quality as a habitat, not least in winter, when the carrying capacity in relation to small rodent populations is lowest. Establishment of "game stripes", leaving permanent grass strips along existing field boundaries can make a major contribution, as can taking even small areas completely out of rotation to support greater small mammal populations. In areas where the Common Vole is absent (as in large parts of Himmerland), habitat improvement should be aimed at enhancing Field Vole habitat, since this species requires more dense litter, tall and old grass than does the Common Vole, which prefers younger and more open grass vegetation.

Little Owls hunt for their prey on relatively bare surfaces (hard surfaces, bare soil, short grass), so it is important to maximize the length (and quality) of border zones between prey habitats and the open surfaces where Little Owls catch their prey. This probably applies in particular to the ability of Little Owls to catch Field Voles, which only move outside of cover out of necessity.

In practice, the optimal means to achieve such a matrix could be cutting paths through areas maintained as permanently tall grass or by creating alternating streaks of grazed areas and permanent grass on partially grazed areas. Other potential positive measures include retaining fallen branches, twigs, debris and old grass litter as a shelter for small rodents as well as insects, as well as providing Little Owls with hunting posts and cover for other birds of prey. In addition to promoting the density and availability of small rodents, the above measures should also promote the abundance and availability of terrestrial insects and the availability of earthworms (a major food source in humid weather).

Results from the Czech Republic confirmed that given an adequate food supply, Little Owls remain 90% of their time within 100 m of the nest, only occasionally moving further than 200 m away. It should therefore also be possible to provide a sufficient resource base within a distance of 200 m from Danish nests. Since the results showed that even Danish Little Owls spend 80% of their outdoor time within 100 m of the nest, habitat improvement within this distance out from the nest site is highly likely to have a major positive effect on the ability of Little Owls to harvest sufficient food to maintain their reproductive output without supplementary feeding.

Insect and small mammal population dynamics depend on landscape configuration, composition, degree of fragmentation and utilization, so the landscape structure outside of Little Owl foraging areas probably also affects the prey population densities prey within Little Owl territories. For this reason, habitat improvement measures should be applied to the greater agricultural landscape, not merely within individual Little Owl territories.

We cannot predict precisely how and to what extent the Little Owls' prey populations will respond to specific habitat improvement initiatives, or how Little Owls will respond to an improved resource base. To ensure we learn how to promote best practice, therefore, it is essential that the effects of habitat improvement experiments are monitored and evaluated. We recommend combining monitoring of prey densities in experimental versus control areas with GPS logging of provisioning adult Little Owls and simultaneous camera monitoring of their prey items brought back to nests, to identify which items are brought from which habitats and in what quantities.

We also acknowledge the potential adverse effects of rodenticide use on the food base of Little Owls in Denmark (although this formed no part of this study), as well as risking their secondary poisoning. As long as it remains unknown whether rodenticide use constitutes a real problem to Little Owl prey populations and their own health and fitness, the precautionary principle dictates that the use of rodenticides within Little Owl territories should be limited to the maximum extent practicable. Data presented here suggest that Little Owls are highly effective at controlling small rodents by their presence on territory. If rats can be controlled by methods other than the use of poison, unintentional poisoning of the smaller rodents that are prey for Little Owls will be avoided.

Deutsche Zusammenfassung

Lebensraum- und Beuteanforderungen für den Steinkauz in Dänemark

Mit weniger als 15 bekannten verbleibenden Brutpaaren ist der Steinkauz *Athene noctua* als dänischer Brutvogel vom Aussterben bedroht, da die Jungtierproduktion aufgrund mangelnder natürlicher Nahrung während der Brutzeit unzureichend ist. Die Erhaltung der derzeit verbleibenden Population erfolgt nur durch künstliche Ergänzungsfütterung während der Brutzeit. Das zukünftige Überleben einer sich selbst tragenden Steinkauz Population in Dänemark ohne künstliche Fütterung ist nur durch die Wiederherstellung ihrer natürlichen Beutebasis möglich. Um die Empfehlung wirksamer Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraums zu ermöglichen, ist es erforderlich zu wissen (i) welche ehemals häufigen Beutetiere der Steinkauz in der heutigen dänischen Agrarlandschaft fehlen, (ii) wie dies mit bestimmten Landschaftselementen zusammenhängt (Dichte und Mosaik von Landnutzungsarten, Hecken, Biotope usw.) und (iii) den Maßstab in dem der Steinkauz die Landschaft nutzt.

Dieser Bericht ist das Ergebnis einer Studie zur Ermittlung der Anforderungen an die Erhaltung einer natürlichen, selbsttragenden Steinkauz Population in Dänemark. Die Studie wurde 2019-2020 vom dänischen Zentrum für Umwelt und Energie der Universität Aarhus in Zusammenarbeit mit dem Naturkundemuseum Aarhus durchgeführt, finanziert vom dänischen Umweltministerium. Wir haben eine nachhaltige und sich selbst tragende Steinkauz Population (ca. 140 Brutpaare) in Schleswig-Holstein, Deutschland, als Referenz ausgewählt für den Vergleich von (1) Ernährung, (2) Beutetierdichte und (3) Landschafts- und Habitat Zusammensetzung mit der Dänischen Population, welche derzeit nur durch ergänzende künstliche Fütterung erhalten wird. Wir haben auch die Raumnutzung von erwachsenen Steinkäuzen mit GPS-Sendern in Dänemark und in Böhmen (Tschechische Republik) verglichen (GPS Besenderung war in Deutschland nicht möglich). Der Bericht basiert größtenteils auf empirischen Daten, die im Zeitraum 2019-20 gesammelt wurden (Lebensraumzusammensetzung, Beutedichte, Verhalten), enthält jedoch auch veröffentlichte und unveröffentlichte Daten aus dem Zeitraum 1974-2011. Dieser Bericht fasst die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen aus diesen Studien unter den folgenden Überschriften zusammen, die für das künftige Management der Steinkauz in Dänemark am relevantesten sind.

Nahrungszusammensetzung von brütenden Steinkäuzen in Himmerland, Dänemark und Schleswig-Holstein, Deutschland

Wir haben die Zusammensetzung der Nahrung von brütenden Steinkäuzen in Dänemark beschrieben (im Zeitraum 2008-2020), basierend auf Gewöllen von zehn verschiedenen Brutpaaren und Nestkamerafotos von drei Brutpaaren. Der Großteil der natürlichen Nahrungsbiomasse bestand aus Regenwürmern (47%), gefolgt von Wirbeltieren (34%, bestehend aus 28% Säugetieren und 6% Vögel und Amphibien) und Insekten (19%). Die häufigsten Säugetiere in den dänischen Steinkauz Gewöllen waren Wühlmäuse (Erdmaus *Microtus agrestis* und Feldmaus *M. arvalis*), Hausmäuse *Mus musculus* und Waldmäuse *Apodemus sylvaticus*. Im Vergleich dazu bestand die Nahrung von fünf Brutpaaren in Schleswig-Holstein im Jahr 2019 (in welchem Steinkäuze einen Rekord Bruterfolg hatten) zu 90% aus Wirbeltieren (81% Erdmäuse), zu 7% aus

Regenwürmern und zu 3% aus Insekten. Im Vergleich zu ausländischen Steinkauz Paaren wurde die Brut von dänischen Steinkäuzen in größerem Maße von Regenwürmern dominiert und enthielt weit weniger Nagetiere, insbesondere Erdmäuse. Dies deutet darauf hin, dass dem Steinkauz Wühlmäuse und andere Nagetiere in der dänischen Landschaft als Nahrungsgrundlage während des Sommers fehlen.

In Gewöllen aus Dänemark in den Jahren 2011 und 2019-20 machten Laufkäfer (Carabidae) 56% und 72% aller identifizierbaren Insektenreste aus, während Blatthornkäfer (Scarabaeidae) weniger als 5% ausmachten, obwohl diese Artengruppe in der Literatur als wichtige Beutegruppe für brütende Steinkäuze gilt. Im Vergleich machten in Schleswig-Holstein Laufkäfer und Blatthornkäfer 39% und 26% aller identifizierbaren Insektenreste nach Anzahl aus.

Die zusätzliche Fütterung von Eintagsküken machte 38% des gesamten Futtermittelverbrauchs der dänischen Steinkäuze aus. Dies bestätigt, dass diese Ersatznahrung eine bedeutende Energiequelle für die verbleibenden dänischen Brutpaare darstellt, um ihren Nachwuchs aufzuziehen.

Beutedichte der Steinkauz in Dänemark und Schleswig-Holstein

Wir haben von Mai bis Juni 2019 die Dichte von bodenlebenden Insekten und kleinen Säugetieren in 24 ehemaligen und derzeit besetzten Steinkauz Territorien in Himmerland (Dänemark) und Schleswig-Holstein untersucht (12 Territorien pro Land). Die Anzahl der gefangenen Insekten pro Woche war im Allgemeinen höher in Himmerland als in Schleswig-Holstein. Dies deutet darauf hin, dass ein geringerer Bruterfolg dänischer Steinkäuze nicht mit einer geringeren Dichte großer Insekten (v.a. Käfer oder der Hauptnahrung der Käfer, Regenwürmer) zusammenhängt. Nagetiere (v.a. Langschwanzmäuse, Muridae) waren sechsmal häufiger in Schleswig-Holstein als in Dänemark (95% Konfidenzintervalle: 2-18). Dies deutet darauf hin, dass ein geringerer Bruterfolg in Dänemark auf eine geringere Nagetierdichte zurückzuführen ist. In besetzten Territorien der Steinkauz unterstützten Habitate in größerer Entfernung vom Nest (weg von Gebäuden) eine neunfach höhere Dichte kleiner Nagetiere (95% -Konfidenzintervalle: 3-26) im Vergleich zu Habitaten unmittelbar um die Gebäude, in denen Steinkäuze brüteten. In verlassenen Territorien gab es keine derartigen Unterschiede, was darauf hindeutet, dass das Vorhandensein von brütenden Steinkäuzen die Dichte kleiner Nagetiere in Gebieten unmittelbar um das Nest verringert.

Landschafts- und Habitat Zusammensetzung um Steinkauz Brutplätze in Dänemark und Schleswig-Holstein

Wir haben die Landschaftszusammensetzung in einem Umkreis von 500 m von 23 Steinkauz Brutplätzen in Himmerland und 46 Brutplätzen in Schleswig-Holstein kartiert und verglichen. Im Durchschnitt enthielten Steinkauz Territorien in Schleswig-Holstein doppelt so viele verschiedene Landschaftselemente und dreimal so viele Windschutzstreifen als in Himmerland. Diese Ergebnisse bestätigen frühere Studien, die zu dem Schluss kamen, dass der Bruterfolg von Steinkäuzen positiv mit einer hohen Habitat Heterogenität und verstreuten (vorzugsweise älteren) Bäumen korreliert.

Bewegungsmuster, Habitat Nutzung und Selektion von brütenden Steinkäuzen in Dänemark und der Tschechischen Republik

Wir haben Bewegungsmuster, Habitat Nutzung und Selektion von sechs dänischen und sechs tschechischen Steinkäuzen untersucht, die mit GPS-Loggern ausgestattet wurden. Dänische männliche Steinkäuze bewegten sich im Durchschnitt über eine Fläche von 54 ha pro Nacht und waren durchschnittlich 248 m vom Nest entfernt, verglichen mit 1,5 ha und 34 m bei weiblichen Käuzen. Der Aktionsradius der dänischen Kauz Männchen war zehnmal größer als in der Tschechischen Republik, was auf geringere Beutetierdichten in Dänemark hinweist. Dänische Steinkauz Männchen nutzen teilweise auch bewaldete Gebiete (im Gegensatz zu den tschechischen Männchen), was auch auf Beuteknappheit in der offenen Agrarlandschaft hinweist. Die brütenden Steinkäuze in Dänemark und der Tschechischen Republik verbrachten mehr als die Hälfte ihrer Zeit in Gärten und bebauten Gebieten und nutzten diese mehr als von der Verfügbarkeit erwartet. Feldgrenzen und Straßenränder waren auch bevorzugte Habitat Elemente, was die Bedeutung von Habitat Heterogenität und Randzonen für Beutetiere und / oder den Jagderfolg für Steinkäuze bestätigte.

Schlussfolgerungen und Management Auswirkungen

Mehrere Ergebnisse aus dieser und anderen Studien legen nahe, dass der Mangel an Nagetieren, möglicherweise insbesondere Wühlmäuse, zum schlechten Bruterfolg der dänischen Steinkäuze beiträgt. Das Erreichen einer sich selbst tragenden, lebensfähigen dänischen Steinkauz Population (unabhängig von künstlicher Ergänzungsfütterung während der Brutzeit) ist nur möglich, indem die Populationsdichte und Verfügbarkeit kleiner Nagetiere (wahrscheinlich insbesondere Wühlmäuse) in Steinkauz Territorien erhöht wird. Zusätzlich sollte in diesen Territorien auch andere Nahrung häufig sein, z.B. Regenwürmer und Bodeninsekten wie Lauf- und Blatthornkäfer.

Eine Verbesserung der Nagetierdichte ist möglich, indem die Breite, Länge und Anzahl von Feldrainen und Hecken erhöht und ihre Qualität als Lebensraum verbessert wird, nicht zuletzt im Winter, wenn keine andere Nahrung zur Verfügung steht. Die Einrichtung von "Wildstreifen", bei denen permanente Grasstreifen entlang bestehender Feldgrenzen verbleiben, kann einen wichtigen Beitrag leisten, ebenso wie die Brachlegung kleiner Gebiete, um größere Nagetierpopulationen zu unterstützen. In Gebieten, in denen die Feldmaus fehlt (in Teilen Himmerlands), sollten Habitat Verbesserungen auf die Erdmaus abzielen, welche dichtere Bodenvegetation, hohes und altes Gras benötigt, im Gegensatz zur Feldmaus, welche jüngere und offenere Grasvegetation bevorzugt.

Der Steinkauz jagt auf v.a. in Gebieten mit niedriger Bodenvegetation. Daher ist es wichtig, die Länge (und Qualität) der Grenzzonen zwischen Beutetierlebensräumen (höhere Vegetation) und offenen Flächen, wo der Steinkauz ihre Beute fängt, zu maximieren. Dies gilt wahrscheinlich insbesondere für den Fang von Erdmäusen, welche sich sonst nur selten aus der Deckung bewegen.

In der Praxis könnte das optimale Mittel zum Erreichen einer solchen Matrix darin bestehen, Wege durch Bereiche mit dauerhaft hohem Gras zu schneiden, oder abwechselnde Streifen von Weideflächen und Dauergras auf teilweise beweideten Flächen zu erzeugen. Weitere potenzielle positive Maßnahmen sind das Erhalten gefallener Äste, Zweige, Trümmer und alter Laub- und Grasabfälle als Grundlage für Nagetiere und Insekten sowie die Bereitstellung von

Jagdposten für den Steinkauz und andere Greifvögel. Neben der Förderung kleiner Nagetiere sollten die oben genannten Maßnahmen auch die Häufigkeit und Verfügbarkeit von Bodeninsekten und die Verfügbarkeit von Regenwürmern (eine wichtige Nahrungsquelle bei feuchtem Wetter) fördern.

Ergebnisse aus der Tschechischen Republik bestätigten, dass der Steinkauz bei ausreichender Nahrungsversorgung meist in einem Umkreis von 100 m um das Nest verbringt und sich nur gelegentlich weiter als 200 m entfernt. Es sollte daher möglich sein, eine ausreichende Beutetierbasis in einer Entfernung von 200 m von dänischen Nestern bereitzustellen. Da selbst dänische Steinkäuze 80% ihrer Zeit innerhalb von 100 m vom Nest verbringen, hat die Verbesserung des Lebensraums in dieser Entfernung vom Nistplatz höchstwahrscheinlich einen großen positiven Einfluss auf den Jagderfolg, um eine nachhaltige Nachwuchsproduktion ohne zusätzliche Fütterung aufrechtzuerhalten.

Die Populationsdynamik von Insekten und Nagetieren hängt von der Landschaftskonfiguration, Fragmentierung und der landwirtschaftlichen Nutzung ab. Daher beeinflusst die Landschaftsstruktur außerhalb von Steinkauz Territorien wahrscheinlich auch die Beutetierdichte innerhalb Steinkauz Territorien. Aus diesem Grund sollten Maßnahmen zur Verbesserung des Lebensraums auch auf die umliegende Agrarlandschaft angewandt werden.

Wir können nicht genau vorhersagen, wie und in welchem Umfang die Beutetierpopulationen des Steinkauzes auf bestimmte Lebensraumverbesserungen reagieren werden. Um sicherzustellen, dass bewährte Verfahren gefördert werden können, ist es daher wichtig die Auswirkungen von Experimenten zur Lebensraumverbesserung zu überwachen.

Letztlich ist es auch wichtig, mögliche nachteilige Auswirkungen von Rodentizid Einsatz auf die Nagetierdichte und sekundäre Vergiftungen von Steinkäuzen in Betracht zu ziehen (dies war nicht Teil dieser Studie). Solange wir nicht wissen, ob und in welchem Ausmaß der Einsatz von Rodentiziden ein Problem für die Beutepopulationen und den Steinkauz selbst darstellt, schreibt das Vorsorgeprinzip vor, dass der Einsatz von Rodentiziden in Steinkauz Territorien auf ein Minimum beschränkt werden sollte. Die hier präsentierten Daten legen nahe, dass der Steinkauz Nagetiere effektiv regulieren kann. Wenn Ratten durch andere Methoden als die Verwendung von Gift kontrolliert werden können, wird eine unbeabsichtigte Vergiftung der kleineren Nagetiere, die Beute der Steinkauz sind, vermieden.

1 Forord og baggrund

Kirkeuglen (*Athene noctua*) har i Danmark udviklet sig fra at være vidt udbredt og lokalt almindelig ynglefugl vest for Storebælt i 1970'erne til at tælle 11-13 kendte par i 2018-20, og er dermed på randen af uddøen (Sunde, 2018, 2021). Den primære årsag til bestandstilbagegangen skyldes svigtende ynglesucces pga. fødemangel i yngletiden, hvilket igen kan henføres til landsskabsændringer som følge af omlægning og intensivering af landbrugsdriften i det dyrkede land som udgør artens levesteder (Thorup et al., 2010).

Siden 2018 synes bestandstilbagegangen at være stoppet i det sidste tilbageværende bestandsområde i Østhimmerland takket være udlægning af foder til de sidste ynglepar (Sunde, 2021). Der er håb om at denne bestand igen kan bringes til at vokse som følge af systematisk fodring.

Hvis kirkeugler igen skal kunne yngle som en naturlig dansk ynglefugl, dvs. uden fodring, vil det dog være nødvendigt at genoprette det naturlige fødegrundlag i tilstrækkelig grad til at kirkeugler uden kunstig fodring kan opfostre tilstrækkeligt mange unger til at bestanden igen bliver selvopretholdende. Den nødvendige ynglesucces for at en genoprettet kirkeuglebestand skal være selv-opretholdende er ca. 2,5 udflyjne unger per ynglepar per år (Sunde, 2018). Til sammenligning fik danske kirkeuglepar i 2019-20 som ikke modtog tilskudsfoder i yngletiden i gennemsnit 1,2 unger på vingerne, mens par som havde adgang til tilskudsfoder fik 3,2 unger på vingerne.

Før det er muligt at genoprette det naturlige fødegrundlag, er det nødvendigt at identificere, hvilken naturtilstand som skal til for at oppebære denne ungeproduktion. Med økonomisk støtte fra Miljøministeriets ekstra jagttegnspulje, undersøgte DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet, i 2019-2020, i samarbejde med Naturhistorisk Museum Aarhus, det biologiske levede grundlag for kirkeugler i Danmark. Som reference for en levedygtig og selvopretholdende bestand valgtes en bestand i det vestlige Slesvig-Holsten. Referencebestanden i Slesvig-Holsten tæller ca. 140 par og er stabil eller i svag fremgang (Nummsen, 2020).

I de to bestande undersøgte (1) kirkeuglers fødesammensætning, (2) tætheden af byttedyr, samt (3) landskabssammensætning. Endvidere (4) undersøgte de voksne kirkeuglers fødesøgningsadfærd vha. GPS-overvågning. Da dette i praksis viste sig ikke at være muligt i Tyskland, blev der til denne undersøgelse valgt at mærke kirkeugler i Bøhmen, Tjekkiet som reference.

I de følgende fire kapitler opsummeres hovedresultaterne fra undersøgelserne med forvaltningsmæssig relevans, efterfulgt af en samlet opsamling og diskussion, samt afledte forvaltningsmæssige anbefalinger.

For at rapporten skal kunne forstås af folk uden særlig faglig baggrund, er brugen af fagsprog og metodiske beskrivelser forsøgt begrænset. For en mere uddybende fremstilling af metoder og resultater, henvises til de forskningsartikler som forventes udgivet på et senere tidspunkt.

Det foreliggende udredningsarbejde er kommet i stand takket være indsatsen fra en række personer. De enkelte bidragsydere navne er angivet for hvert af

de kapitler som de har bidraget substantielt til i form af indsamling og /eller bearbejdning af data.

Hertil skal lægges en lang række grundejere og frivillige som i forskellig grad og på forskellig vis været involveret i projektets aktiviteter. Vi takker alle for deres hjælp, velvillighed og tålmodighed i forbindelse med udførelsen af denne udredning.

I forbindelse med udarbejdelse af denne tekst, vil vi afslutningsvist takke Michael Carlsen for indsigtsfulde og nyttige kommentarer om danske småpattedyrarters udbredelse og habitatkrav.

Rapporten har ikke været til ekstern kommentering hos Miljøstyrelsen eller andre myndigheder / interessenter.

2 Ynglende kirkeuglers fødesammensætning i Danmark og Slesvig-Holsten

2.1 Indledning

Når man skal afdække en arts fødebehov, er beskrivelse af dens fødesammensætning det første sted at starte. Fra udenlandske undersøgelser vides, at kirkeugler er fødeopportunist, idet diæten omfatter alt fra leddyr og regnorme til mindre hvirveldyr op til ca. 100 gram (Van Nieuwenhuysen et al., 2008).

Mens store insekter fylder mest i diæten i mediterrane områder, fylder smågnavere, især studsmus stadig mere jo længere nord man kommer i artens udbredelsesområde, hvor de angives som kirkeuglers væsentligste fødekilde (Van Nieuwenhuysen et al., 2008). Kirkeugler i Nordvesteuropa er dog også kendt for i stor stil at jage regnorm i fugtigt vejr (Van Nieuwenhuysen et al., 2008). Regnormes præcise fødeandel har dog været vanskelig at opgøre fordi de fordøjes næsten fuldstændig og kun efterlader få spor i gylp.

Fra Danmark er der indtil nu kun publiceret én undersøgelse af kirkeuglers fødesammensætning baseret på bytterester i gylp i 1974-76 (Laursen, 1981), dvs. fra den periode hvor arten fortsat var udbredt og lokalt almindelig i Danmark. I denne undersøgelse (hvor regnorm ikke indgik) udgjorde hvirveldyr og insekter henholdsvis 7 og 93% af alle bytterester (609 hvirveldyr, 8026 insekter), hvilket dog omregnet til biomasse (en markmus vejer i snit 25 g, mens insekter vejer 0,05-1 g) har betydet at hvirveldyr var den væsentligste fødekilde. Studsmus (helt overvejende arter af markmus) udgjorde 75% af alle hvirveldyr, hvilket gjorde disse til den væsentligste fødekilde (Laursen, 1981), ligesom i resten af Centraleuropa (Van Nieuwenhuysen et al., 2008).

Denne undersøgelses formål var primært at belyse hvilke typer byttedyr som udgør den naturlige føde for de tilbageværende danske kirkeugler, og sammenligne dem med fødesammensætningen i Slesvig-Holsten, og andre studieområder, hvor kirkeuglebestandene fortsat er selvopretholdende.

Et sekundært formål ved undersøgelsen var desuden at kvantificere hvor stor en del af den samlede fødemængde som tilskudsfoder udgjorde for de par, som havde adgang til dette.

2.2 Materiale og metoder

Undersøgelsen baserede sig på tre forskellige datakilder:

(1) Gylp fra Østhimmerland (fem par, heraf fire som modtog tilskudsfoder) og Slesvig-Holsten (fem par) indsamlet i yngleperioden i 2019 og 2020, analyseret af A.H. Andersen.

(2) Gylp fra Vesthimmerland indsamlet i 2011 (ni par, heraf fem par i yngleperioden som alle havde adgang til tilskudsfoder), analyseret af A. Krištín og J. Obuch.

(3) Redekamerafotos af tre ynglepar (et par fra Sydvestjylland i 2008, et par i Vesthimmerland i 2008 og igen 2011 [havde adgang til foder i 2011]), analyseret af K.F. Hansen, K.K. Rasmussen, L.L. Marcussen, N.V. Ahlburg og S.B.

Ørberg som del af et studenterprojekt ved Aarhus Universitet (Hansen et al., 2015) vejledt af P. Sunde.

Desuden inddrog vi data på sammensætning af hvirveldyr i gylp fra et kandidatspeciale (Ottesen & Svénné, 2008), indsamlet i Vesthimmerland mellem september 2006 og marts 2007 (8 lokaliteter), samt publicerede data fra 13 lokaliteter i Østjylland, indsamlet 1974-76 (året igennem) (Laursen, 1981).

Undersøgelser af gylp

Friske gylpeboller (dvs. boller som vurderedes at stamme fra indeværende ynglesæson og som ikke eller kun i uvæsentlig grad var blevet nedbrudt af vejr og insekter) blev indsamlet i løbet af sommeren eller ved sommerens afslutning og nedfrosset til senere analyse.

I laboratoriet blev de enkelte gylpeboller skilt ad og antallet af byttedyr af forskellig art blev bestemt ud fra knogle- (hvirveldyr) og hudskelet (insekter)-fragmenter. For hvert par blev antallet af byttedyr af forskellig art opgjort ud fra det største antal fragmenter fra et individ (dvs. hvis der i gylpene fra en lokalitet blev fundet otte kranier, otte venstre-halvdele og ni højre-halvdele af underkæber fra skovmus, blev antallet af skovmus bestemt til ni). De fleste pattedyrrester kunne ud fra kraniekarakterer bestemmes til art. Dog var det ikke muligt at adskille de to arter af markmus (almindelig markmus *Microtus agrestis* og sydmarkmus *M. arvalis*) fra hinanden, hvorfor de i de følgende vil blive refereret til under ét som 'markmus'.

De enkelte bytteemner blev omregnet til biomasse ud fra opgørelser af de enkelte arters gennemsnitsvægte. Løbebillers (Carabidae) vægt blev estimeret ud fra formlen $W(g) = 0.03069 \times \text{Længde (mm)}^{2.64}$ (Jarošík, 1989), mens vægten af andre insekter blev beregnet som $W(g) = 0.0305 \times \text{Længde (mm)}^{2.62}$ (Rogers et al., 1976).

For gylp indsamlet i 2019 og 2020 blev biomassen af regnorm estimeret som vægten af jordpartikler multipliceret med 16,4 g biomasse / g jord (Ottesen & Svénné, 2008). Biomassen af regnorm blev ikke forsøgt kvantificeret for gylp fra 2011.

Undersøgelser af redekamerabilleder

Alle fotos var taget med infra-rød blitz med bevægelsesfølsomme kameraer. Data fra par 1 (Sydvestjylland, 2008) bestod af 178 profilfotos af ugler når de landede på en platform uden for redekasseindgangen. Par 2 (2008: 248 observationer) og 3 (2011: 192 observationer) stammede fra et redekamera monteret inde i den samme redekasse med tre års mellemrum (Appendiks 1). Par 1 og 3 havde adgang til kunstigt foder i form af daggamle kyllinger, som havde fået deres blommesæk fjernet. Fra billederne, blev bytte kategoriseret som fugl (30 g), kylling (30 g), mus / studsmus (25 g), frø (15 g), stor regnorm (tæt på maksimumstørrelse for *Lumbricus terrestris*: 8 g), mellem-stor regnorm (2 g), stort insekt (fx stor løbebille: 1 g), mellemstørrelse insekt (fx natsommerfugl: 0,3 g), små insekter (0,1 g) og "ikke synligt" (utydelige fotos af ugler som kom med små bytteemner som formentlig var insekter: 0,3 g).

Statistisk analyse

For hver enkelt ynglepar blev antal bytteemner og biomasse delt på byttedyrs-kategorier (insekter, regnorm [hvis beregnet] og hvirveldyr [underopdelt på pattedyr, fugle og padder]) summeret, og de andele af de forskellige byttekategorier beregnet. Da mængden af regnorm ikke var estimeret i gylp fra 2011, beregnedes fødeandele for naturlig føde både med og uden regnorm. Mængden og fødeandelen af kunstigt foder (hvor der blev fodret) blev beregnet for sig.

I de statistiske analyser blev hvert uglepar betragtet som observationsenhed med en statistisk vægtning svarende til kvadratroden af den samlede estimerede biomasse-mængde. For at opnå normalfordelte data på fødeandele med spredning inden for det teoretiske udfaldsrum (fra 0 til 100 %), blev fødeandelene log- eller logit-transformeret i de statistiske analyser (0-værdier blev erstattet med 0,01).

I analyserne af de forskellige byttetyper biomasseandel testede vi for effekt af (i) datatype (kamera eller gylp) og (ii) region (Danmark vs. Slesvig-Holsten). For de danske prøver undersøgte vi endvidere om adgang til tilskudsfoder påvirkede det relative forhold mellem naturlige bytteemner. Da der hverken blev fundet statistisk signifikans af datatype eller adgang til tilskudsfoder, blev der set bort fra disse variable i de endelige estimater.

2.3 Resultater

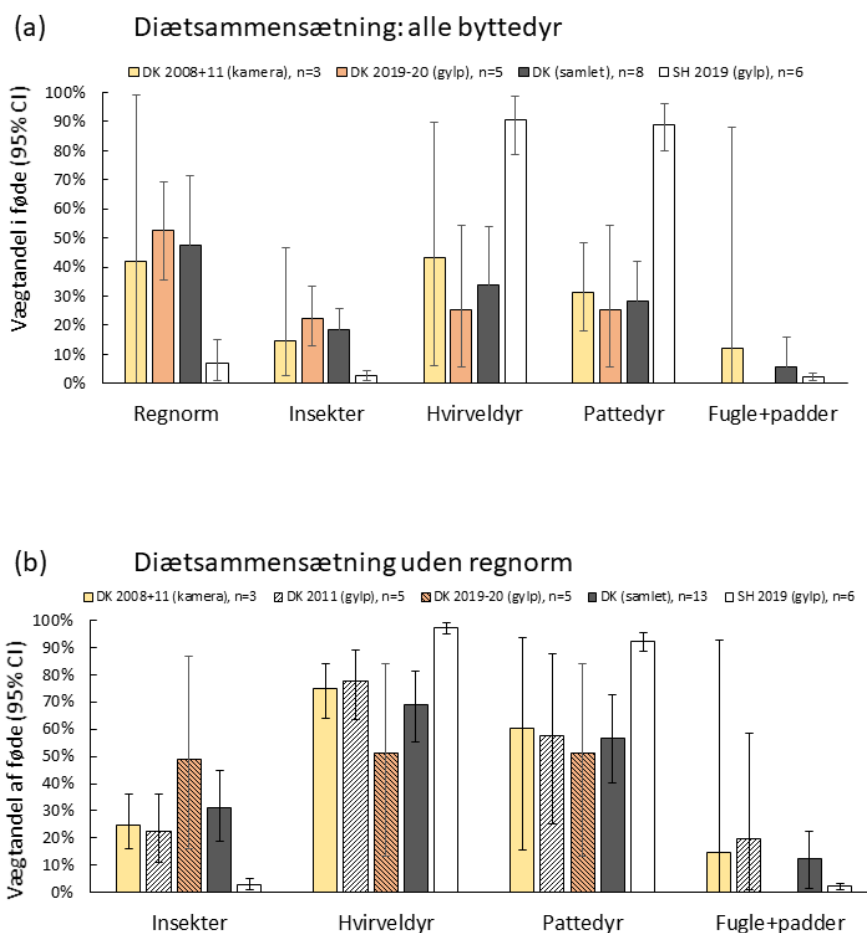
Når regnorm fraregnes (individantal kan ikke bestemmes ud fra gylp) udgjorde insekter (overvejende biller) 98 % af alle individuelle byttedyr i gylp fra sommerperioden i Danmark både i 2011 og 2019-20 (2599 af 2651 byttedyr i Vesthimmerland 2011, 56 % (525 af 934) naturlige bytteemner i Østhimmerland 2019-20) og 80 % (728 af 907) i Slesvig-Holsten. På 653 redekamerafotos udgjorde identificerede (215) eller formodede insekter (342) 85 % af alle naturlige byttedyrleverancer, svarende til 96 % af alle byttedyrleverancer, hvor der ikke indgik regnorm. Regnorm blev registreret på 73 (11 %), og hvirveldyr på 23 fotos (15 smågnavere, syv frøer og en fugl, svarende til 3,5 % af alle fotos med naturligt bytte: Appendiks 1).

Af bestemmelige insektrester i gylp, udgjorde løbebiller (Carabidae) både i Danmark og Slesvig-Holsten den hyppigst forekommende gruppe (Vesthimmerland 2011: 1445 af 2599 individer [56 %], Østhimmerland 2019-20: 311 af 431 individer [72 %], Slesvig-Holsten 2019: 242 af 613 individer [39 %]).

I Vesthimmerland 2011 var de næsthypigst forekommende insektgrupper øresnudebiller (*Otiorhynchus* sp., 12 % af 2599 individer), gåsebiller (*Phyllopertha* sp., 10 %) og ørentviste (*Forficula auricularia*, 6%). I Østhimmerland var de næsthypigst forekommende insektbyttedyr ørentviste (20 %) og torbister (5 %). I Slesvig-Holsten var de næsthypigst forekommende insektbyttedyr ørentviste (31 %) og torbister (Scarabaeidae, 26 %).

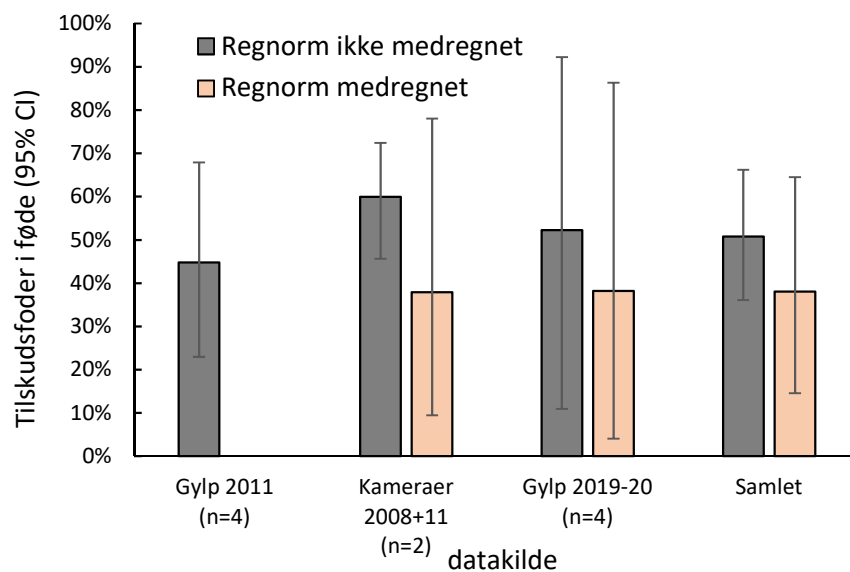
Omregnet til biomasse, bestod den naturlige føde i Danmark (gylp og fotos: 2008-2020) af 47 % regnorm, 34 % hvirveldyr (28 % pattedyr, 6 % fugle og padder) og 19 % insekter (Figur 1). Til sammenligning bestod føden i Slesvig-Holsten (2019) af 7% regnorm, 90 % hvirveldyr (89 % pattedyr) og 3 % insekter (Figur 1). Forskellen i fødesammensætning mellem Danmark og Slesvig-Holsten var statistisk signifikant ($p < 0,0001$).

Figur 1. Fødesammensætning (biomasse) i yngletiden delt på byttedyrtyper i forskellige undersøgelser i Danmark (DK), sammenlignet med Slesvig-Holsten (SH) i 2019. n = antal par.



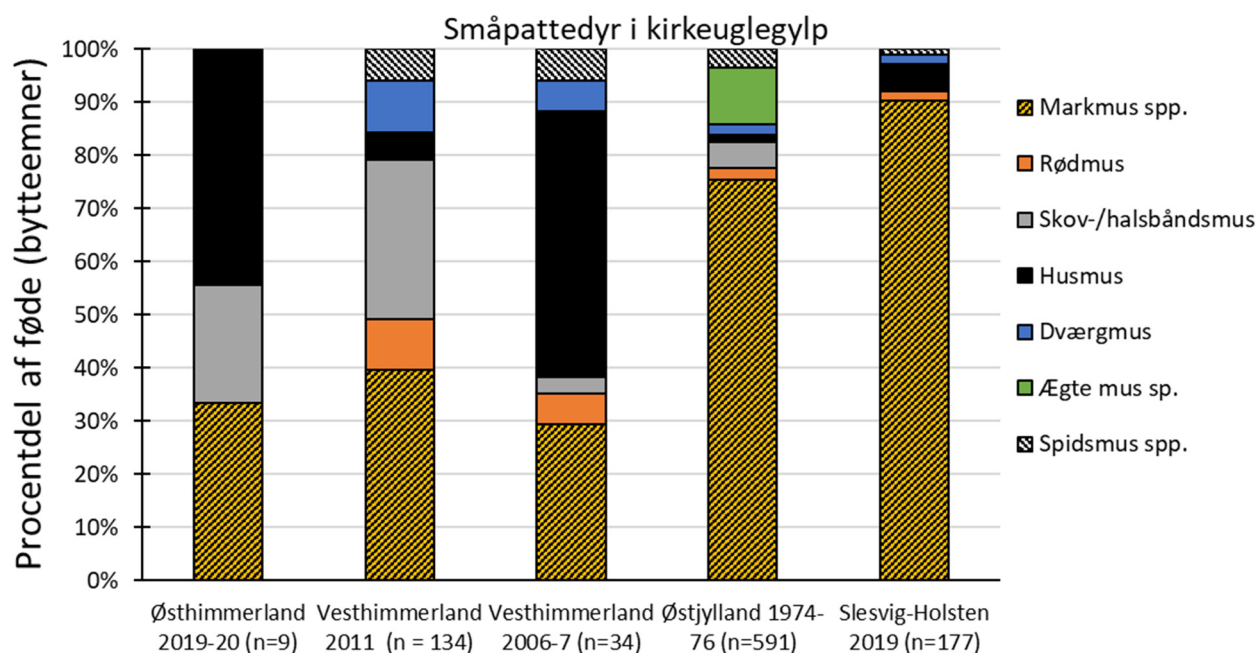
For par som havde adgang til foder, udgjorde tilskudsfooderet omkring 38 % (95% konfidensinterval: 15-65 %) af den indtagne biomasse (Figur 2).

Figur 2. Andel af føde (biomasse) i yngletiden som udgøres af tilskudsfooder (kyllinger) for kirkeuglepar hvor der udlægges daggamle kyllinger i yngletiden.



I danske kirkeuglegylp fra det 21. århundrede udgjorde markmus 30-40 % af alle pattedyremner, mens 'ægte' mus (*Muridae*), først og fremmest husmus (*Mus musculus*) og skovmus (*Apodemus sylvaticus*) udgjorde 44-65% (Figur 3, Appendiks 2). Med en samlet fødeandel på 28 % pattedyr, svarer dette til at markmus og ægte mus omtrent udgjorde henholdsvis 8-11 % og 12-18 % af den samlede byttemasse i Danmark.

Til sammenligning udgjorde markmus 90% af alle fangne pattedyr i Slesvig-Holsten i 2019 (svarende til omtrent 81% af den samlede byttebiomasse) og 75 % i Østjylland (året rundt) i 1974-76 (Figur 3, Appendiks 2).



Figur 3. Artssammensætning af småpattedyr fundet i kirkeuglegylp fra Danmark og Slesvig-Holsten (n = antal individer). Data fra indeværende undersøgelse stammer fra yngle-/sommerperioden i Vesthimmerland 2006-7 (Ottesen & Svénné, 2008) og Østjylland 1974-76 (Laursen, 1981) indsamlet gennem hele året. Grunddata kan findes i Appendiks 2.

2.4 Diskussion og konklusion

På grund af usikkerheder forbundet med at koble byttedyrtyper til realistisk biomasse, skal denne type biomasseestimer altid betragtes som omtrentlige og derfor tolkes med forsigtighed. På den baggrund må biomasseestimerne fra de forskellige danske datakilder betragtes som forbløffende overensstemmende.

På tværs af metodik og lokale studieområder bestod føden for danske kirkeugler i yngletiden (målt i biomasse) hovedsageligt af regnorm (47 %), hvirveldyr (37%, heraf halvdelen studsmus) og insekter (19%). Til sammenligning bestod føden for kirkeugler i Slesvig-Holsten i 2019 helt overvejende af hvirveldyr (90 %), med et tilsvarende underordnet bidrag af regnorm (7%) og insekter (3 %).

I forhold til andre Centraleuropæiske undersøgelser, synes føden hos danske kirkeugler i det 21. århundrede at indeholde en væsentlig større andel regnorm og færre hvirveldyr, mens fødesammensætningen i Slesvig-Holsten i 2019 skilte sig ud ved en meget høj andel pattedyr, navnlig markmus.

I en undersøgelse i Baden-Württemberg, 2011-12 (Tyskland), baseret på rede-kamera-optagelser, blev fødeandelene for hvirveldyr, regnorm og insekter således estimeret til henholdsvis 40 %, 20 % og 40 % i agerlands-habitater og 18 %, 22 % og 55 % i græsdominerede landskaber ("grassland") (Grüebler et al., 2018). I optagelserne fra en enkelt rede i Holland i 2020 med god ynglesucces (3 udfløjne unger), angives biomassesammensætningen til ca. 34 % hvirveldyr (32 % studsmus), 19 % regnorm og 35 % insekter (20 % biller, 13 % sommerfuglelarver, 2 % andre larver), samt 10% ubestemmelige bytteemner (van Harxen et al., 2020).

Ynglesæsonen for kirkeugler i Slesvig-Holsten i 2019 var den bedste nogensinde (Nummsen, 2020), hvilket hænger sammen med markmusbestandene i Centraleuropa var rekordhøje i 2019 (Jacob et al., 2020). Dette har givetvist betydet at markmus udgjorde en ekstraordinær stor fødeandel i Slesvig-Holsten det pågældende år. Omvendt var Danmark i 2018-19 udsat for de samme rårsagede bestandsøgningen i smågnavere i resten af Centraleuropa årene efter (Jacob et al., 2020), hvilket alt andet lige også burde have haft en positiv effekt på markmusbestandene her.

En høj fødeandel af studsmus (navnlig sydmarkmus) er af andre forfattere blevet kædet sammen med høj ynglesucces hos kirkeugler (Van Nieuwenhuysen et al., 2008). Dette skyldes formentlig at studsmus er profitable bytteemner både i form af størrelse og nemmere at fange end de langt mere adrætte ægte mus, som skovmus og husmus. I den forbindelse er det tankevækkende at markmus kun udgør 30-40 % af småpattedyrene i danske gylp fra 2006-2020, mod 75 % i 1970'erne (Laursen, 1981). Tilsammen kan dette pege i retning af, at nutidige danske kirkeuglehabitat er fattigere på markmus end tidligere.

Det er dog også muligt, at markmus altid har været relativt mindre betydende som bytteemne i Danmark sammenlignet med bestande længere syd i Europa, da sydmarkmus er mindre hyppig i Danmark end længere sydpå i Europa, og ikke kendes fra Østhimmerland (Baagøe & Jensen, 2007). Da den almindelige markmus, i forhold til sydmarkmus, foretrækker høj og gammel græsvegetation (Bang et al., 1978), kan den pga. sit levested være mindre tilgængelig som bytte for kirkeugler. Hvis dette er tilfældet, "mangler" den tilbageværende danske kirkeuglebestand i Østhimmerland af naturgeografiske årsager altså en byttedyrsart (sydmarkmus) som i andre studieområder betegnes som væsentlig for kirkeuglers ynglesucces. I Laursens (1981) fødeundersøgelse fra Østjylland (hvor begge markmusarter forekommer), var artsandelen af de relativt få bytterester i gylp som kunne bestemmes til art, omtrent ligeligt fordelt mellem almindelig markmus og sydmarkmus (henholdsvis 41 og 46 individer).

Nogen varsomhed er i øvrigt påkrævet før man endegyldigt kan konkludere, at en lav fødeandel af smågnavere er udtryk for lav tilgængelighed af disse arter, da lav repræsentation af et givet bytteemne også kan afspejle en høj tilgængelighed af andre fødekilder, såsom insekter. Dette illustreres af den redekamera-baseret undersøgelse fra 2011-12 i det sydlige Tyskland (Baden-Württemberg), som fandt at biomasse-mængden af hvirveldyr som blev bragt til reden (gram/time) var ens i agerlands-habitater (hvor der var 51 % rede-ungeoverlevelse uden tilskudsfordring) og græsdominerede habitater. Fordi der i græsdominerede habitater blev bragt en større biomasse-mængde af insekter til rederne, udgjorde hvirveldyr i disse områder kun 18 % af biomassen

mod 40 % i agerlands-habitater, selv om den totale biomasse mængde af hvirveldyr var ens (Grüebler et al., 2018).

Temmelig overraskende fandt samme undersøgelse også, at biomasse mængden af insekter som blev bragt til reden var en smule højere for par som modtog tilskudsfoder end for par som måtte finde al føde selv, hvorimod den tilførte hvirveldyr-biomasse var ens for par som havde adgang til tilskudsfoder og de som ikke havde (Grüebler et al., 2018). En mulig forklaring (som forfatterne ikke selv nævner), kan være, at det måske primært er hannen, som jager hvirveldyr, hvilket han gør med uformindsket indsats, uanset om der er adgang til tilskudsfoder, hvorimod hunnen (som sjældent bevæger sig mere end 100 m væk fra reden) kan dele en større del af sine fangster (insekter) med sit afkom fremfor at fortære det selv når hun har adgang til tilskudsfoder.

Hvis tilskudsfodring også fører til øgede fodringsleveranser af insekter hos danske kirkeuglepar, kan den estimerede insektandel på 19 % for danske kirkeuglepar være overestimeret i forhold til par uden adgang til tilskudsfoder. Dette vil i givet fald dog blot bestyrke konklusionen, at insektandelen i Danmark synes at være lav i forhold til fx regnorm.

Tilgængeligheden af regnorm, som er estimeret til at udgøre op i mod halvdelen af kirkeuglernes fødegrundlag i Danmark, er snævert forbundet med nedbørsperioder, og kan derfor ikke i sig selv betragtes som et stabilt fødegrundlag gennem yngletiden. En høj diætandel af regnorm angives da også som tegn på at kirkeugler mangler bedre fødeemner, dvs. er en indikator på lav habitatkvalitet (Van Nieuwenhuyse et al., 2008).

Trods deres relativt beskedne biomasseandel, skal insekter ikke negligeres som fødekilde, idet de udgør omkring 85 % af alle bytteemner og enkeltfodringer registreret med redekameraer. I perioder, hvor regnorm ikke er tilgængelige og jagten på hvirveldyr svigter, udgør insekter derfor en forudsigelig, om end i Danmark beskeden, bund i fødeleverancer til ungerne. Dette peger igen på, at kirkeugler i yngletiden er afhængige af en bredt sammensat fødebase, og dermed også en habitatmosaik som understøtter alle tre typer af byttedyr (Apolloni et al., 2018; Van Nieuwenhuyse et al., 2008). I den forbindelse bør det også nævnes at torbister udgjorde under 5 % af alle insekter i de danske gylp, endskønt mange tidligere undersøgelser (før 1950) fra Centraleuropæiske kirkeuglebestande fremhæver torbister i almindelighed og oldenborrer (*Melolontha melolontha*) i særdeleshed som en meget vigtig fødekilde for kirkeugler i yngletiden. Som allerede nævnt, påviste et nyligt studie i Tyskland også højere ynglesucces hos kirkeuglepar som havde en høj, og taksonomisk bredt sammensat, fødeandel bestående af store insekter (Grüebler et al., 2018).

Lavere forekomst af jordløbende insekter i gylp såvel som i landskabet i Slesvig-Holsten sammenlignet med Danmark, kan således være et tegn på en tilsvarende historisk forarmelse af insektfaunaen i Slesvig-Holsten som i Danmark.

For de par som havde adgang til tilskudsfoder i yngletiden, udgjorde dette omkring 38 % af den samlede foder mængde. Tilskudsfoder må dermed betegnes som et substantielt energetisk bidrag, hvilket stemmer overens med at tilskudsfodring har en markant positiv effekt på danske kirkeugle-ungers overlevelse (Thorup et al., 2010) og antal udfløjne unger per par (Sunde, 2021). Dette understreger endnu engang, at det naturlige fødegrundlag i de nuværende danske landskaber er utilstrækkelig til at understøtte en selv-opretholdende kirkeuglebestand.

Bidragssydere til dette kapitel: Astrid Holm Andersen (Laboratorieanalyser af gylp indsamlet 2019-20), Martin Šálek, Anton Krištín, Ján Obuch, Monika Chrenkova (Indsamling og laboratorieanalyser af gylp indsamlet 2011), Georg Kaatz, Martin Mayer (feltarbejde i Slesvig-Holsten 2019), Lars Bo Jacobsen (feltarbejde i Himmerland 2011, 2019) & Peter Sunde (statistisk analyse og tekst).

3 Bestandstæthed af kirkeuglens byttedyr i Danmark og Slesvig-Holsten

3.1 Indledning

Al den stund svigtende ynglesucces for danske kirkeugler kan relateres til fødemangel (Thorup et al., 2010), må den landskabsmæssige forklaring til dette skyldes færre tilgængelige byttedyr. Dette kan dels skyldes færre steder hvor uglerne kan jage, dels at der er færre byttedyr hvor uglerne jager. Hvis sidstnævnte gør sig gældende, må bestandstætheden af essentielle byttedyr være højere i Slesvig-Holsten, hvor kirkeuglebestanden er selvopretholdende, end i Danmark.

I yngletiden lever kirkeugler hovedsageligt af smågnavere, regnorm og jordlevende insekter, såsom løbebiller (se kapitel om fødesammensætning). Da løbebiller er rovdyr, der dels lever af andre insekter, men som for en stor dels vedkommende også lever af regnorm (Guillemain et al., 1997; King et al., 2010; Laroche, 1990), kan tætheden af løbebiller både være udtryk for tilgængeligheden af insekter og regnorm. Derfor kan en taksering af kirkeuglens hovedføde reduceres til to artsgrupper: småpattedyr og jordløbende insekter (først og fremmest løbebiller). Hvis den ene af disse artsgrupper er mere almindelig i Slesvig-Holsten end i Danmark, vil det pege i retning af, at det er denne artsgruppe som skal op hjælpes gennem habitatforbedringer i Danmark.

3.2 Materiale og metoder

I maj-juni 2019 takserede vi tætheden af byttedyr i 24 tidligere besatte (senest i 2016) eller nuværende besatte kirkeuglerevire i henholdsvis Slesvig-Holsten og Himmerland (12 i hver region).

Taksering af hvirvelløse dyr: Faldfælder

I hvert kirkeugleterritorium placeredes fire faldfælder på afgræssede arealer og fire i haven omkring redestedet. Alle faldfælder blev etableret af den samme person (L. Brøndum) i begge studieområder. Faldfælderne bestod af nedgravede plastikølglas med 9,5 cm i diameter, hvori der var placeret fangglas kvartfyldt med glycerol. Fælderne blev sat mellem 15. og 23. maj 2019 og derefter tilset og tømt på ugentlig basis (minimum 6, maksimum 9 dage mellem hver tømning) i alt fire gange. Indholdet i hver fældetømning blev opbevaret i ethanol og frosset ned til de blev analyseret. I laboratoriet blev indholdet sorteret i fem hovedgrupper: løbebiller (Carabidae) > 1 cm, løbebiller < 1 cm, andre insekter end løbebiller > 1 cm (hovedsagelig torbister Scarabaeidae), andre insekter end løbebiller < 1 cm, samt snegle. Af praktiske årsager blev kun fangster for de første tre af de fire fangstuger sorteret og analyseret.

Antal dyr fanget per ugetømning blev analyseret statistisk som funktion af studieområde (Danmark eller Slesvig-Holsten), habitattype (afgræsset eller have) og indsamlingsuge (Kategorisk variabel: 1,2 eller 3) og antal døgn (6-9, log-transformeret: korrektion for hvor længe fælden havde stået). For at korrigere for "tilfældig" rumlig variation mellem fældeplaceringer, blev territorium og fælde-ID indlejret ("nested") i territorium (192 placeringer inden for

24 territorier) specificeret som "tilfældige" effekter. Modellen havde en log-link-funktion og en Poissonfordelt og varianskorrigeret residualstruktur.

Taksering af småpattedyr: Vildtkameraer

I hvert kirkeugleterritorium placeredes et vildtkamera på en pæl i ca. 50 cm højde, pegende skråt nedad med et søgefelt på jorden 1-3 meter foran kameraet. I søgefeltet blev placeret en åben Ugglan levendefangstfælde til smågnavere foret med hø og forsynet med lokkemad i form af en klat jordnøddesmør (Figur 4). Denne metode vurderedes især at være følsom i forhold til at detektere ægte mus, som tiltrækkes af lokkemad og gerne bevæger sig ud af dækning, hvorimod markmus, som lever af græs og kun nødtigt bevæger sig uden for dækning, i mindre grad vil blive registreret. I løbet af fire uger (15. maj til 13 juni i Himmerland, 13. maj til 12. juni i Slesvig-Holsten) blev vildtkameraerne tilset og flyttet én gang om ugen, således at hvert kamera registrerede pattedyraktiviteten på fire forskellige positioner inden for hvert kirkeuglevir: To positioner nær de bygninger hvor kirkeuglerne holdt til og to positioner ude i terrænet. Alle kamerapositioner var på steder, som vurderes at give god dækning og dermed beskyttelse for smågnavere. Der blev brugt samme type kameraer med samme indstillinger i begge studieområder.



Figur 4. Fotos fra vildtkamera til registrering af småpattedyr. Til venstre er Martin Mayer ved at indstille afstand og optagevinkel. I fotoet til højre ses en 'ægte' mus (det højre øje lyser pga. refleks fra den infrarøde blitz) i optagefeltet.

Vi registrerede alle observationer af småpattedyr mellem kl 21:00 og 9:00 (Centraleuropæisk normaltid). Flere fotos inden for 5 minutter af hvad vi mente var det samme individ taltes som én observation. Alle fotoserier blev gennemset og kodet af den samme person.

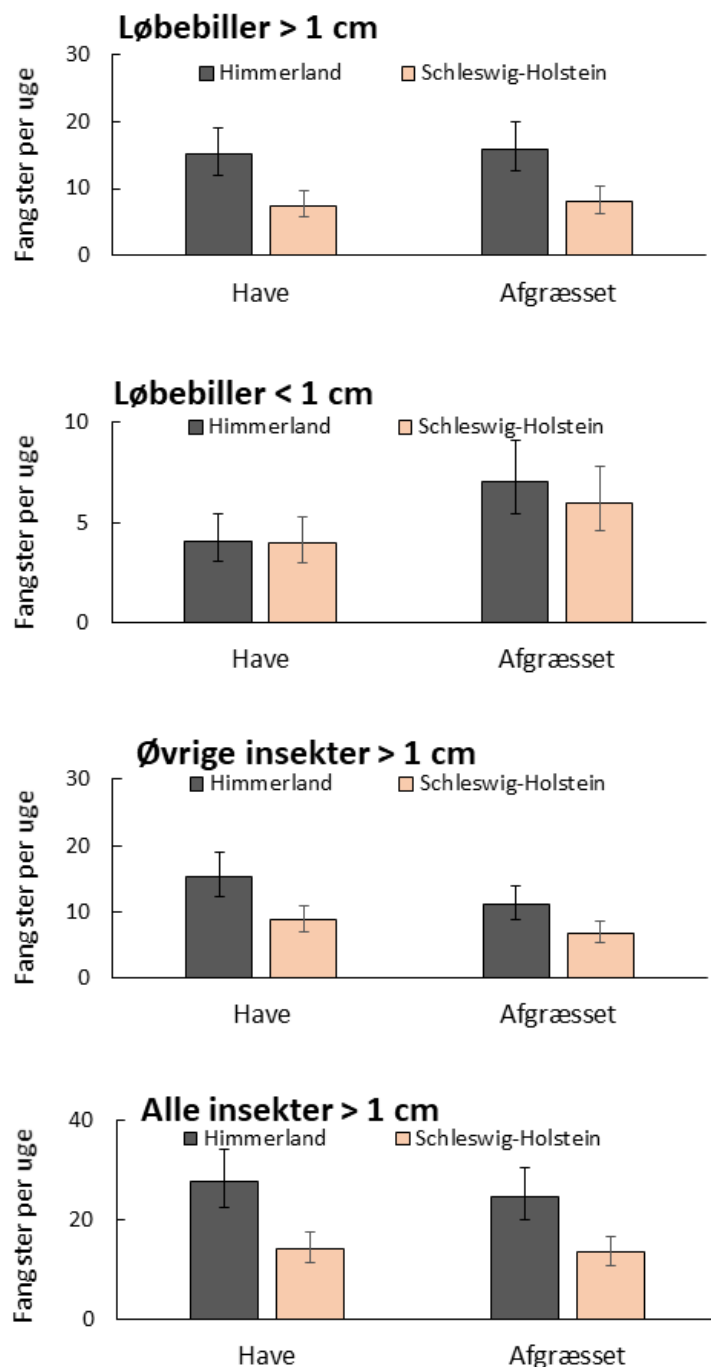
Antal observationer af pattedyr < 50 g per kameraserie (en uge) blev modelleret statistisk som funktion af studieområde, mikro-habitat (ved bygninger eller i terrænet), med antal optagedøgn (log-transformeret) som korrektionsfaktor for forskellig længde af optageserierne. Da det ikke kunne udelukkes at kirkeugler påvirker smågnaverbestanden nær reden, testede vi desuden om der var forskel mellem besatte og ubesatte territorier. Vi havde desuden Territorie-ID med som tilfældig faktor for at korrigere for tilfældig variation mellem de enkelte revirer. Da der var meget stor spredning på antal observationer per kameraopstilling, brugte vi en negativt binomialfordelt residualstruktur til at håndtere denne variation.

3.3 Resultater

Jordlevende insekter

Tætheden af store (> 1 cm) løbebiller, såvel som andre større insekter (> 1 cm) end løbebiller var omtrent dobbelt så høj i Himmerland som i Slesvig-Holsten ($p < 0,001$, Figur 5). I forhold til mikro-habitat, blev der fanget 61 % flere små løbebiller (< 1 cm) på afgræssede flader end i haver ($p < 0,001$), mens det forholdt sig modsat for andre større insekter end løbebiller (34 % flere individer i haver end på græssede flader, $p < 0,001$, Figur 5). Der var ingen signifikante interaktioner mellem effekter af habitat og landsdel. For alle insektgrupper, var der forskel mellem de tre fangstuger ($p < 0,001$), idet der i den 2. fangstuge (hvor vejret var koldt efter årstiden) blev fanget færre dyr end i den første og den tredje fangstuge.

Figur 5. Gennemsnitlig antal insekter fanget per fældeuge i maj-juni 2019 i Himmerland og Slesvig-Holsten. De vertikale barrer indikerer 95% konfidensinterval omkring den sande middelværdi.



Småpattedyr

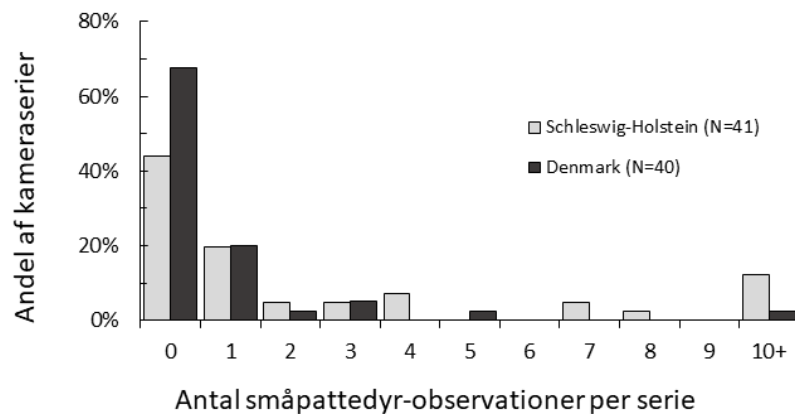
I alt gennemførtes 40 succesfulde optageserier (336 kameradøgn) i Himmerland og 41 (348 døgn) i Slesvig-Holsten.

Der blev registreret småpattedyr < 50 g i 13 af 40 (33 %) kameraserier i Himmerland mod 23 af 41 (56 %) i Slesvig-Holsten ($\chi^2_1 = 4,57$, $P = 0,03$, Figur 6).

Småpattedyrobservationerne i Himmerland (i alt 49 observationer) fordelte sig på 46 observationer (94 %) af ægte mus (skovmus, husmus eller halsbåndsmus) og 3 observationer (6 %) markmus.

Observationerne i Slesvig-Holsten (162), fordelte sig på 144 observationer (89 %) af ægte mus (skovmus, halsbåndsmus og husmus), 16 markmus (10 %), én spidsmus, samt ét uidentificeret pattedyr af musestørrelse.

Figur 6. Procentvis fordeling af observationer af småpattedyr (< 50 g) registreret af fotofælder per uge.

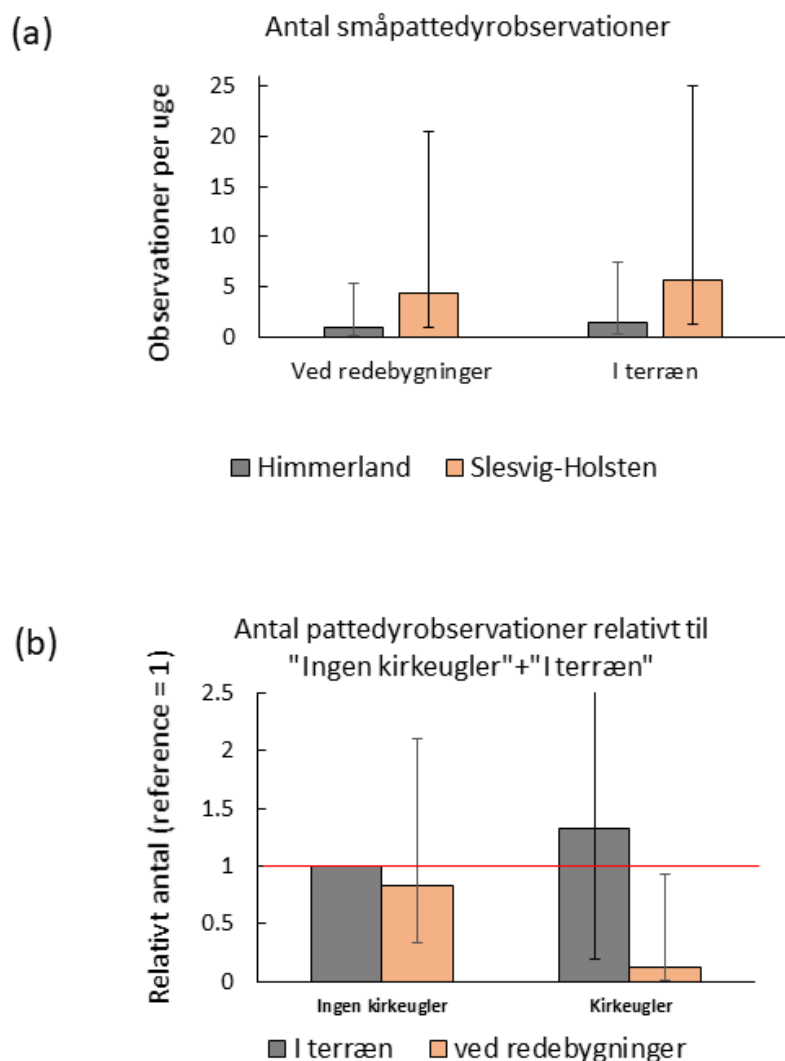


I gennemsnit blev der observeret seks gange så mange småpattedyr i Slesvig-Holsten som i Himmerland (95 % konfidensinterval: 1,8-18, $p < 0,01$), og inden for hvert af disse områder blev der i gennemsnit også registreret seks gange så mange småpattedyr ude i terrænet end nær bygninger, hvor ugleerne holdt til (95 % konfidensinterval: 1,7-17, $p < 0,01$).

Hvis man i den statistiske model også tog højde for en mulig effekt af tilstedeværelse af kirkeugler på tætheden af småpattedyr nær de bygninger, hvor de holdt til (interaktionsled: $p = 0,092$), var den estimerede forskel i småpattedyr nær reden og ude i terrænet 1: 9 (95 % konfidensinterval: 3-26) i revirer som fortsat var beboet af kirkeugler, mens der ikke var nogen forskel i revirer som ikke var besat det pågældende år (Figur 7).

Brun rotte blev observeret i én gang i Himmerland mod 78 gange delt på 13 optageserier i Slesvig-Holsten ($p < 0,0001$). Rotter blev observeret lige hyppigt ved redebygninger og ude i terrænet, uafhængigt af om reviret var beboet af kirkeugler eller ej.

Figur 7. (A) Gennemsnitligt antal småpattedyr (< 50 g) observeret per uge af kamerafælder i umiddelbar nærhed af redebygninger for kirkeugle og ude i terrænet i Himmerland og Slesvig-Holsten. (B) Relativt antal pattedyrobserverationer per uge i forhold til kamerafælder placeret ude i terrænet på territorier som det pågældende år ikke var besat af kirkeugler (korrigeret for studieområde). Den røde linje angiver referenceværdi for samme observationshyppighed. Som det fremgår af figuren, observeres markant færre småpattedyr nær bygninger hvor der yngler kirkeugler i forhold til de øvrige kombinationer af habitat og tilstedeværelse af kirkeugle. Estimerer er angivet med 95% konfidensgrænser.



3.4 Diskussion og konklusion

Tætheden af de forskellige grupper af jordløbende insekter var gennemgående højere i Himmerland end i Slesvig-Holsten, mens tætheden af småpattedyr var signifikant højere i Slesvig-Holsten end i DK. Disse resultater indikerer, at det manglende fødegrundlag for danske kirkeugler ikke er relateret til mangel på insekter, men snarere småpattedyr.

Det skal i den forbindelse bemærkes, at markmus (som udgjorde 89 % af pattedyrresterne i kirkeuglegylp fra Slesvig-Holsten i 2019: Se kapitel om fødesammensætning) kun udgjorde 10 % af de observerede pattedyr. Dette kan forklares ved at markmus lever skjult i tæt græs (Bang et al., 1978) og som græsædere ikke er interesseret i 'lokkemad' såsom jordnøddesmør. Den anvendte registreringsmetode, hvor der blev udlagt lokkemad foran kameraet er derfor langt mere effektiv til at tiltrække ægte mus end markmus, desuagtet at markmus at dømmes efter kirkeuglernes fødevalg var meget almindelig i 2019.

Hvis man sammenligner antal markmusobservationer i Himmerland (3) og Slesvig-Holsten (16) er forholdet omtrent 1:5 i forhold til antal observationsdøgn. Brudt op på artsgrupper, er antallet af observationer således højere i

Slesvig-Holsten end i Himmerland for både markmus og ægte mus. Det forhold, at antallet af rotter (som dog kun sjældent indgår i kirkeuglens føde) også er langt højere i Slesvig-Holsten end i Himmerland peger også i retning af at landskabet i Slesvig-Holsten oppebærer højere bestandstætheder for småpattedyr generelt. I hvilket omfang den generelt højere hyppighed af rotter og mus i Slesvig-Holsten sammenlignet med Himmerland, skyldes forskellig landskabssammensætning (se kapitel om dette), større husdyrtæthed (spildfoder?) eller mulige forskelle i bekæmpelsesindsats af rotter og mus, vides ikke.

Kraftigt reduceret aktivitet af småpattedyr nær redebygninger kan både skyldes at kirkeuglerne (som er massivt tilstede i og omkring bygningerne: se kapitel om GPS-mærkning af kirkeugler) holder antallet nede gennem prædation og at smågnaverne reducerer deres aktivitetsniveau markant for at undgå prædation. Kraftigt reduceret tæthed af smågnavere tæt på reder, er også beskrevet for andre uglearter (Luna et al., 2020; Murano et al., 2019). Fra et snævert nytteperspektiv, kan kirkeugler derfor efter alt at dømme betragtes som effektive biologiske bekæmpere af mus omkring de ejendomme hvor de holder til.

Bidragydere til dette kapitel: Charlotte McAneney (feltarbejde i Slesvig-Holsten, sortering af insektfangster), Emma Kaczmar (analyse af vildtkameradata), Lars Brøndum (design og opsætning af insektfælder, sortering af insektfangster), Lars Bo Jacobsen (feltarbejde i Himmerland), Georg Kaatz, Martin Mayer (feltarbejde i Slesvig-Holsten) & Peter Sunde (statistiske analyser og tekst).

4 Landskabssammensætning af kirkeugle- revirer i Danmark og Slesvig-Holsten

4.1 Indledning

Siden midten af det 20. århundrede er det danske agerlandskab blevet dramatisk ændret i form af landbrugsmæssig omlægning og homogenisering i form af stadig større markenheder og tilsvarende færre skel, læhegn og småhabitater. Færre, mere spredte og fragmenterede levesteder kan betyde mindre bestande af småpattedyr, ikke mindst markmus (Pagh et al., 2015). Fysiske strukturer i landskabet såsom træer og læhegn tjener desuden som både skjul og standpladser for jagende kirkeugler.

En metodisk tilgang til at identificere mulige bestandsbegrænsende landskabsstrukturer for kirkeugler, er at sammenholde (korrelere) landskabsparametre for kirkeuglerevirer med deres gennemsnitlige ungeproduktion. I denne analyse har vi endnu mere overordnet sammenlignet hele landskabssammensætningen for kirkeuglerevirer med forskellig gennemsnitlig ynglesucces.

4.2 Materiale og metoder

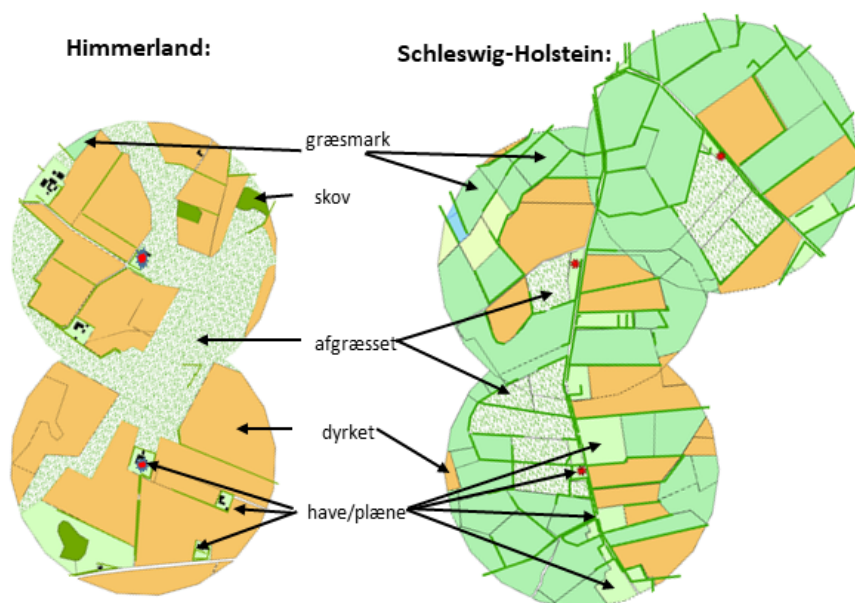
I marts-april 2019 registrerede og kortlagde vi overfladekategorier og lineære strukturer (fx læhegn) inden for 500 m radius af 23 rede-lokaliteter i Himmerland og 46 i Slesvig-Holsten som enten fortsat var beboet af kirkeugle eller havde været det inden for de seneste ti år (2008-). Som udgangspunkt for kortlægningen benyttedes udprint af GIS-kort, hvor marker, enge, bebyggede områder / haver, og læhegn var digitaliseret. I felten registreredes hvad der stod på de enkelte markflader (permanent afgræsset, afgrøde, græs, brak mv.), lige som ændringer i markskel og levende hegn blev påtegnet. Efterfølgende blev GIS-lagene justeret i forhold til den feltjusterede landskabsinformation (Figur 8).

Inden for en radius af 100 m (den afstand som kirkeugler i yngletiden befinder sig inden for i 80 % af tiden: se kapitel om adfærd) og 500 m fra hver ynglelokalitet ekstraherede vi derefter habitatsammensætning, antal polygoner, meter kant mellem polygoner og meter levende hegn. Længden af lineære strukturer blev efterfølgende omregnet til tætheder (m / hektar).

Fordelingerne af disse landskabsparametre blev derefter beskrevet og afbildet grafisk. Vi testede endvidere for om der var forskel i medianværdierne mellem Himmerland og Slesvig-Holsten vha. af en randomiseringstest i statistikprogrammet SAS 9.4.

På basis af eksisterende viden om kirkeuglers ynglebiologi og habitatselektion i yngletiden, havde vi på forhånd udpeget følgende habitatparametre som potentielt gavnlige for kirkeuglers ynglesucces: dækningsgraden af bebyggede arealer herunder haver (kraftigt selekteret af kirkeugler i yngletiden), antal polygoner og tætheden af grænseflader mellem polygoner (heterogenitet), tætheden af læhegn (habitat og habitatkorridorer for småpattedyr, især ægte mus), samt dækningsgraden af brak (habitat for småpattedyr som markmus).

Figur 8. Eksempler på landskabssammensætning i 500 m omkreds af kirkeuglereder i Himmerland og Slesvig-Holstein. De grønne linjer i landskabet angiver læhegn.



4.3 Resultater

Fra en kvalitativ betragtning var landskabet omkring kirkeugle-lokaliteter i Slesvig-Holsten karakteriseret ved mindre markflader og en højere tæthed af enkeltstående træer og levende hegn end i Danmark. De levende hegn var endvidere bredere, tættere bevokset og kendetegnet af større / ældre træer end tilfældet var i Danmark. Endeligt var levende hegn i Slesvig-Holsten ofte opført på jordvolde (Figur 9).

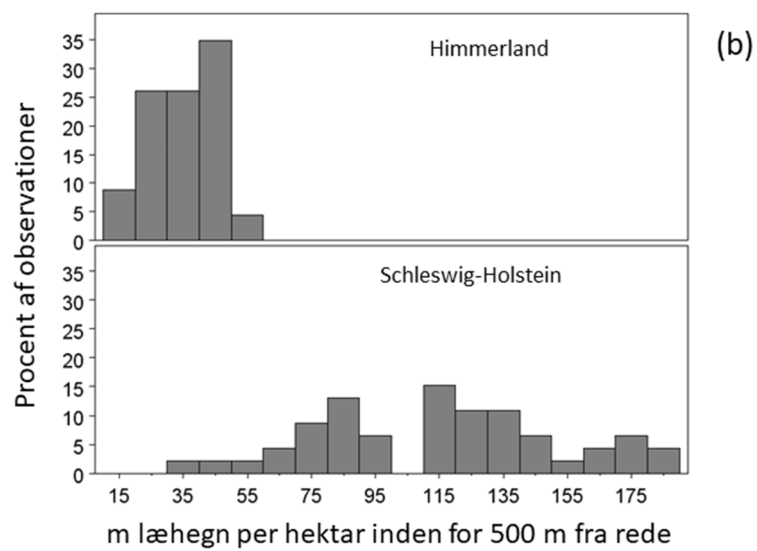
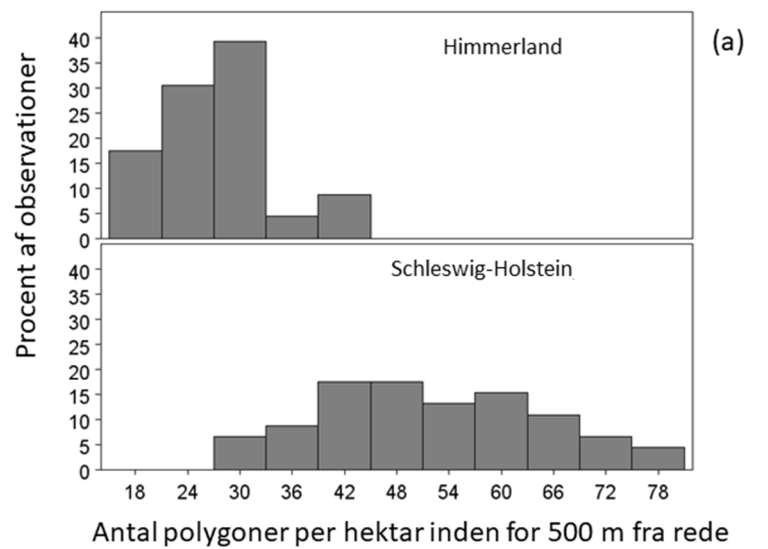
Rent kvantitativt, var landskabet inden for 500 m radius fra redelokaliteter i Slesvig-Holsten i gennemsnit karakteriseret ved at have en tre gange højere dækning af bebyggede arealer, dobbelt så mange forskellige polygoner (Figur 10a) og over tre gange så mange levende hegn (Figur 10b) som i Himmerland.

Landskabet i Slesvig-Holsten var desuden kendetegnet ved et langt højere andel afgræsset areal og tilsvarende lavere andel areal i omdrift (Tabel 1).



Figur 9. Kirkeugleterritorium i Slesvig-Holsten (øverst) og Danmark (nederst), februar 2019. Foto: Peter Sunde

Figur 10. Kirkeugleterritoriets rigdom på (a) forskellige markflader (GIS-polygoner) og meter læhegn inden for 500 m radius fra 23 kirkeugleterritorier i Himmerland og 46 i Slesvig-Holstein.



Tabel 1. Landskabskarakteristika inden for 100 og 500 m fra redelokalteter af kirkeugler i Slesvig-Holsten og Danmark. Statistisk signifikans af forskelle i medianværdier (randomiseringstest); ns (Ikke signifikant forskel): $p \geq 0.1$, °: $p < 0.10$; * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $P < 0.001$, **** $P < 0.0001$.

Radius	Variabel‡	Slesvig-Holsten (N=46 territorier)							Himmerland (N = 23 territorier)							Ratio af gennemsnit	
		Gnst.	SD	10%	25%	50%	75%	90%	Gnst.	SD	10%	25%	50%	75%	90%	SH:DK	
100m	% bebygget ‡	34	19	12	18	32	44	57	39	23	11	23	34	54	75	0,9	
	% skov	1	3	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1,1	ns
	% omdrift	12	16	0	0	1	24	36	34	29	0	1	31	58	74	0,3	**
	% afgræsset	44	24	13	26	43	59	79	9	15	0	0	0	13	20	4,8	****
	% græs (slåning)	7	15	0	0	0	6	36	17	22	0	0	9	23	53	0,4	*
	m levende hegn ha ⁻¹ ‡	165	49	95	128	169	200	217	94	48	19	72	98	121	161	1,8	****
	m perimeter ha ⁻¹ ‡	392	79	310	337	383	433	519	324	84	238	301	322	359	425	1,2	**
	Antal polygoner ‡	7	2	5	6	7	8	10	5	2	3	4	5	6	7	1,4	***
500m	% bebygget ‡	16	12	3	4	13	26	33	5	3	1	3	4	6	8	3,2	***
	% skov	2	3	0	0	1	3	5	4	8	0	0	1	3	10	0,5	ns
	% omdrift	25	17	3	14	22	34	49	55	25	19	38	52	75	87	0,5	****
	% afgræsset	39	22	8	25	38	56	68	7	11	0	0	2	9	21	5,2	****
	% græs (slåning)	16	20	0	1	7	27	51	27	24	1	7	20	46	59	0,6	*
	% brak ‡	1.4	2.8	0	0	0	2	4	1.1	1.9	0	0	0	2	4	1,3	ns
	m levende hegn ha ⁻¹ ‡	115	39	66	88	117	139	173	35	12	23	27	33	45	48	3,3	****
	m perimeter ha ⁻¹ ‡	291	46	243	259	284	328	359	198	36	145	176	192	219	235	1,5	****
	Antal polygoner ‡	52	13	37	42	51	61	70	27	7	18	24	27	31	35	1,9	****

‡: Landskabsvariabel som forventes at have positiv indflydelse på kirkeuglers ynglesucces.

4.4 Diskussion og konklusion

Landskabets sammensætning i kirkeugleterritorier i Slesvig-Holsten adskilte sig markant fra kirkeugleterritorier i Himmerland på en række forskellige parametre. Gennemgående var landskabet i Slesvig-Holsten kendetegnet ved en langt højere grad af heterogenitet og forekomst af levende hegn, som også rent kvalitativt må vurderes at kunne tilbyde langt bedre levesteder for småpattedyr end tilsvarende læhegn i Danmark. Inden for 500 m radius fra reden var dækningsgraden af bebyggede arealer (en habitat som er kraftigt præfereret af kirkeugler: Se kapitel 5 om habitatbrug og habitatselektion) også væsentligt højere i Slesvig-Holsten end i Himmerland. Selv om man skal være varsom med at konkludere om kausale sammenhænge ud fra sammenlignende undersøgelser, ligger de fundne forskelle i tråd med tidligere undersøgelser, som har konkluderet, at kvaliteten af kirkeuglehabitater er positivt korreleret med en høj grad af habitatheterogenitet, kantzoner, samt forekomst af frugthaver ("orchards") og tilsvarende halvåbne habitater med indslag af (gerne ældre) træer og buske (Apolloni et al., 2018; Gottschalk et al., 2011; Michel et al., 2017).

I betragtning af at markmus dominerede føden i Slesvig-Holsten i 2019, og at høj forekomst af markmus generelt forbindes med høj ynglesucces for kirkeugler (Van Nieuwenhuysen et al., 2008), kan det umiddelbart undre at habitater som brak og græsarealer, der foretrækkes af markmus, ikke var mere udbredte i Slesvig-Holsten end i Himmerland.

Det umiddelbart bedste bud på hvorfor markmus alligevel var langt mere almindelig i Slesvig-Holsten end i danske kirkeuglerevire, er den højere tæthed af markskel, idet bestandstæthed af markmus i dyrkede landskaber korrelerer positivt med tæthed og længde af markskel (Bonnet et al., 2013; Delattre et al., 2009; Rodriguez-Pastor et al., 2016; Santamaria et al., 2019).

De præcise sammenhænge mellem dækningsgrad, sammenhæng og kvalitet af smågnaverhabitater i tilknytning til kantzoner og læhegn, samt kirkeuglens udnyttelse af disse føderessourcer mangler dog fortsat at blive klarlagt.

Bidragydere til dette kapitel: Mette Møller Christensen, Emma Hvidtfeldt Jensen, Alexander Venzel Rudbeck, Matilde Skjoldager, Martin Mayer, Anthony D. Fox, Lars Bo Jacobsen (kortlægninger i felt), Frej J. Lindhøj (digitalisering af kort) & Peter Sunde (statistisk design og analyse, samt sammenskrivning af tekst)

5 Arealbrug, bevægelsesmønstre, habitatbrug og habitatselektion af ynglende kirkeugler i Danmark og Tjekkiet

5.1 Indledning

Vilde dyr opfører sig som regel hensigtsmæssigt i den situation de befinder sig i. Derfor kan man ved at beskrive dyrs adfærd, ofte udlede hvor stressede de er, såvel som hvilke ressourcer der er vigtige for dem. Ud fra deres valg af opholdssteder kan man fx identificere hvilke areal typer som bruges til fødesøgning: Jo mere en habitattype benyttes totalt set (brug), samt i forhold til dens relative dækningsgrad (brug/tilbud = selektion), jo vigtigere må man antage den er.

På samme måde, kan man ud fra kirkeuglers arealbrug og bevægelsesafstand fra reden, udlede hvor spredt deres føde befinder i landskabet. Da det koster tid og energi af flytte sig rundt i landskabet, vil en kirkeugles aktionsradius, og det areal den bevæger sig over, øge jo mere spredt føden forekommer i landskabet. Tilsvarende, vil den afstand som en kirkeugle tilbagelægger i løbet af en hel nat eller en enkelt time, fortælle hvor hårdt den arbejder for at skaffe føde, og dermed også, alt andet lige, hvor presset den er for at holde liv i sine unger (Holsegard-Rasmussen et al., 2009; Jacobsen et al., 2016).

Hvis man sammenligner danske kirkeuglers adfærd med kirkeugler i andre bestande, hvor vi ved at føden er rigelig, vil eventuelle forskelle mellem bestandene desuden kunne give en indikation på, hvor langt fra idealsituationen danske kirkeugler måtte befinde sig.

Undersøgelser i 2005-07 af radiomærkede kirkeuglers adfærd i Vesthimmerland viste dengang, at danske kirkeugler søgte føde over langt større områder end kirkeugler i resten af Europa (Sunde et al., 2009), og at de i sommerhalvåret tilbragte uforholdsmæssig meget af deres aktive tid i haver og omkring bygninger, hvorimod dyrkede marker blev brugt langt mindre end dækningsgraden skulle tilsige (Sunde et al., 2014). Samme undersøgelse viste også at kirkeugler skiftede fødesøgningsstrategi efter temperatur- og nedbørsforhold, idet de i køligt, blæsende og fugtigt vejr ledte efter føde på jorden (formentlig regnorm), mens de i tørt og meget varmt eller meget koldt vejr jagede fra siddeposter, typisk nær bygninger, hvor de formentligt i højere grad jagtede smågnavere.

Disse tidlige undersøgelser, som var baseret på manuel lokalisering af fugle mærket med VHF-radiosendere året rundt, havde dog den begrænsning, at datamængden i form af positioner var relativt beskedne, ikke mindst i kirkeuglernes yngletid. Desuden var det vanskeligt med triangulering af radiosignaler, på samme tid at opnå præcise enkelt-lokaliseringer af hvor fuglene befandt sig på et givet tidspunkt og spore deres bevægelser rundt i landskabet.

Fremkomsten af små GPS-loggere har nu muliggjort detaljeret sporing af fugle ned til størrrelse med en hidtil uset opløsningsgrad i tid og rum. Hermed er det nu muligt flere nætter i træk at følge kirkeuglers bevægelser minut for minut. Dette gør det muligt at få et mere detaljeret billede af kirkeuglers brug af landskabet end tidligere. Denne viden er vigtigt, hvis man skal iværksætte konkrete forsøg med habitatforbedring.

For at få et skarpere billede af hvordan danske og udenlandske kirkeugler brugte landskabet i yngletiden, GPS-sporede vi ynglende kirkeugler i Danmark og i Tjekkiet igennem en uge mens de havde store redeunger.

5.2 Materiale og metoder

I juni 2019, fangede vi otte ynglende kirkeugler i Himmerland. Når redeungerne var mindst 15 dage gamle, blev forældreuglene fanget i spejlnet omkring reden eller i kassefælder hvor de havde vænnet sig til at hente foder. Loggeren (af mærket Gypsy 5, Technosmart Europe srl), som vejede ca. 3,2 g inkl. seletøj, blev fastgjort omkring kroppen med teflonbånd under fjerdragten (Figur 11). Loggerne registrerede én position i minuttet med en præcision på 2-6 m så længe batteriet varede (1-6 nætter, afhængig af hvor meget af tiden den mærkede ugle befandt sig under tag, hvilket kostede batteri når enheden forgæves søgte efter satellitter). Efter ca. syv dage blev fuglene genfanget og loggeren taget af og tømt for data. Da de første fire påsatte loggere, som var kodet til at logge i tidsrummet 20:00-05.00 (normaltid) leverede data fra færre nætter end forventet (især fra hunnerne), blev logningsintervallet på de efterfølgende fugle reduceret til tidsrummet 21:00-04:00.

Figur 11. GPS-mærket kirkeugle kort før den slippes fri. Foto: Peter Sunde



Af de otte mærkede ugler (fire hanner og fire hunner) blev der logget positioner på seks (én tabte loggeren før den blev genfanget, én logger indeholdt ingen data): Fire hanner og to hunner (begge mager til mærkede hanner). Alle de studerede danske ugler havde adgang til tilskudsfoder.

I juni 2020, blev de samme loggere sat på seks kirkeugler (tre hanner og tre hunner, alle mager) i et landbrugsområde i Böhmen, Tjekkiet. I forhold til afgørødetyper og markstørrelser, mindede det tjekkiske område meget om det danske, dog med en noget større dækningsgrad af bygninger og arealer tilsået med majs. Den tjekkiske bestand (0,04 par per km²) er lige som den danske i tilbagegang, men havde i 2020 sin bedste ynglesæson nogen sinde (Martin Šálek, upubl. data). Selv om de tjekkiske kirkeugler ikke blev fodret, har de derfor uden tvivl haft noget nær ideelle fødebetingelser det pågældende år.

Vi opgjorde de aktive uglers arealbrug (defineret som perioder hvor fuglene var under åben himmel og loggerne kunne lokalisere satellitter og dermed registrere positioner) som natlige 95% kernel-tæthedsestimater (dvs. det areal der dækker 95% af deres opholdstid i løbet af en nat). Afstanden fra reden blev beregnet på basis af de enkelte positioner. For hanner kunne antallet af redebesøg approksimeres som antal gange den enkelte fugl skiftede mellem at være inden for 25 m fra reden og længere væk fra reden end 50 m (da hunnerne for en stor dels vedkommende opholdt sig inden for 50 m af reden, var det ikke muligt at identificere redebesøg for dette køn ud fra deres bevægelsesmønstre).

For begge områder, blev der udarbejdet digitale landskabskort med afgrødetyper. Dermed var det muligt at koble uglernes positioner til habitatkategorier, og beregne afstand til markskel og veje. Dette kunne så holdes op i mod den generelle landskabsfordeling i form af tilfældige punkter som blev lagt ud over kortet med samme afstandsfordeling til reden som de observerede kirkeuglepositioner.

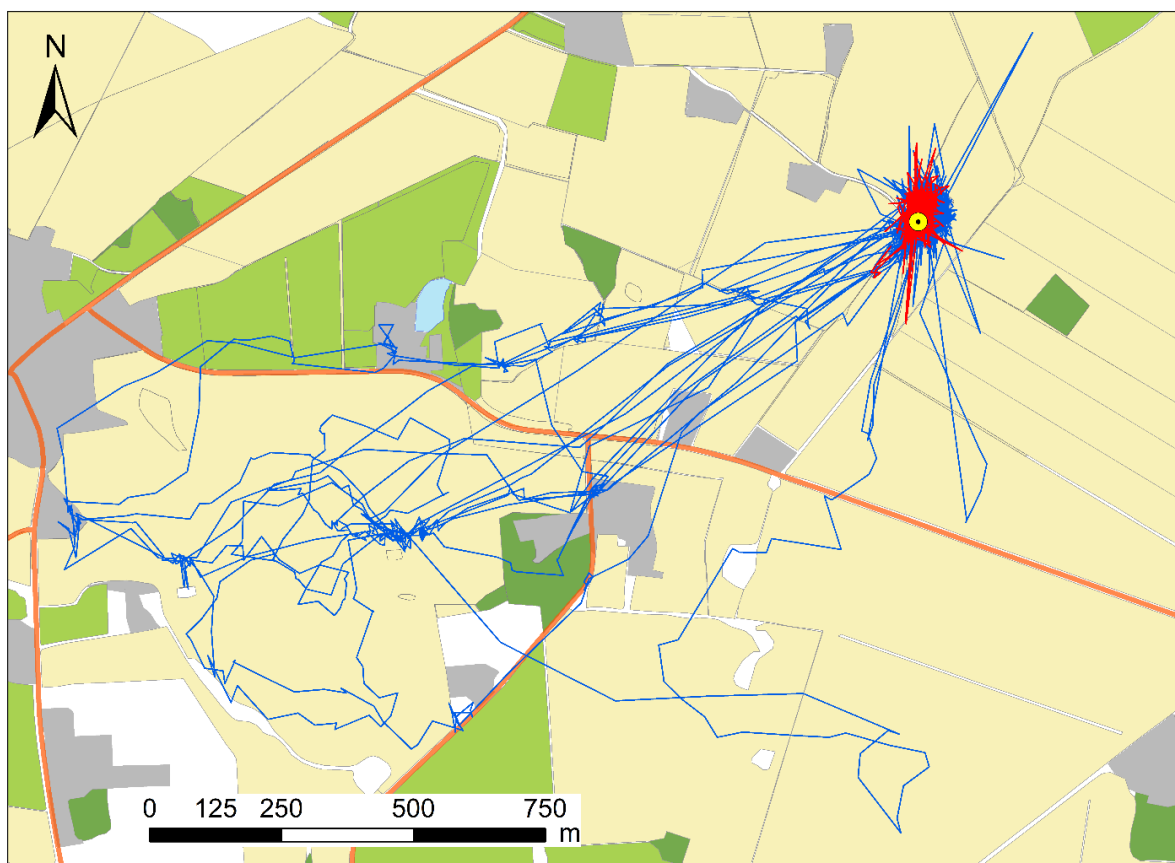
5.3 Resultater

Der blev registreret mellem 103 og 2239 GPS-positioner per individ for de seks danske kirkeugler. Antallet af GPS-positioner per fugl såvel som antallet af nætter med data var betydeligt højere for hanner end for hunner, hvilket givetvist skyldes at hunnerne tilbragte en større del af natten under tag nær reden (Tabel 2).

Tabel 2. Oversigt over de seks danske kirkeugler som leverede GPS-positioner (1 position i minuttet i de perioder fuglene var eksponeret for satellitter). Uglernes ID angiver nummer på lokalitet og køn (F=hun, M=han). $\bar{x}$: gennemsnit, SD: standardafvigelse af gennemsnit, CV: variationskoefficient ($SD/\bar{x}$).

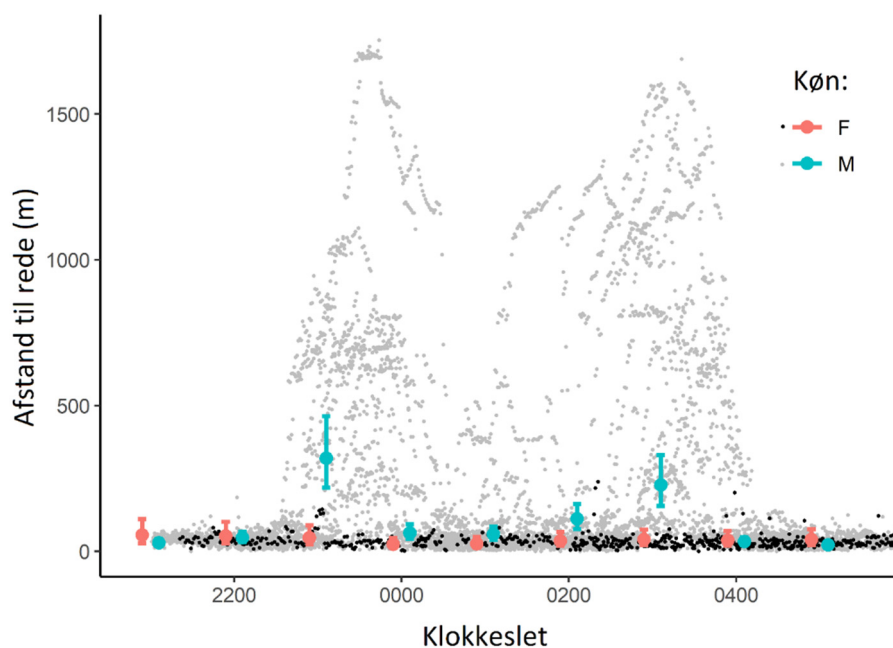
Ugle-ID	Positioner	Nætter	Natlig 95% kernel (ha) $\pm$ SD	Tilbagelagt afstand (m/time) $\pm$ SD	Afstand fra rede (m) $\pm$ SD
1F	103	1	1,7	912 $\pm$ 69	45 $\pm$ 34
4F	560	3	1,2 $\pm$ 0.3	1093 $\pm$ 475	33 $\pm$ 21
1M	1029	3	7,9 $\pm$ 1.2	1519 $\pm$ 705	88 $\pm$ 90
2M	2239	6	53 $\pm$ 22	2049 $\pm$ 855	224 $\pm$ 277
3M	1257	4	30 $\pm$ 27	1424 $\pm$ 533	167 $\pm$ 243
4M	1903	5	127 $\pm$ 75	1947 $\pm$ 870	414 $\pm$ 548
Hunner (n=2)	$\bar{x}$		1,5	1003	39
		SD	0,4	128	8
		CV	24 %	13 %	22 %
Hanner: (n=4)	$\bar{x}$		54	1735	223
		SD	52	309	139
		CV	95 %	18 %	62 %

De to hunner opholdt sig i gennemsnit 39 m fra reden med et natligt arealbrug på 1,5 hektar (Tabel 2). Til sammenligning, opholdt de fire hanner sig i gennemsnit 223 m fra reden med et natligt arealbrug på 54 hektarer (Tabel 2). Hannernes aktivitetsfordelinger adskilte sig fra hunnernes ved at omfatte togter over 1 km fra reden, mens hunnerne sjældent blev lokaliseret mere end 100 m fra ungerne (Figur 12). Hannernes udflugter fandt hyppigst sted i tidsrummene 23:00-23:59 og 03:00-03:59 (Figur 13).



Figur 12. GPS-spor af bevægelserne af han (blå) og hun (rød) med fire 15-20 dage gamle unger i 2019. Mens hunnen sjældent bevægede sig mere end 100 m væk fra reden, tog hannen fra tid til anden på længere udflugter mere end en kilometer fra reden.

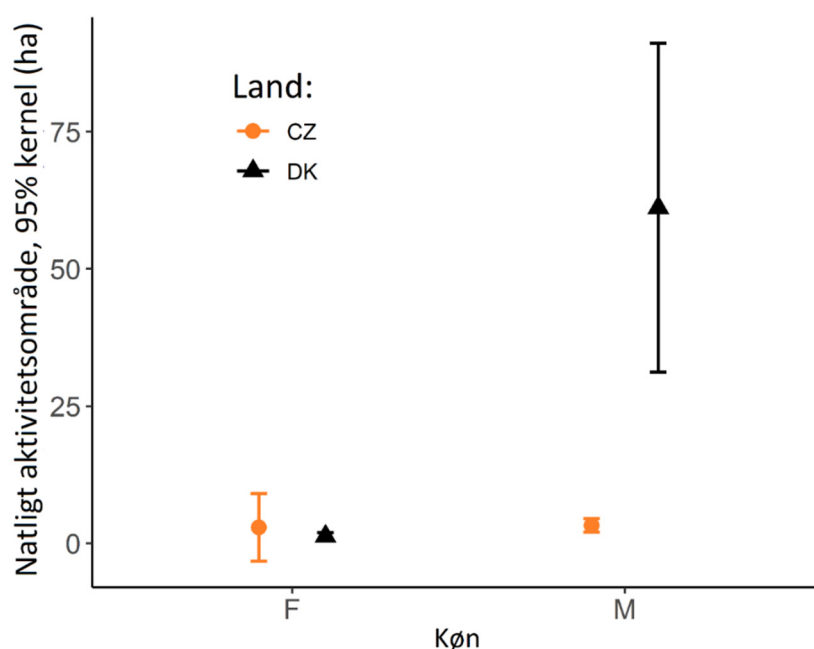
Figur 13. Afstand til rede for danske kirkeugler plottet mod tid på natten, angivet som enkeltpositioner og som gennemsnitsafstande per time (95% sikkerhedsinterval)



Danske hanners gennemsnitlige redeafstand var fire gange højere end tjekkiske hanners (vægtet gennemsnit $\pm$ SD i Danmark: 248 ± 379 versus 58 ± 78 m i Tjekket, $p < 0,001$), og deres natlige arealbrug var mere end ti gange større (Figur 14). For hunnernes vedkommende, var der ikke forskel på de to lande, hverken

hvad angik gennemsnitlige afstande fra reden (34 ± 34 i Danmark versus 38 ± 95 m i Tjekkiet) eller størrelsen på deres natlige aktivitetsområde (Figur 14).

Figur 14. Gennemsnitlig størrelse (95% konfidensgrænser) for natlige aktivitetsområder (95% kernel) han og hun i Tjekkiet (CZ) og Danmark (DK).



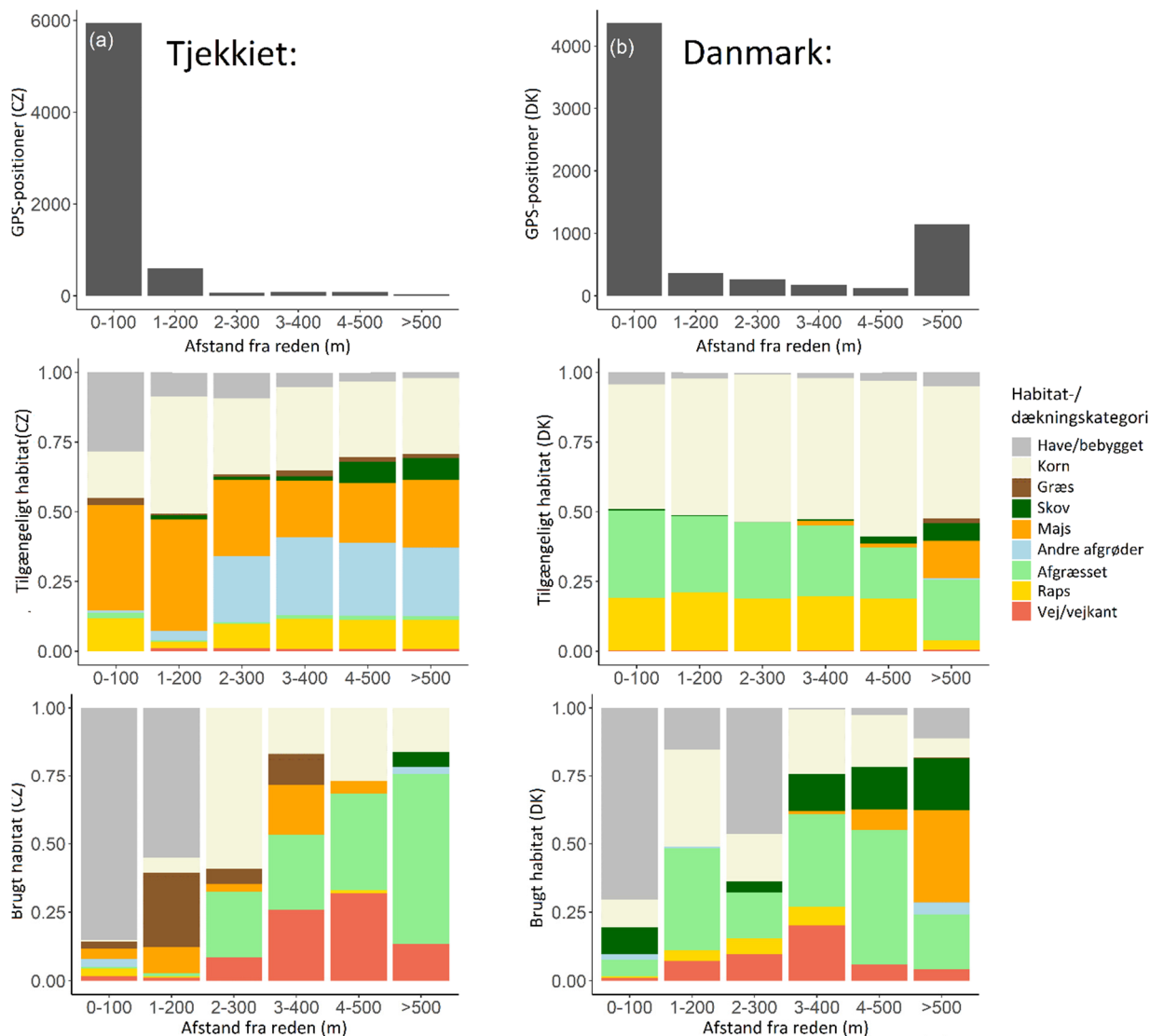
Tilsammen blev ca. 80 % af alle GPS-positioner fra danske kirkeugler registreret inden for 100 m fra reden (Figur 15) mod ca. 90 % hos tjekkiske kirkeugler (Figur 15).

Danske kirkeuglehanner tilbagelagde i gennemsnit 1,7 km pr time mod 1,0 km pr time for hunner (Tabel 2). Til sammenligning tilbagelagde tjekkiske kirkeuglehanner 1,0 km pr time og tjekkiske kirkeuglehunner 0,6 km pr time.

Både i Danmark og Tjekkiet besøgte hannerne reden 13 gange per nat i gennemsnit, svarende til 1,7 (SD= 1,6) besøg i timen i Danmark og 2,0 (SD = 1,5) besøg i timen i Tjekkiet ($p > 0,1$).

Baseret på en simpel summering af GPS-positioner, opholdt de seks kirkeugler i Danmark sig 53 % af tiden i haver/bebyggede områder, efterfulgt af afgræssede arealer (12 %), kornafgrøder (12 %), skov (11 %), majs (6 %), 3 % veje og vejkanter, samt 3 % andet. Den tilsvarende fordeling fra Tjekkiet var 79 % haver/bebygget, 5 % græsmarker, 4 % majs, 3 % raps, 2 % veje og vejsider, 3 % andet.

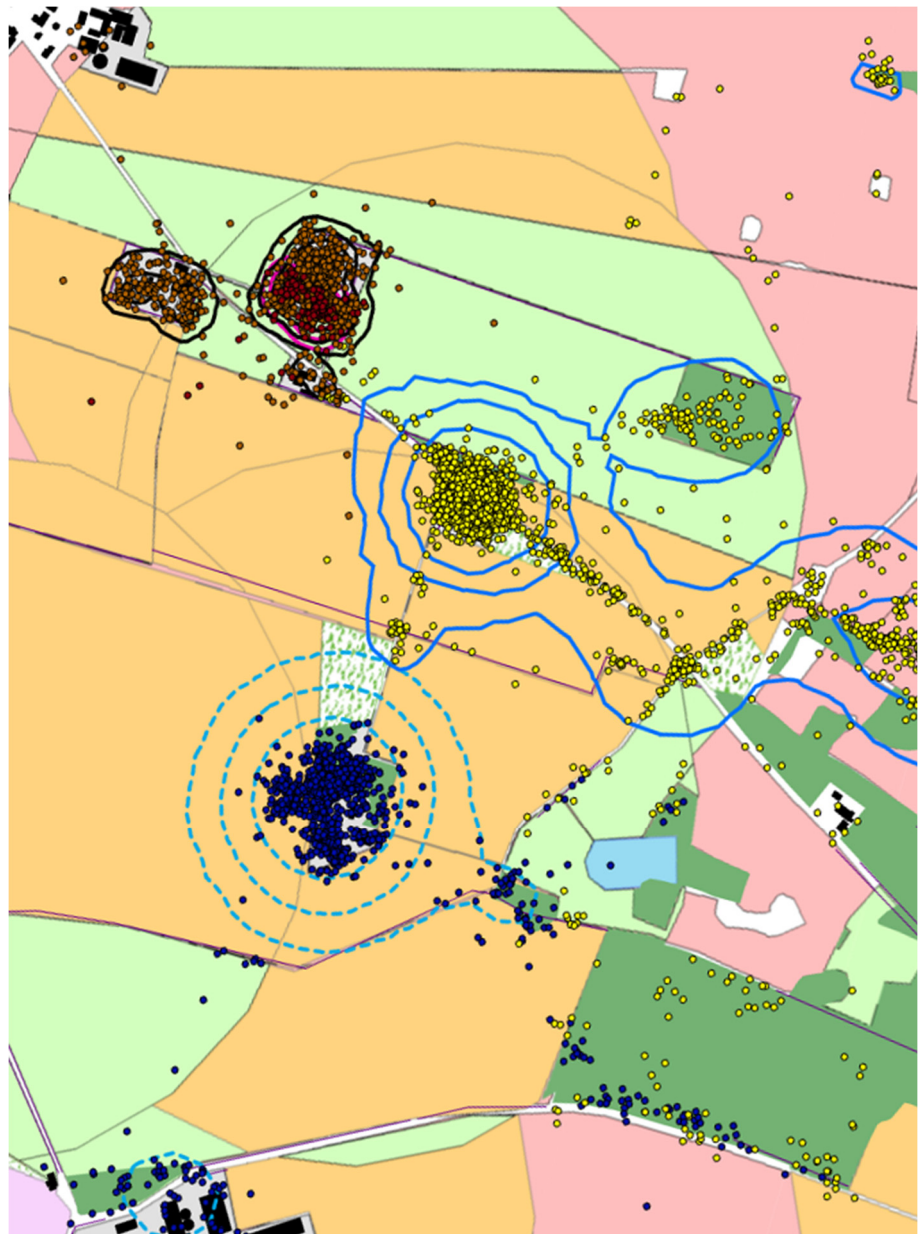
Både i Danmark og Tjekkiet opholdt begge køn sig forholdsmæssigt oftere i haver og bebyggede arealer og mindre på marker med kornafgrøder end dækningsgraden tilsagde ($p < 0,01$, Figur 15). Dette gjaldt ikke kun inden for redens umiddelbare nærhed, men også for afstande over 100 m fra reden (Figur 15). I begge lande brugte ugleterne afgræssede arealer i samme forhold som de var tilgængelige. Hanner i begge lande undgik rapsmarker, mens hunner brugte rapsmarker mere end tilgængeligheden tilsagde (i det omfang der var rapsmarker inden for deres leveområder).



Figur 15. Fordeling af GPS-positioner, relativ tilgængelighed af forskellige typer habitater og afgrøder, samt kirkeuglers brug af disse delt på afstandsintervaller fra reden for henholdsvis Tjekket (CZ) og Danmark (DK).

Der var dog også forskelle mellem bestandene: Danske kirkeugle-hanner benyttede således majsmarker og skovarealer signifikant mere end tilgængeligheden tilsagde, mens tjekkiske hanner undgik disse. Alle ugler, bortset fra Tjekkiske hunner, selekterede for skel. Danske hanner brugte endvidere vejkanter mere end tilgængeligheden tilsagde (Figur 15, 16).

Figur 16. Natlige GPS-positioner af tre kirkeuglehanner og en hun (Øverst til venstre: Lyserøde prikker og polygoner, som er delvist dækket af hannens observationer [brune pletter]), indikeret med forskellig farve. Polygonerne indikerer grænserne for de enkelte uglers samlede aktivitetsområder (alle nætter) i forhold til at? indramme 95%, 75% og 50% af GPS-positionerne. Baggrundsfarverne indikerer habitattype (mørkegrøn: skov, lysegrøn: græsmark, sennepsfarve: afgrøde, grønskraveret: afgræsset, lysegrå: haver/bebygget, rosa: ikke-kategoriseret dyrket areal).



5.4 Diskussion og konklusion

Da loggerne kun registrerer positioner under åben himmel, repræsenterer de registrerede data fuglenes positioner og adfærd når de var aktive uden for bygninger. Generelt færre GPS-positioner fra hunner end fra hanner, indikerer at hunner i højere grad end hanner opholdt sig under samme tag som deres redeunger. De estimerede kønsforskelle i gennemsnitlig arealbrug og afstand fra reden er derfor konservative i forhold til virkeligheden.

Væsentligt større leveområder, fourageringsafstande og tilbagelagte afstande per time peger entydigt i retning af, at det først og fremmest er hannerne som er ansvarlige for at tilvejebringe føde til ungerne. I så henseende svarer arbejdsdelingen mellem kønnene hos kirkeuglen til den generelle arbejdsdeling man har observeret hos andre arter af ugler, hvor det gennemgående altid er hannen som tilvejebringer hovedparten af føden gennem hele yngletiden (Eldegård & Sonerud, 2012; Sunde et al., 2003). Da hunnens yngleinvestering hos ugler kan være mere afhængig af hvor meget ungerne sult (tigger efter mad) end hannens (Eldegård & Sonerud, 2009, 2010), kan det ikke udelukkes,

at de danske hunners arealbrug ville have været en smule større hvis de danske par ikke var blevet tilskudsfordret.

I forhold til at benytte bevægelsesdata til at tolke kirkeuglers brug af landskabet, er hanners adfærd derfor af særlig interesse. Dette kommer også til udtryk ved at hannernes parametre var mere variable end hunnernes. Dette gælder både individerne imellem, og fra nat til nat og fra time til time for den enkelte fugl. I dette lys giver det derfor god biologisk mening, at det primært var hannernes adfærd som var forskellig fra Danmark og Tjekkiet.

Både sammenlignet med hunner fra Danmark og Tjekkiet og med hanner fra Tjekkiet, fouragerede danske hanner i gennemsnit væsentligt længere væk fra reden, dækkede større arealer og tilbagelagde længere afstande. Dette lader sig vanskeligt tolke på andre måder end at de essentielle føderessourcer var mere spredt beliggende i de danske end i de tjekkiske landskaber. Det er i den forbindelse dog vigtigt at notere sig at set over hele perioden var den gennemsnitlige afstand til reden meget skævt fordelt, idet hannerne i hovedparten af tiden befandt sig inden for 100 m fra reden og kun i en mindre del af deres samlede fødesøgningstid bevægede de sig 500-1500 m væk.

Selv om der ikke findes data på hvilke byttedyr ugleerne jagede i forskellig afstand fra reden, må man ud fra en energetisk betragtning formode, at formålet med de længere fourageringsture har været byttedyr af høj energetisk værdi, i praksis smågnavere. Før GPS-data kan kobles med kameraregistreringer af hvilke typer bytte som bringes til reden fra hvilke afstande og habitattyper, er dette dog kun formodninger.

Det forhold at hanner trods jævnlige udflugter tilbragte hovedparten af natten inden for 1-200 m fra reden, som de i gennemsnit besøgte 1,7 gange i timen, kunne tyde på at de anlagde en blandet jagtstrategi hvor de noget af tiden jagtede smågnavere langt fra reden, mens de på andre tidspunkter ledte efter insekter og regnorm.

I forhold til habitattyper, bekræftede denne undersøgelse tidligere resultater som har vist at kirkeugler i yngletiden tilbringer meget tid i haver og omkring bygninger, mens arealer med kornafgrøder kun sjældnere opsøges (Šálek & Loevy, 2012; Sunde et al., 2014). Da haver og bygninger bliver benyttet langt mere end arealandelen tilsiger, også på lang afstand af reden, må dette skyldes at haver og bygninger ikke kun tjener som redelokalitet, men også tjener et fødesøgningsmæssigt formål.

At danske kirkeuglehanner også selekterer for markskel og vejkanter, giver god biologisk mening, idet markskel formentlig huser flere byttedyr, og samtidigt tilbyder siddepladser under jagt. Veje og vejrabatter tilbyder eksponeret bytte, ikke mindst i fugtigt vejr, hvor regnorm formentlig er hovedbytte. Selektion for denne type lineære landskabsparametre har ikke tidligere kunnet påvises i danske telemetriundersøgelser (Sunde et al., 2014), men kan givetvis tilskrives den langt større mængde præcise datapunkter som GPS-teknologien tilvejebringer sammenlignet med tidligere, VHF-baserede undersøgelser.

At skov blev foretrukket af danske hanner er mere overraskende. Kirkeugler undgår normalt skovhabitater for at undgå prædation fra den større natugle (Michel et al., 2016), således som det også blev bekræftet i den tjekkiske del af undersøgelsen. Når danske kirkeuglehanner alligevel prioriterede skovbevoksninger, må det skyldes bedre muligheder for at søge føde trods øget prædationsrisiko.

Når danske majsmarker blev foretrukket, mens det modsatte var tilfældet i Tjekkiet, skyldes det formentlig at de danske majsmarker fortsat fremstod med blottet jord med meget små majsplanter i juni, mens undersøgelsen pågik, mens de i Tjekkiet udgjorde tætte bevoksninger.

Bidragydere til dette kapitel: Martin Mayer (dataanalyse og tekst), Martin Šálek (feltarbejde i Tjekkiet), Lars Bo Jacobsen (feltarbejde i Danmark), Frej J. Lindhøj (digitalisering af GIS-kort), Anthony D. Fox (planlægning og udførelse af feltarbejde) & Peter Sunde (planlægning og udførelse af feltarbejde, analyser og tekst).

6 Opsamling og konklusion

Dette projekts resultater kan sammendrages som følger:

- Danske kirkeugler lever af et bredt byttedyrsspektrum i yngletiden, med regnorm (47%) og smågnavere (28 %) som væsentligste fødekilder, og med insekter som supplement (19 %). I forhold til referencebestanden i Slesvig-Holsten, hvor 89% af fødemængden stammede fra pattedyr, og tidligere publicerede undersøgelser (inklusiv Jylland i 1970'erne) må den estimerede biomasseandel af pattedyr i danske kirkeuglers føde betegnes som værende i den lave ende, hvorimod andelen af regnorm var høj.
- Danske kirkeuglers fødeandel af markmus, både total set og i forhold til andre pattedyrarter, er meget lav sammenlignet med udenlandske undersøgelser og en fødeundersøgelse fra Danmark i 1970'erne. Da kirkeuglers ynglesucces i udlandet er positivt korreleret med en høj fødeandel af markmus, er det derfor nærliggende at pege på fraværet af småpattedyr, navnlig markmus, som en væsentlig medvirkende årsag til kirkeuglers ringe ynglesucces i Danmark uden kunstig fodring.
- Undersøgelser af byttedyrtætheden i nuværende og tidligere kirkeuglerevire i Himmerland og Slesvig-Holsten, viste at tætheden af jordløbende insekter var knap dobbelt så høj i Himmerland som i Slesvig-Holsten, mens tætheden af smågnavere (både ægte mus og markmus) var 2-18 gange lavere. Dette resultat underbygger også, at dårlig ynglesucces i Danmark er relateret til lav tæthed af smågnavere snarere end til lav tæthed af insekter.
- Både i Danmark og i Slesvig-Holsten var tætheden af større jordløbende insekter i haver på højde med eller højere end på afgræssede flader. Dette indikerer at haver er mindst lige så rige på hvirvelløse dyr som (intensivt) afgræssede arealer.
- På tværs af studieområder, var tætheden af småpattedyr i revirer som var beboet af kirkeugler markant reduceret i umiddelbar nærhed af de bygninger hvor kirkeuglerne havde rede, sammenlignet med ude i terrænet. Dette indikerer, at forekomst af kirkeugler reducerer tætheden og/eller aktiviteten af smågnavere omkring redestedet. Man kan derfor formode at hunnen, som primært opholder sig inden for 50 m afstand fra reden, i al hovedsag lever af og fanger hvirvelløse dyr, mens det påhviler hannen at skaffe smågnavere længere borte fra reden.
- Landskabet omkring kirkeuglereder i Slesvig-Holsten, havde en dobbelt så høj tæthed af forskellige habitatflader (polygoner) og tre gange så mange levende hegn som i Himmerland. De levende hegn var desuden gennemgående bredere, tættere og bestod af ældre træer end i Himmerland. Dermed understøtter landskabet i Slesvig-Holsten formentlig tættere bestande af småpattedyr. Den større mængde af levende hegn yder formentlig også flere jagtmuligheder for kirkeugler i form af siddeposter og relativt prædationssikre bevægelseskorridorer i dagslys og tussmørke end de danske landskaber. En højere tæthed af græssende husdyr i Slesvig-Holsten kan muligvis også virke fremmende for smågnavere i form af tilgang til spildfoder.

- Fire femtedele af alle natlige GPS-positioner af danske kirkeugler befandt sig inden for 100 m fra reden. GPS-mærkede kirkeuglepar i Danmark udviste en udpræget grad af arbejdsdeling, hvor hannen opholder sig væsentligt længere fra reden, dækker større arealer og tilbagelægger længere distancer, hvor hunnen normalt opholdt sig mindre end 50 m fra reden, ofte under tag.
- Ti gange større aktivitetsområder for danske kirkeuglehanner end for hanner i Tjekkiet, tyder på at byttedyrtætheden (formodes at være smånavere) er lavere i Danmark end i Tjekkiet. Det forhold, at danske, men ikke tjekkiske, kirkeuglehanner jagede i skov, hvilket er forbundet med forøget prædationsrisiko fra natugler, peger også i retning af at danske kirkeugler 'manglede' egnede jagtområder i det mere åbne landskab.
- Ynglende kirkeugler i både Danmark og Tjekkiet tilbragte over halvdelen af tiden i haver og bebyggede arealer, og benyttede disse arealer langt mere end dækningsgraden tilsagde. Dette gjaldt også haver og bebyggede arealer flere hundrede meter fra reden. Dette tyder entydigt på at haver og bebyggede arealer i begge lande er vigtige fødesøgningsområder for kirkeugler.
- Både i Danmark og i Tjekkiet blev markskel og vejkanter brugt mere end dækningsgraden tilsagde. Gennemgående bekræfter dette, at heterogenitet og kantzoner er vigtige for kirkeuglers fødesøgning.

Ovenstående resultater peger tilsammen i retning af, at danske kirkeuglers primære fødeproblem i yngletiden er mangel på småpattedyr. I den forbindelse kan især markmus være en nøgleart.

Derimod er der ikke dokumentation for at mangel på insekter skulle være den primære årsag til dårlig reproduktion hos danske kirkeugler. Når dette er sagt, skal man dog ikke betragte insekter som uvigtige, idet de ud over at udgøre 19 % af det estimerede energiindtag, udgør et forudsigeligt fødegrundlag i de perioder, hvor regnorm ikke er tilgængelige (dvs. i tørkeperioder) og de nætter hvor smånavere ikke lige lader sig fange. Ved at udgøre 85 % af alle leveranser af naturlige byttedyr, er insekter formentlig vigtige som 'baggrundsfoeder' mellem de mindre hyppige leverancer af større byttedyr. I mange tidlige undersøgelser (før 1950) fra Centraleuropæiske kirkeuglebestande, fremhæves insekter i almindelighed og oldenborrer i særdeleshed som en meget vigtig fødekilde for kirkeugler i yngletiden, lige som et nyligt studie i Tyskland også fandt højere ynglesucces hos kirkeuglepar som havde en høj og taksonomisk bredt sammensat fødeandel bestående af store insekter (Grüebler et al., 2018). Lavere forekomst af jordløbende insekter i gylp fra landskaberne i Slesvig-Holsten såvel som i Danmark, kan derfor også tolkes således, at der har været en tilsvarende historisk forarmelse af insektfaunaen i Slesvig-Holsten som Danmark, men at det ikke har haft samme negative effekt på kirkeuglebestanden i Slesvig-Holsten på grund af den højere bestandstæthed af smånavere.

Et godt kirkeuglerevir skal derfor understøtte et bredt bestandsgrundlag og habitatmæssig tilgængelighed af alle tre fødetyper (smånavere, regnorm og insekter), hvilket opnås ved en høj grad af heterogenitet, som tilgodeser alle tre byttedyrstyper og tilgængeligheden af disse (Apolloni et al., 2018; Michel et al., 2017; Sunde et al., 2014).

At haver og bebyggede arealer i både Danmark og Tjekkiet udgør den mest benyttede arealtype, også selvom de ligger på lang afstand af reden, indikerer at denne kulturbiotop er særlig værdifuld som fødesøgningshabitat. Et godt bud er, at haver og bebyggede områder dels understøtter bestande af alle tre fødetyper (pattedyr, regnorm og insekter), dels at byttedyrene er tilgængelige på de mange åbne flader, samtidigt med at bygninger og træer tilbyder udsigtsposter under jagt og tilflugtssteder mod fjender (andre rovfugle og ugler).

Behovet for dækning og tilflugtsmuligheder under jagt skal i den forbindelse ikke negligeres, idet kirkeugler i yngletiden gerne jager i dagslys og skumringsperioder (som i Danmark dækker mere end 75 % af døgnets længde i juni), men er tvunget til at holde sig i dækning af hensyn til prædationsrisiko fra dagrovfugle (Bock et al., 2013).

I Mellemeuropa betragtes frugtlunde ("orchards") som det optimale og mest foretrukne kirkeuglehabitat, fordi denne landskabstype både tilbyder en rig og divers byttedyrsbase og yder uglerne jagtposter, ly og beskyttelse i form af hule træer (Apolloni et al., 2018; Gottschalk et al., 2011; Gruebler et al., 2014).

Levende hegn, gerne med ældre træer, tilbyder givetvis samme kombination af skjul og jagtposter for kirkeugler samt levesteder for bytte, først og fremmest smågnavere. Det forhold at danske kirkeuglehanner præfererede markskel (herunder levende hegn) indikerer at træer og levende hegn selv om natten er vigtige fødesøgningshabitater for kirkeugler.

Der er da også grund til at antage, at den væsentlig højere tæthed af småpattedyr i Slesvig-Holsten end i Himmerland for stor dels vedkommende kan forklares ved en større tæthed (og højere kvalitet) af levende hegn. Ud over at udgøre levesteder i sig selv, navnlig om vinteren, har markskel og levende hegn en positiv effekt for småpattedyr i agerlandskaber ved at udgøre spredningskorridorer (Bonnet et al., 2013; Rodriguez-Pastor et al., 2016; Santamaria et al., 2019).

En række udenlandske undersøgelser har udpeget studsmus, navnlig sydmarkmus, som en væsentlig fødekilde for kirkeugler i almindelighed, og en forudsætning for høj ynglesucces (Apolloni et al., 2018; Šálek et al., 2010; Van Nieuwenhuyse et al., 2008). Dette stemmer også overens med at markmus udgjorde 89 % af kirkeuglers bytte af landpattedyr og over 80 % af den samlede biomasse af byttedyr i Slesvig-Holsten i 2019, hvor bestanden havde rekordhøj ynglesucces med 3,4 udføjne unger per ynglepar (Nummsen, 2020). I den sammenhæng, er det tankevækkende at markmus i Danmark, 2011-20 kun udgjorde 30-40 % af alle pattedyrrester i kirkeuglegylp, svarende til omkring 10 % af byttedyr-biomassen. Til sammenligning udgjorde markmus 75 % af pattedyrresterne i kirkeuglegylp i Østjylland i 1970'erne (Laursen, 1981). Tilsammen peger dette i retning af, at lav tilgængelighed af markmus kan være en væsentlig årsag til lav ynglesucces for kirkeugler i moderne danske landbrugslandskaber.

Markmus foretrukne habitat er arealer med græs, hvor de danner gange under græstørven. De lever af friske plantedele, herunder græsskud. Mens den almindelige markmus foretrækker høj græsvegetation med gammelt græs fra året før, trives sydmarkmus bedre med kortere og friskere græs. Begge arter er territoriale og stedfaste året rundt, og tåler dårligt omdrift/pløjning af deres levesteder. Derfor er tilstedeværelse af levesteder med høj kontinuitet (fx i form af brak eller flerårige afgrøder som lucerne) og spredningskorridorer

vigtige (Bang et al., 1978; Bonnet et al., 2013; Rodriguez-Pastor et al., 2016; Santamaria et al., 2019).

I betragtning af den store fødeandel markmus udgjorde i Slesvig-Holsten, kan det umiddelbart undre, at dækningsgraden af brak og permanent græsareal ikke var større i kirkeugleterritorier i Slesvig-Holsten end i Danmark. Et muligt bud på hvorfor markmus, ud fra diætandelen at dømme, alligevel var langt mere almindelig i Slesvig-Holsten end i danske kirkeuglerevire, er derfor den højere tæthed af markskel, idet bestandstæthed af (syd)markmus i dyrkede landskaber korrelerer positivt med tæthed og længde af marskel (Bonnet et al., 2013; Delattre et al., 2009; Rodriguez-Pastor et al., 2016; Santamaria et al., 2019) og blomsterstriber (Briner et al., 2005).

Det skal dog også nævnes, at sydmarkmus, som er den hyppigste markmusart i Centraleuropa, og kirkeuglens vigtigste bytte i disse områder, er forholdsvist sjældnere forekommende i Danmark sammenlignet med alm. markmus (også kaldet nordmarkmus). I Danmark forekommer sydmarkmus således kun i Jylland, hvor den er mest udbredt i Sønderjylland, og stort set fraværende fra Himmerland og videre mod nord (Baagøe & Jensen, 2007).

Pga. deres mere åbne levesteder, regnes sydmarkmus som nemmere bytte for rovfugle end alm. markmus (Baagøe & Jensen, 2007). I Laursens (1981) undersøgelse af uglegylp fra Østjylland i 1970'erne var der således en stort set ligelig fordeling af sydmarkmus og alm. markmus blandt de markmusrester som kunne artsbestemmes (46 sydmarkmus, 41 alm. markmus) selv om alm. markmus er mere udbredt og hyppigere forekommende i Østjylland end sydmarkmus (Baagøe & Jensen 2007).

Den forholdsmæssigt lavere andel af markmus blandt pattedyr i gylp fra Himmerland i det 21. århundrede end fra Østjylland i 1970'erne, samt diætundersøgelser fra Centraleuropa kan derfor måske delvis forklares med de færre sydmarkmus i Himmerland. Dette kan betyde at kirkeugler i Nordjylland, også før arten blev sjælden, har været mindre afhængig af markmus som fødegrundlag sammenlignet med sydligere kirkeuglebestande. Det samme gælder de nu uddøde kirkeuglebestande på Fyn, Ærø, Tåsinge og Langeland, hvor sydmarkmus aldrig er blevet konstateret.

7 Forvaltningsmæssige implikationer

En række forskellige resultater af denne udredning peger i retning af at småpattedyr, måske især markmus, er den væsentligste fødekilde som danske kirkeugler mangler i yngletiden. Hvis man ønsker at den danske kirkeuglebestand igen skal kunne oppebære en selvopretholdende ungeproduktion uden fodring i yngletiden, er det bedste bud derfor at øge bestandstæthed og tilgængelighed af smågnavere (nok især markmus), samtidig med at der også er en rig og stabil tilgængelighed af regnorm og jordløbende insekter.

Bestandstætheden af smågnavere kan konkret fremmes ved at øge tætheden og længden af markskel og levende hegn, samt forbedre deres kvalitet som levested. Sidstnævnte kan gøres ved at øge deres bredde og dermed areal, dels ved at optimere dem som levesteder, ikke mindst om vinteren, hvor bæreevnen i forhold til smågnaverbestande er lavest ved fx at udlægge ”vildtstriber” bestående af permanent græs langs eksisterende skel. I den forbindelse kan selv små arealer, som det kan være opportunt at tage ud af omdrift, bidrage til at understøtte småpattedyrbestande (Šálek et al., 2020).

I områder hvor sydmarkmus er fraværende, hvilket kan gælde store dele af Himmerland, vil det give mening at rette habitatforbedringstiltag mod den almindelige markmus’ habitatkrav, som i højere grad kræver tæt, højt og gammelt græs. I områder med sydmarksmus foretrækker de yngre og mere åben græsvegetation.

Da kirkeugler søger føde på bare overflader (hårde overflader, blottet jord, kort græs), er det vigtigt samtidigt at maksimere længden (og kvaliteten) af kantzoner mellem byttedyrenes levesteder og de åbne flader hvor kirkeugler fanger sit byttet. Dette gælder formentlig i særlig grad i forhold til kirkeuglers mulighed for at fange markmus, som kun nødtvungent bevæger sig uden for dækning.

I praksis vil dette formentlig kunne opnås ved fx at slå baner gennem arealer udlagt med permanent højt græs eller ved at skabe alternerende striber af afgræssede arealer og permanent græs på delvist afgræssede arealer. Andre positive tiltag vil formentlig være at undlade at bortskaffe kvas og gammelt græs, men derimod lade dette ligge som ly og læ for smågnavere såvel som insekter. Sidstnævnte giver også kirkeugler jagtposter i terrænet og dækning for andre rovfugle. Ud over at fremme tæthed og tilgængelighed af smågnavere burde ovennævnte tiltag også fremme en bred tilgængelighed af regnorm (tilsyneladende vigtigste fødekilde i fugtigt vejr) og jordløbende insekter.

Da kirkeugler under optimale fødeforhold (resultater fra Tjekkiet) opholder sig 90 % af tiden inden for 100 m fra reden og stort ikke bevæger sig mere end 200 m bort, bør det også i Danmark søges at oppebære en tilstrækkelig resourcebase inden for en afstand af 200 m fra reden. Da kirkeugler også i Danmark tilbringer 80 % af udendørstiden inden for 100 m af reden, må habitatfremmende tiltag inden for denne afstand formodes at have særlig stor positiv effekt på kirkeuglernes evne til at skaffe føde på egen hånd.

Da bestandsdynamikken for småpattedyr såvel som større insekter også kan bero på landskabets overordnede sammensætning, fragmenteringsgrad og udnyttelse, skal man også være opmærksom på at landskabets overordnede

struktur uden for kirkeuglernes fødesøgningsområder kan have indflydelse på bestandstætheden af byttedyr inden for hvert enkelt kirkeuglerevir. I det henseende bør et fokus på habitatforbedrende tiltag ikke kun være på de enkelte kirkerevire, men på landskabet generelt.

Da det fortsat ikke vides i hvilken grad bestandene af kirkeuglens byttedyr vil respondere på konkrete habitatforbedrende initiativer, eller hvordan kirkeugler vil respondere på et forbedret ressourcegrundlag, må det anbefales, at effekten af eventuelt iværksatte habitatforbedrende forsøg måles og evalueres. Dette kan fx gøres ved at kombinere GPS-logning med kameraregistrering af hvilke typer bytte som bringes til reden, hvorfra og i hvilke mængder.

Afslutningsvist bør nævnes, at rodenticidbrug (som ikke har været belyst i denne undersøgelse) potentielt set vil kunne have en negativ effekt på kirkeuglens fødegrundlag, samt indebære risiko for sekundær forgiftning (Christensen et al., 2012). Så længe det ikke vides om rodenticidbrug udgør et reelt problem for kirkeuglers fødegrundlag (og sundhedstilstand), kan man derfor ud fra et forsigtighedskriterium argumentere for at brug af rodenticider inden for kirkeuglerevire bør begrænses i det omfang det måtte være praktisk muligt. I den forbindelse kan det fremføres, at kirkeugler tilsyneladende selv er effektive musebekæmpere på de ejendomme, hvor de holder til. Hvis rotter kan bekæmpes med andre metoder end gift, vil utilsigtede forgiftning af de mindre smånavere som er bytte for kirkeugler kunne undgås.

8 Referencer

- Apolloni N, Gruebler MU, Arlettaz R, Gottschalk TK, Naef-Daenzer B, 2018. Habitat selection and range use of little owls in relation to habitat patterns at three spatial scales. *Anim Conserv* 21:65-75. doi: <https://doi.org/10.1111/acv.12361>.
- Bang P, Jensen B, Hvass H, 1978. Danmarks Dyreverden bind 9, Pattedyr I 2. udgave ed. Odense, Danmark: Rosenkilde og Bagger.
- Bock A, Naef-Daenzer B, Keil H, Korner-Nievergelt F, Perrig M, Gruebler MU, 2013. Roost site selection by Little Owls *Athene noctua* in relation to environmental conditions and life-history stages. *Ibis* 155:847-856. doi: 10.1111/ibi.12081.
- Bonnet T, Crespin L, Pinot A, Bruneteau L, Bretagnolle V, Gauffre B, 2013. How the common vole copes with modern farming: Insights from a capture-mark-recapture experiment. *Agr Ecosyst Environ* 177:21-27. doi: 10.1016/j.agee.2013.05.005.
- Briner T, Nentwig W, Airolidi JP, 2005. Habitat quality of wildflower strips for common voles (*Microtus arvalis*) and its relevance for agriculture. *Agr Ecosyst Environ* 105:173-179. doi: 10.1016/j.agee.2004.04.007.
- Baagøe HJ, Jensen TS, 2007. Dansk pattedyratlas, 2. ed: Gyldendal A/S.
- Christensen TK, Lassen P, Elmeros M, 2012. High exposure rates of anticoagulant rodenticides in predatory bird species in intensively managed landscapes in Denmark. *Arch Environ Con Tox* 63:437-444.
- Delattre P, Morellet N, Codreanu P, Miot S, Quere JP, Sennedot F, Baudry J, 2009. Influence of edge effects on common vole population abundance in an agricultural landscape of eastern France. *Acta Theriol* 54:51-60. doi: 10.1007/bf03193137.
- Eldegård K, Sonerud GA, 2009. Female offspring desertion and male-only care increase with natural and experimental increase in food abundance. *P Roy Soc B-Biol Sci* 276:1713-1721. doi: DOI 10.1098/rspb.2008.1775.
- Eldegård K, Sonerud GA, 2010. Experimental increase in food supply influences the outcome of within-family conflicts in Tengmalm's owl. *Behav Ecol Sociobiol* 64:815-826. doi: 10.1007/s00265-009-0898-z.
- Eldegård K, Sonerud GA, 2012. Sex roles during post-fledging care in birds: female Tengmalm's Owls contribute little to food provisioning. *J Ornithol* 153:385-398. doi: 10.1007/s10336-011-0753-7.
- Gottschalk TK, Ekschmitt K, Wolters V, 2011. Efficient placement of nest boxes for the little owl (*Athene noctua*). *J Raptor Res* 45:1-14.

Gruebler MU, Widmer S, Korner-Nievergelt F, Naef-Daenzer B, 2014. Temperature characteristics of winter roost-sites for birds and mammals: tree cavities and anthropogenic alternatives. *Int J Biometeorol* 58:629-637. doi: DOI 10.1007/s00484-013-0643-1.

Gruebler MU, Müller M, Michel VT, Perrig M, Keil H, Naef-Daenzer B, Korner-Nievergelt F, 2018. Brood provisioning and reproductive benefits in relation to habitat quality: a food supplementation experiment. *Anim Behav* 141:45-55. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2018.05.009>.

Guillemain M, Loreau M, Daufresne T, 1997. Relationships between the regional distribution of carabid beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) and the abundance of their potential prey. *Acta oecologica* 18:465-483.

Hansen KF, Rasmussen KK, Marcussen LL, Ahlburg NV, Ørberg SB, 2015. Besøgs- og diætanalyse i yngleperioden hos kirkeugler *Athene noctua* i Danmark. Projekt rapport i kurset "Fugle og Pattedyrs Økologi og Forvaltning", Institut for Bioscience, Aarhus Universitet: Institut for Bioscience, Aarhus Universitet.

Holsegard-Rasmussen MH, Sunde P, Thorup K, Jacobsen LB, Ottesen N, Svenne S, Rahbek C, 2009. Variation in working effort in Danish Little Owls *Athene noctua*. *Ardea* 97:547-554. doi: Doi 10.5253/078.097.0421.

Jacob J, Imholt C, Caminero-Saldaña C, Couval G, Giraudoux P, Herrero-Cófreces S, Horváth G, Luque-Larena JJ, Tkadlec E, Wymenga E, 2020. Europe-wide outbreaks of common voles in 2019. *Journal of Pest Science* 93:703-709.

Jacobsen LB, Chrenková M, Sunde P, Šálek M, Thorup K, 2016. Effects of food provisioning and habitat management on spatial behaviour of Little Owls during the breeding season. *Ornis Fennica* 93:121-129.

Jarošík V, 1989. Mass vs. length relationship for carabid beetles (Col., Carabidae). *Pedobiologia (Jena)* 33:87-90.

King RA, Vaughan IP, Bell JR, Bohan DA, Symondson WO, 2010. Prey choice by carabid beetles feeding on an earthworm community analysed using species- and lineage-specific PCR primers. *Mol Ecol* 19:1721-1732.

Larochelle A, 1990. The food of carabid beetles (Coleoptera: *Carabidae*, including *Cicindelinae*). *Faberies, Supplement* 5:132.

Laursen J, 1981. Kirkeuglens *Athene noctua* fødevalg i Østjylland [Prey of the Little Owl *Athene noctua* in East Jutland]. *Dansk Ornitologisk Forenings Tidsskrift* 75:105-110.

Luna AP, Bintanel H, Vinuela J, Villanua D, 2020. Nest-boxes for raptors as a biological control system of vole pests: High local success with moderate negative consequences for non-target species. *Biol Control* 146:10. doi: 10.1016/j.biocontrol.2020.104267.

Michel VT, Jiménez-Franco MV, Naef-Daenzer B, Gruebler MU, 2016. Intra-guild predator drives forest edge avoidance of a mesopredator. *Ecosphere* 7:e01229-n/a. doi: 10.1002/ecs2.1229.

- Michel VT, Naef-Daenzer B, Keil H, Gruebler MU, 2017. Reproductive consequences of farmland heterogeneity in little owls (*Athene noctua*). *Oecologia* 183:1019-1029. doi: 10.1007/s00442-017-3823-6.
- Murano C, Kasahara S, Kudo S, Inada A, Sato S, Watanabe K, Azuma N, 2019. Effectiveness of vole control by owls in apple orchards. *J Appl Ecol* 56:677-687. doi: 10.1111/1365-2664.13295.
- Nummsen T, 2020. Jahresbericht 2019 Steinkauz. *EulenWelt* 2020:16-23.
- Ottesen N, Sverre S, 2008. Diætsammensætning og habitatbrug hos den danske kirkeugle (*Athene noctua*): University of Copenhagen, p. 59.
- Pagh S, Tjørnløv RS, Olesen CR, Chriel M, 2015. The diet of Danish red foxes (*Vulpes vulpes*) in relation to a changing agricultural ecosystem. A historical perspective. *Mammal Res* 60:319-329.
- Rodriguez-Pastor R, Luque-Larena JJ, Lambin X, Mougeot F, 2016. "Living on the edge": The role of field margins for common vole (*Microtus arvalis*) populations in recently colonised Mediterranean farmland. *Agr Ecosyst Environ* 231:206-217. doi: 10.1016/j.agee.2016.06.041.
- Rogers LE, Hinds W, Buschbom RL, 1976. A general weight vs. length relationship for insects. *Annals of the Entomological Society of America* 69:387-389.
- Šálek M, Loevy M, 2012. Spatial ecology and habitat selection of Little Owl *Athene noctua* during the breeding season in Central European farmland. *Bird Conservation International* 22:328-338. doi: 10.1017/s0959270911000268.
- Šálek M, Riegert J, Krivan V, 2010. The impact of vegetation characteristics and prey availability on breeding habitat use and diet of Little Owls *Athene noctua* in Central European farmland. *Bird Study* 57:495-503. doi: 10.1080/00063657.2010.494717.
- Šálek M, Vaclav R, Sedlacek F, 2020. Uncropped habitats under power pylons are overlooked refuges for small mammals in agricultural landscapes. *Agr Ecosyst Environ* 290:4. doi: 10.1016/j.agee.2019.106777.
- Santamaria AE, Olea PP, Vinuela J, Garcia JT, 2019. Spatial and seasonal variation in occupation and abundance of common vole burrows in highly disturbed agricultural ecosystems. *Eur J Wildlife Res* 65:13. doi: 10.1007/s10344-019-1286-2.
- Sunde P, 2018. Mulighederne for genopretning af den danske kirkeuglebestand. Notat fra DCE - Nationalt Center for Miljø og Energi, Aarhus Universitet p. 13.
- Sunde P, 2021. Bestandsstatus for danske kirkeugler 2019-29, samt afrapportering af fodringsprojekt. Notat fra DCE – Nationalt Center for Miljø og Energi p. 7.
- Sunde P, Bølstad MS, Møller JD, 2003. Reversed sexual dimorphism in tawny owls, *Strix aluco*, correlates with duty division in breeding effort. *Oikos* 101:265-278. doi: 10.1034/j.1600-0706.2003.12203.x.

Sunde P, Thorup K, Jacobsen LB, Holsegard-Rasmussen MH, Ottessen N, Svenne S, Rahbek C, 2009. Spatial behaviour of little owls (*Athene noctua*) in a declining low-density population in Denmark. J Ornithol 150:537-548. doi: 10.1007/s10336-009-0378-2.

Sunde P, Thorup K, Jacobsen LB, Rahbek C, 2014. Weather Conditions Drive Dynamic Habitat Selection in a Generalist Predator. Plos One 9. doi: ARTN e88221.

Thorup K, Sunde P, Jacobsen LB, Rahbek C, 2010. Breeding season food limitation drives population decline of the Little Owl *Athene noctua* in Denmark. Ibis 152:803-814.

van Harxen R, Sterringa G, Streoken P, 2020. Prooiaavvoer Steenuilen beleef de lente Winterswijk 2020. https://www.steenuil.nl/userfiles/pdfs/Prooiaanvoer_Beleef_de_Lente_2020.pdf. (senest besøgt 4. maj 2021)

Van Nieuwenhuyse D, Génot J-C, Johnson DH, 2008. The little owl: conservation, ecology and behavior of *Athene noctua*: Cambridge University Press Cambridge.

9 Bilag

Appendiks 1. Redekamerabesøg med bytte registreret vha. redekameraer fra tre kirkeuglereder (SVJ08: Sydvestjylland 2008, VH08 og VH11: Vesthimmerland (samme redekasse) 2008 og 2011. I to af yngleforsøgene modtog ynglefuglene kunstig foder i form af daggamle kyllinger. Biomasseandele blev beregnet på basis af estimeret vægt for de forskellige byttedyr som angivet.

Bytte på foto	Gram	Lokalitet			Samlet
		SVJ08	VH08	VH11	
Kylling (foder)	30	9	-	9	18
Stor regnorm	8	38	1	25	64
Lille regnorm	2	5	0	4	9
Ikke synligt (antaget insekt)	0,3	92	196	54	342
Lille insekt	0,1	65	11	33	109
Mellemstort insekt	0,1	15	9	46	70
Stort insekt	1	1	19	16	36
Fugleunge	30	0	0	1	1
Frø	15	0	7	0	7
Smågnaver	25	6	5	4	15
sum Total		231	248	192	671
sum uden kylling		222	248	183	653
sum (uden kylling og regnorm)		179	247	154	580

Appendiks 2. Pattedyr fundet i gylp af kirkeugler i Danmark og Tyskland. Forkortelse for regioner ØH=Østhimmerland, VH=Vesthimmerland, ØJ=Østjylland, S-H=Slesvig-Holsten.

Dansk artsnavn	Latinsk artsnavn	Gram	Danmark				Tyskland
			ØH	VH	VH†	ØJ*	S-H
			2019-20	2011	2006-07†	1974-76*	2019
			maj-juli	apr.-sep.	sep.-apr.	hele året	maj-Juli
Markmus sp.	<i>Microtus sp.</i>	25	3	53	10	446	160
Husmus	<i>Mus musculus</i>	20	4	7	17	7	9
skovmus	<i>Apodemus sylvaticus</i>	25	2	39	1	29	0
Halsbåndsmus	<i>Apodemus flavicollis</i>	51	0	1	0	0	0
Ægte mus sp.	<i>Muridae</i>	20	0	0	0	61	0
Brun rotte	<i>R. norvegicus</i>	100	0	0	0	1	0
Dværgmus	<i>Micromys minutus</i>	9	0	13	2	13	3
Vandspidsmus	<i>Neomys fodiens</i>	17	0	0	0	1	0
Alm. Spidsmus	<i>Sorex araneus</i>	9	0	4	2	13	2
Dværgspidsmus	<i>Sorex minutus</i>	4	0	4	0	0	0
Spidsmus sp.	<i>Sorex sp.</i>	6	0	0	0	7	0
Flagermus (lille)	<i>Microchiroptera</i>	8	0	0	0	0	1
Sum			9	121	32	578	174

†Data fra Ottesen & Svénné (2008), *data fra Laursen (1981)

DET BIOLOGISKE LEVEGRUNDLAG FOR KIRKEUGLER I DANMARK

Det biologiske levegrundlag for kirkeugler i Danmark blev udredt ved at sammenligne fødesammensætning, bestands-
tæthed af byttedyr og habitatsammensætning i danske
kirkeuglerevire med kirkeuglerevire i Slesvig-Holsten, hvor
bestanden er stabil. Desuden sammenlignedes fødesøg-
ningsadfærd hos GPS-mærkede danske kirkeugler med
GPS-mærkede kirkeugler i Tjekkiet. Det konkluderes, at dan-
ske kirkeugler i yngletiden mangler naturlige byttedyr, navn-
lig småpattedyr, især markmus. Tiltag som øger tætheden og
tilgængelighed af småpattedyr formodes også at øge antal
og tilgængelighed af kirkeuglens øvrige byttedyr.