

**TARTU ÜLIKOOL  
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT  
ZOOLOOGIA OSAKOND  
LOOMAÖKOLOOGIA ÕPPETOOL**

**Kaisa Telve**

**RAADIO- JA SATELLIIT-TELEMEETRIA  
KASUTAMINE LINNUÖKOLOOGIAS**

Bakalaureusetöö

Juhendaja: PhD Priit Kilgas

**TARTU 2010**

## SISUKORD

1. Sissejuhatus.....	3
2. Telemeetriaseadmed.....	5
2.1. Raadiosaatjad.....	5
2.1.1. Jälgimismeetodid.....	6
2.2. Satelliitsaatjad.....	8
2.3. Raadio- ja satelliitsaatjate kinnitusmeetodid.....	10
3. Telemeetria uurimisprobleemid.....	12
3.1. Isendite liikumised.....	13
3.1.1. Lokaalsed liikumised.....	13
3.1.2. Ränded.....	16
3.2. Isendite ellujäämus.....	19
4. Arutelu.....	21
Kokkuvõte.....	23
Summary.....	24
Tänuavaldus.....	25
Kasutatud kirjandus.....	26

# 1. Sissejuhatus

Linnuökoloogia tegeleb isendite ja liikide omavaheliste suhete ning lindude ja keskkonna vaheliste suhete küsimustega. Uuritud on lindude liikumisi, elukäiku, evolutsiooni ja paljut muud. Paljude küsimuste uurimisel on isendeid sageli vaja pikema aja vältel jälgida. Näiteks lindude rändel, kus täpsete andmete saamiseks on vajalik sage isendi asukoha määramine.

Linnuökoloogilisi uurimusi on traditsiooniliselt läbi viidud, kasutades lindude märgistamiseks ja jälgimiseks alumiiniumist või värvilisest plastikust jalarõngaid, aga ka kaelarihma- või tiivamärgiseid. Need märgised ei pruugi aga alati olla kasutatavad kõigil liikidel või paljude uurimisküsimuste lahendamisel. Märgistele kirjutatud numbrite lugemiseks kaasneb vajadus linde uuringuteks korduvalt kinni püüda, see aga võib põhjustada neile stressi. Samuti suudetakse nende meetoditega määrata ebamäärane kodupiirkonna suurus ning nad ei ole lindude järjepidevaks jälgimiseks kuigi efektiivsed (Adams 1965; Marion & Shamis 1977; Gauthier-Clerc & Le Maho 2001). Kasutatakse ka Doppleri radarit, mis saadab välja elektromagnetilist signaali, mis peegeldub objektidelt tagasi. Nii tuvastatakse enamasti linnuparvede liikumise kiirust ja suunda. Selle meetodi puuduseks on isendite vähene ruumiline eraldatus, mistõttu ei saa täpselt tuvastada linnu liiki (Nebuloni *et al.* 2008). Stabiilsete isotoopide meetod põhineb keskkonnas olevate stabiilsete isotoopide (näiteks vesinik, süsinik, lämmastik) ja linnu kehas (peamiselt sulgedes) olevate samade isotoopide kontsentratsioonide vahelistel seostel. Meetodi abil saab järeldada isendite liikumismustreid, kuid see ei võimalda täpselt määrata linnu asukohta (Whitworth *et al.* 2007; Inger & Bearhop 2008). Telemeetria on tehnoloogia, mis võimaldab uurida kaugelasuvat objekti väga täpselt, nii ajas kui ruumis, raadiosaatjate abil. Seda kasutatakse erinevate loomarühmade, näiteks putukate, imetajate, roomajate, lindude, kalade jms, jälgimiseks (Kenward 2001).

Käesoleva töö ülesandeks on anda ülevaade raadiosaatjate kasutamisest linnuökoloogias. Kõigepealt selgitan üldisi raadiosaatjate tööpõhimõtteid ning annan ülevaate tänapäeval enim kasutatavatest seadmetest ja nende kasutamismeetoditest. Seejärel käsitlen põhilisi linnuökoloogia valdkondi, kus raadiosaatjaid kasutatakse, nagu lindude liikumised kodupiirkonna piires ja rändel ning lindude ellujäämus. Valdcondade

juures toon välja mitmeid näiteid ja selgitan raadiosaatjate kasutusvõimalusi ning võrdlen omavahel erinevaid raadiosaatjate tüüpe. Näiteks, kuidas saab uurida lindude sigimisbioloogiat, haiguste levimist rändel või kodupiirkonna suurust.

## 2. Telemeetriaseadmed

Raadiosaatjaid on alates 1950. aastatest järjest täiustatud (Kenward 2001). Tööpõhimõte seisneb täpselt määratletud sagedusel **raadiosaatja** poolt elektromagnetilise signaali kiirgamises, mis võetakse vastu **antenniga**. Linnutelemeetria uuringutes kasutatakse kõige enam *Adcock H* ja *Yagi* antenni (Whitworth *et al.* 2007). Kasutatava antenni valik sõltub selle suunatundlikkusest ja teisaldatavusest. Suunatundlikkus seisneb antenni võimes ära tunda vaid kindlasuunalisi signaale. *H* antenni tunneb ära vaid lähedalasuvaid tugevaid signaale, mistõttu on tal halvem tundlikkus kui *Yagi-1*, aga ta on väiksem ja lihtsam kasutada. *Yagi* antenn võimaldab vastu võtta ka kaugemaid signaale ja tal on parim suunatundlikkus, võrreldes kõikide tavaliste telemeetria antennidega, kuid ta on väga kohmakas. (Thorup *et al.* 2007; Whitworth *et al.* 2007) Antenn on koaksiaalkaablite abil ühendatud antud sagedusele häälestatud **vastuvõtjaga** (Resources Inventory Committee 1998). Vastuvõtja ülesanne on saadud signaali võimendada nii, et see oleks uurijale läbi **kõrvaklappide** kuuldav. Raadiosaatjad töötavad kas patareil või päikeseenergial. Linnutelemeetria uuringutes kasutatakse **VHF** (*Very High Frequency*) ehk väga kõrge sageduse ja **UHF** (*Ultra High Frequency*) ehk ultra-kõrge sagedusega raadiosaatjaid (Kenward 2001). **UHF** raadiosaatjate pika saateulatuse tõttu on nad kombineeritud orbitaalsatelliitide süsteemiga ning seetõttu käsitletakse neid käesolevas töös edaspidi kui satelliitsaatjaid.

### 2.1. Raadiosaatjad

**VHF** raadiosaatjate sagedus jääb 30-300 MHz vahele ning saateulatus on piiratud 0,1-25 km peale (sõltuvalt saatja suuruselt ja jälgimismeetodist). Nende saatjate puhul on piiratud ka linnu asukoha määramise täpsus, mis jääb vahemikku 5-1000 m. **VHF** saatjate eluiga võib vastavalt kasutatava saatja suuruselt ja jälgimismeetodile jääda mõnede päevade ja kuude vahele (Resources Inventory Committee 1998; Whitworth *et al.* 2007). See piirab nende kasutamise pikkade perioodide vältel, näiteks lindude rände uurimisel.

*VHF*-id kaaluvad 1-12 grammi ning neid saab kasutada vaid üle 20 grammi kaaluvatel lindudel, sest raadiosaatja ei tohiks ületada 2-5 % isendi kehamassist. Vastasel korral võib see hakata segama linnu elutegevust ja avaldada negatiivset mõju sigimise edukusele või ellujäämusele (Whitworth *et al.* 2007). *VHF* raadiosaatjate tüüpe on mitmeid. Väikestel värvulistel on võimalik kasutada *PIP* saatjaid, mis kaaluvad 0,43-0,64 g (Hansbauer & Pimentel 2008). Samuti kasutatakse väikeste lindude puhul passiivselt integreerunud transpondereid (sisaldavad automaatsaatja-vastuvõtja komplekti) *PIT*-e (*Passive Integrated Transponder*). *PIT*-id on pika elueaga, sest saavad oma energia vastuvõtja antennist tulenevast elektromagnetilisest väljast (Kenword 2001). Samas on neil lühike saateulatus (alla 1 m) ning seetõttu kasutatakse neid lindudel, kellele uurija saab hiljem otsides väga lähedale liikuda. Eelistatult kasutatakse *PIT* raadiosaatjaid kaldaäärsete lindude uurimiseks (Warnock & Takekawa 2003).

### **2.1.2. Jälgimismeetodid**

Raadiosaatja saateulatus mõjutab signaali leidmiseks tehtava töö hulka, seega tuleb isendite liikumisel suurel maa-alal *VHF* saatjatega lindude otsimisel näha rohkem vaeva. Raadiotelemeetria jälgimisvaatlused viiakse erinevate meetoditega läbi kas maapinnal või õhus (Whitworth *et al.* 2007).

Maapinnal toimuvad vaatlused viiakse läbi kas jalgsi või autoga. Jalgsimeetodil jälgides kasutatakse *Yagi* või *H* antenni, sõidukitel jälgides kasutatakse sõidukitele paigaldatud mastidel ainult *Yagi* antenni. Raadiosaatjaga märgistatud linnu asukoha määramiseks on kaks võimalust (Whitworth *et al.* 2007).

Sihtimismeetodil järgnetakse signaalile selle tugevnemise suunas kuni uurimisobjekt on silmale nähtav. Meetod võib põhjustada linnu jälgimisel saadavate andmete ebatäpsust, sest uuritava isendi käitumine võib inimese juuresolekul olla häiritud (Resources Inventory Committee 1998).

Triangulatsiooni meetodil kasutatakse kahte antenni ning leitakse kahest erinevast paigast tugevaimate signaalite kursid. Kursid kantakse joontena geograafilisele kaardile ning saadud joonte ristumispaik viitab umbkaudselt uuritava linnu asukohale. Kuna

antenni suunatundlikkus on ebatäpne, on kindlam leida kolm või neli kurssi, mis annavad isendi täpsema asukoha (Whitworth *et al.* 2007). Triangulatsiooni meetodi kasutamisel häiritakse lindu vähe, kuna uurija paikneb kaugel ning asukoha leidmiseks ei ole vaja lindu silmata. Negatiivseks pooleks on ebatäpsema tulemuse saamine (Thorup *et al.* 2007).

Õhuvaatlused viiakse läbi lennukil. Kasutatakse ühte vastuvõtjat, mis on kinnitatud kahele erisuunalisele antennile, mis kinnituvad kumbki lennuki eri küljele. Enamasti kasutatakse *Yagi* antenni. Signaali kuulatakse läbi kõrvaklappide, et tuvastada, kummalt poolt lennukit signaal tuleb (Whitworth *et al.* 2007). Seejärel määratakse raadiosaatja asukoht signaali tugevuse järgi, mis peab olema võrdne lennuki mõlemal küljel (Thorup *et al.* 2007).

Õhuvaatlused on suure signaalivastuvõtu ulatusega, kuid saadavad linnu asukohad on ebatäpsemad ja uuringud ise on kallimad. Seevastu maapinnal toimuvad vaatlused annavad täpsemaid tulemusi, tihti võimaldavad jälgida märgitud lindu pikemat aega ning on vähem kulukad. Vastuvõtu ulatus on neil aga palju piiratum. Õhu- ja maavaatluste kombinatsioon on tihti kõige efektiivsem ja hinnalt tulusaim jälgimise strateegia. Sellisel juhul määratakse õhust signaali umbkaudne asukoht ja maapealt täpsustatakse signaali asukohta või liikumist (Whitworth *et al.* 2007).

## 2.2. Satelliitsaatjad

Teist tüüpi raadiomärgised on *UHF (Ultra High Frequency)* raadiosaatjad, mille sagedus jääb vahemikku 300-3000 MHz. *UHF*-ide signaal võetakse vastu orbitaalsatelliitidega, mistõttu nimetatakse neid ka satelliitsaatjateks. Kuna nende saateulatus on piiramatult, siis saab satelliit-telemeetria abil salvestada isendite asukohad automaatselt kõikjal maailmas. *UHF* saatjate eluiga on pikem kui *VHF*-idel ning võib vastavalt saatja suurusele ja uurimismeetodile varieeruda kuudest aastateni (Sutherland *et al.* 2004; Whitworth *et al.* 2007).

Praeguseks on välja töötatud platvormi terminaalne vastuvõtja *PTT (Platform Transmitter Terminal)* ja globaalne asukohamääramissüsteem *GPS (Global Positioning System)* (Whitworth *et al.* 2007). *PTT* (Resources Inventory Committee 1998) ja *GPS* vastuvõtja saab ühendada *ARGOS*-e süsteemiga. See põhineb satelliitide kasutamisel ning annab hinnangu raadiosaatja geograafilisest paiknemisest ja ka selle vastuvõtjate poolt tagatud tehnilistest andmetest (näiteks atmosfäärirõhk, aktiivsus, temperatuur) kõikjal maailmas (Meyburg & Meyburg 2007). Võimalik on kasutada ka *PTT* raadiosaatjaid, milles on samaaegselt kombineeritud *ARGOS*-e ja *GPS* süsteem. Niimoodi kogub satelliitide võrgustik *PTT* poolt salvestatud andmed ja vahendab need töötlemiseks maapinnal asuvasse jaamadesse (Cadahía *et al.* 2010).

Kõige väiksemad *PTT*-d kaaluvad 12-18 g ning neid saab kasutada liikidel, kelle isendid kaaluvad üle 500 g, näiteks väikesed pardid ja kajakad. *PTT* kasutamisel leitakse linnu asukoht umbes 100-200 m täpsusega (Resources Inventory Committee 1998; Whitworth *et al.* 2007).

*GPS*-ide kasutamine on piiratud nende suuruse, raskuse ja akude kestvusega (Meyburg & Meyburg 2007). *GPS* saatjad kaaluvad keskmiselt 30-60 g ning neid saab kasutada suurte linnuliikide puhul, kelle isendid kaaluvad 1 kg või rohkem, näiteks haned ja luiged (Whitworth *et al.* 2007). *GPS* saatja määrab oma asukoha ise ~10-20 meetri täpsusega (Meyburg & Meyburg 2007; Whitworth *et al.* 2007). Satelliitseadmed arvutavad isendi paiknemiskoha, põhinedes ajale, mis kulub signaali vastuvõtuks (Cooke 2008). Signaal trianguleeritakse vähemalt 3-26-lt võimalikult satelliidilt ning linnu asukoht saadetakse automaatselt arvutisse (Resources Inventory Committee 1998). *GPS*'i



võib programmeerida koguma andmeid regulaarsete intervallide tagant (Meyburg & Meyburg 2007). See võimaldab vaid ühel asukoha määramisel saada kätte mitmete nädalate jooksul kogutud info (Resources Inventory Committee 1998). Sõltuvalt erinevatest faktoritest (meteoroloogilised tingimused, elektromagnetilised lained jms) varieerub ka vastuvõetud teadete arv. See võimaldab uurida mitmeid parameetreid, mida enne satelliitsaatjate kasutuselevõttu oli peaaegu võimatu teha, näiteks territooriumi suurust, käitumist rändel, kõrgust, lennu suunda ja kiirust.

## 2.3. Raadio- ja satelliitsaatjate kinnitusmeetodid

Isendi märgistamiseks **raadiosaatjatega** on mitmeid võimalusi. Kõige tihedamini kinnitatakse saatja isendi jalale, seljale, kaelale või sulgedele. Raadiosaatjate linnu kehale kinnitamiseks kasutatakse rihmasid, nõõre, haavaniite või adhesiivseid (kleep-) aineid (Marion & Shamis 1977; Whitworth *et al.* 2007).

**Jalarõngastele** kinnitatuna on *VHF* saatjad hästi kinni hoitud, kuid võivad esineda probleemid ülekande ulatusega (Whitworth *et al.* 2007).

Linnu **sabasulgedele liimitud** või **õmmeldud** raadiosaatja püsib seal senikaua kuni lind sulgides oma vanad suled maha heidab. Sabale saab saatjaid kinnitada vaid teatud liikide puhul, kelle elutegevust see ei häiri. Näiteks rähnidele selline kinnitusmeetod ei sobi, sest antenn võib vastu puud põrkudes puruneda (Gauthier-Clerc & Le Maho 2001).

**Kaelale** kinnitavaid raadiosaatjaid saab kasutada mitte-veelistel keskmistel või suurel lindudel, näiteks jahilindudel (tedred, tuvid, vutid jms). Selle meetodi puhul riputatakse saatja kerge kaetud **kaabli** või **nööri** abil linnu rinnale (Resources Inventory Committee 1998).

Mõningatel juhtudel kasutatakse ka väikeste raadiosaatjate paigutamist **naha alla** või **kehaõõnde**. Selline meetod nõuab veterinaarseid erioskuseid. Kehasisese paigutuse tõttu on selliselt kinnitatud raadiosaatjate saateulatus lühem kui kehapinnale paigutatud raadiosaatjatel. Samas on leitud, et sageli ärritab kehasisene paigaldus lindu isegi vähem kui kehaväline paigaldus (Resources Inventory Committee 1998; Whitworth *et al.* 2007).

*PTT* ja *GPS* **satelliitsaatjaid** saab lindudele kinnitada kas **kaelarihma-** või **seljakotimeetodil** (Whitworth *et al.* 2007). Seljakotimeetodil paikneb satelliitsaatja linnu seljal, lennu ajal paralleelselt maapinnaga. *GPS*-i, erinevalt *PTT*-st, üldiselt kehasse paigutada ei saa, sest kehasein nõrgendab *GPS* saatja signaali. Seepärast ongi enamkasutatavad meetodid *GPS* saatjate kinnitamiseks seotud rihmade kasutamisega. (Lewis & Flint 2008).

Üldiselt püsib nii raadio- kui satelliitsaatja linnul kinnitatuna mõnedest nädalatest kuudeni, kuigi tuleb arvestada asjaoluga, et osa sellest võib juba varem küljest kukkuda (Whitworth *et al.* 2007). Raadio- ja satelliitsaatjate linnule paigaldamisel on oluline ka

uurija vilumus, kuna halvasti paigaldatud saatja võib põhjustada linnule kannatusi või üldse maha kukkuda. Näteks valesti paigaldatud rihmad võivad linnul põhjustada naha marrastust või ärritust, kaalukaotust või muutuseid käitumises ja aktiivsuses (Marion & Shamis 1977). Meetodi valikul tuleb alati silmas pidada linnuliigi eripärasusi. Läbi on viidud uuringuid, mil raadiosaatja oli kinnitatud linnu seljale, kuid ei arvestatud tema õõnsustes pesitsevat eluviisi. Selles uuringus jäi raadiosaatjaga varustatud lind õõnsusesse kinni (Resources Inventory Committee 1998).

### **3. Telemeetria uurimisprobleemid**

Raadio- ja satelliitsaatjaid kasutatakse vastavalt nende saateulatusele erinevate linnuökoloogiliste küsimuste uurimises. Paralleelselt linnu-uuringutega on vaatluse all paremate uurimisvõimaluste arendamine, kasutades üha enam infotehnoloogilisi arendusi (Cooke 2008).

Uuritakse lindude levikut, migratsiooni suunda, sigimist, elupaiga valikut ja selle kasutust, kodupiirkonna suurust, lindude suremust ja ellujäämist (Resources Inventory Committee 1998; Gauthier-Clerc & Le Maho 2001).

## 3.1. Liikumised

### 3.1.1. Lokaalsed liikumised

Käesolevas töös mõistan lokaalsete liikumiste all lindude liikumisi ruumis lühikeste vahemaade taha mingis kindlas piirkonnas. Lokaalse liikumise näiteks oleks amadiinlaste sugukonda (värvuliste selts) kuuluva liigi *Lagonosticta sanguinodorsalis* isendite liikumine nende kodupiirkonnas Amurumi metsa kaitsealal Nigeerias (Brandt & Cresswell 2008).

Lokaalsete liikumiste määramiseks kasutatakse kõige enam *VHF* raadiosaatjaid, sest enamasti uuritakse liikumisi *VHF* saateulatusele vastava suurusega maa-alal. Võimalik on uurida linde ka jalarõngaste, tiiva- või kaelamärgiste abil, kuid need ei anna täielikke tulemusi. Raadiosaatjate abil on võimalik uurida näiteks lindude kodupiirkonna suurust, elupaiga kasutust ja sigimisbioloogiat. Tänu *VHF* saatjate kasutamisele on ilmnunud vajadus luua reservaatide, kus kaitstakse väga mitmete linnuliikide kodupiirkondi. Saatjatega märgistamine on eriti oluline haruldaste liikide puhul, kus iga isend omab suurt looduskaitselist väärtust (Sutherland *et al.* 2004).

#### Kodupiirkonna suurus

Kodupiirkond on ala, mille ulatuses isend või isendite grupp liigub, sealhulgas toitub, puhkab, paljuneb ja otsib peavarju. Kodupiirkonna suurus võib varieeruda soo, vanuse ja aastaaja piires (Burt 1943) ning määrab populatsiooni puhul ka selle suuruse (Doucette 2010). Linnu kodupiirkonna suurust on üldiselt defineeritud kui 95% maa-alast, mida isend kasutab oma elutegevuseks (Lim & Sodhi 2009), kui sinna hulka ei arvestata 5% ebakorrapäraseid liikumisi väljaspool seda ala (Harestad & Bunnell 1979).

Paljude liikide isendid valvavad ja kaitsevad oma kodupiirkonda. Sellise juhul võib nende kodupiirkonna nimetada territooriumiks, kuhu konkurente ei lubata. Territooriumiks kui kaitstavaks osaks võib nimetada kas kogu kodupiirkonda, osa sellest või ainult pesa (Burt 1943). Doucette (2010) viis raadiosaatjatega läbi uurimuse Austraalia õõnesorridest (*Aegotheles cristatus*). Töös leiti, et õõnesorride agressiivne

käitumine tõrjub teisi lindude välja nende kodualalt, millest järeldati, et lindude ustavus oma piirkonnale läbi aasta näitab õõnesorride väga kõrget territoriaalsuse astet.

Raadiotelemeetriat on võimalik kasutada näiteks merelindude ulatuslike liikumiste uurimiseks nende suurtel levilatel. Adams ja Flora (2010) ühendasid raadiotelemeetria ja ookeani skateromeetria (optiline meetod mõõtmaks uurimisobjekti pinnalt peegelduvat energiat). Selle abil leidsid uurijad mitmeid lindude liikumismustrite ja ookeanituulte vahelisi vastastikuseid seoseid. Selgus, et sigimisvälisel hooajal, kui linnul ei avaldu instinkti lennata sigimispaika, on lennu suund rohkem sõltuv päri- ja vastutuultest ning nende tugevusest. Tänu tuulele kestab lennul liuglemine kauem ning võimaldab toiduotsingutel pikemalt maapinda seirata (Adams & Flora 2010)

### Elupaiga kasutus

Telemeetria võib anda väga detailse informatsiooni linnu elupaiga valiku põhjustest ja elupaiga kasutusest kodupiirkonnas. On leitud, et äsja pesast lahkunud noorlinnud valivad oma kodupaiga, nähes selles tulevast sigimisala. Paljudele liikidele on olulised elupaigas leiduvad rikkalikud toitumisvõimalused. See on oluline just rändlindudel rändeks valmistumisel. Määrava tähtsusega on elupaiga kasutuses ka kiskjate rohkus või varjuliste peidupaikade olemasolu. Sõltuvalt linnuliigist, võivad isendid oma elu jooksul mitmeid kordi elupaika vahetada (Resources Inventory Committee 1998; Ciudad *et al.* 2009).

Raadiosaatjate abil on võimalik uurida noorlindude toitumis- ja pesitsuspaikade valikut. Näiteks männimetsades valivad noored rähnid toiduotsinguteks suured ja lagunemisjärgus puud. Valik võib olla tingitud nii surnud puu suuremast diameetrist, võrreldes elavaga, kui ka puu konditsioonist. Vanemates puudes leidub rohkem lüljalgseid ja nende vastseid, mis on lindudele potentsiaalseks toiduks (Ciudad *et al.* 2009).

### Sigimisbioloogia

Sigimisbioloogia kohta informatsiooni kogumine on oluline nii üldökoloogilistes uuringutes kui ka looduskaitstes, et leida efektiivseid kaitsemeetmeid ohustatud liikidele (Sutherland *et al.* 2004). Raadiomärgiste abil saab mõnedel juhtudel kindlaks teha

lindude reproduktiivset jõudlust. Selleks jälgitakse isendi pesalkäimise tihedust ning päevade arvu, mis on kulunud munemisele, haudumisele ja pesa valmistamisele (Paquette *et al.* 1997).

Näiteks Brandt ja Cresswell (2008) uurisid hiljuti avastatud *Lagonosticta sanguinodorsalis* liigist pärit, raadiosaatjatega varustatud lindude käitumist. Ilmnes, et keskpäevase kuumusega hooaegadel kaasnes lindude kodupiirkonna suurenemine, sest suurenes vajadus külastada kaugemal asuvat veekogu. Seetõttu jäid aga pesapaigas munad ja tibud kaitseta. Uurimusest järeldati, et vee kättesaadavus võib seletada nende lindude sigimist vaid hiliste vihmaste ja varaste kuivade aastaegade vahel (Brandt & Cresswell 2008).

### 3.1.2. Ränne

Rändlindudel on erakordsed navigeerimisoskused, mis võimaldavad neil edukalt liikuda talvitumisaladelt sigimisaladele ja vastupidi, läbides sageli mitmeid tuhandeid kilomeetreid (Thorup *et al.* 2007). Rännet ehk migratsiooni võib mõista ka lindude liikumisena erinevate kodupiirkondade vahel suvel ja talvel (Burt 1943). Migratsiooniprotsessi võib jagada puhkeperioodideks, mil täiendatakse energiavarusid, ja lendudeks järjestikuste peatumiste vahel. Paljud lindude rände mehhanismid on siiani ebaselged. Seetõttu on rände uurimine väga populaarne linnuökoloogia uurimisvaldkond, mille küsimustele praegu aktiivselt vastuseid otsitakse (Sutherland *et al.* 2004; Lopez-Lopez *et al.* 2010). Näiteks uuritakse, kuidas paljudel rändlindude liikidel oskavad isendid aastast aastasse täpselt samadesse pesitsus- või talvituspaikadesse tagasi tulla? Samuti uuritakse, kuidas suudavad mõnede liikide isendid oma esimese rände läbida üksinda, ilma kogenud vanalindude juhusteta, ning jõuda ikka oma eesmärgini?

Tavaline lindude märgistamine jalarõngastega annab üsna piiratud teadmised lindude rändeteedest või pesitsus- ja talvitumispaikadest. Samuti teatakse sel teel vähe ka rände vältel toimuvast orientatsioonist. Ka Doppleri radarit on kasutatud rände uurimiseks, kuid see ei tuvasta linnu liiki. Seetõttu on järjest enam hakatud migratsiooni uurimiseks kasutama globaalseid jälgimissüsteeme (Thorup *et al.* 2007). Satelliitjälgimine kergekaaluliste saatjatega võimaldab täpselt kaardistada lindude rändeteed, arvutada migratsiooni kiirust ja peatumispaikades viibimist (Tang *et al.* 2009). See omakorda võimaldab koostada ja salvestada isendite seisundi ülemaailmselt mitmeteks aastateks, mille abil saab tulevikus ka sigimis- ja peatumispaiku kaitsta (Meyburg & Meyburg 2007). Näiteks on satelliitlemeetriat kasutatud Rootsi kalakotkaste (*Pandion haliaetus*) migratsiooni uurimiseks, eesmärgiga tuvastada võimalikke rändeteel esinevaid takistusi (Hake *et al.* 2001).

Praeguste globaalsete- ja keskkonnatingimuste muutustega seoses on oluline detailne arusaamine lindude käitumisest rändel. Rändlinnud kohandavad oma migratsioonilise käitumise vastavalt eriilmelistele maastikele (näiteks metsad, kõrbed, veekogud), mida nad teekonnal ületavad. Samuti võivad väiksemadki muutused keskkonnatingimustes ohtu seada isendite reproduktiivse ajastatuse ja ka



kohanemiskustega lindude elu. Satelliitsaatjatega vahendatud Vahemere pistrikke (*Falco eleonora*) uurides leidsid Lopez-Lopez jt. (2010), et pistrike lennukiirus oli väga madal alati pärast Sahara kõrbe ületamist. Arvatakse, et linnud üritavad läbida paika, kus toitumisvõimalused peaaegu puuduvad, väga kiiresti. Seetõttu kulutatakse nii päeval kui öösel palju energiat kiiresti lendamisele. Edasi oleks vaja uurida, kuidas globaalsed muutused kujundavad rändlindude käitumist.

Telemeetria abil võib hinnata ka biotiliste ja abiotiliste keskkonnategurite mõju liikumismustritele. Näiteks saab uurida lindude mobiilsust talvitumisaladel ning hinnata vanuse- ja sooga seotud erinevusi rändes ja talvistes liikumistes. Kenow jt. (2002) uurisid jääkauride (*Gavia immer*) migratsiooni satelliit-telemeetria abil ning näitasid, kui olulised on lindudele siseveekogud peatumispaikadena. Jääkauride liikumiste uurimine võimaldas muuhulgas tuvastada ka lindude sigimispopulatsioonide regionaalse jaotuse talvitumisaladel.

Moodne satelliit-telemeetria kasutamine võimaldab uurida ka lindude lennu kõrgust. Seda ei ole varasemate meetoditega teha saadud. Praegu on lennukõrgust uuritud riikide (näiteks USA-Mehhiko) vahele ehitatud barjääride tõttu, mis võiksid olla potentsiaalseks takistuseks linnuliikide levimisele (Flesch *et al.* 2009).

VHF raadiosaatjate kasutamine migratsiooni uurimiseks on logistiliselt raske, sest uurija peab linnu asukoha tuvastama, liikudes jalgsi või autoga (vt. pkt. 2.1.2.). See eeldab mitmete uurijate olemasolu erinevates lindude peatumispaikades. Samuti jäävad ligipääsmatud peatumispaigad tavaliselt uurijale teadmata (Whitworth *et al.* 2007).

Praegu väga kiiresti arenev uurimisvaldkond linnutelemeetrias on linnuhaiguste ja migratsiooni vaheliste seoste uurimine. Kõige levinum lindude haigus on linnugripp AI (*Avian Influenza*), mida põhjustab tüüp A gripiviirus *Orthomyxoviridae* perekonnast. Kõrgelt patogeensete linnugripi viiruse tüvedest (HPAIV- *Highly Pathogenic Avian Influenza Virus*) on inimesele kõige patogeensem H5N1 (Whitworth *et al.* 2007). Viiruse tüve tuntakse praegu ka üldise linnugripi nimetuse all ning seda on kõige rohkem uuritud. Siiani ei ole selge, kuidas ja kas viirusepuhangud on seotud nakatatud lindude läbitud vahemaadega.

Esimene H5N1 tüüpi linnugripi puhang leidis aset 2005. aastal. Viirus leiti surnud veelindudest, kes olid saabunud kevadiselt rändelt. See leid lubas oletada, et viirus kantakse edasi rändlindude poolt. Feare'i (2010) läbiviidud uurimus satelliit-telemeetria abil leidis, et nakatatud lindudel esines raskusi läbida lühikesi distantse, kuid üritasid seda teha keskkonnatingimuste halvenedes, ellujäämise eesmärgil. See näitas, et linnud, kel haigus juba avaldunud oli, ei oleks suutnud võtta ette rände kui pika distantssi läbimist. Samas ei ole teada, kas rännet suudavad alustada nakatunud linnud, kel haigus veel avaldunud pole. Tehtud uurimus ei andnud kindlat vastust linnugripi leviku põhjustele, kuid välistas viiruse levimise migratsiooni teel kui peamise põhjenduse. Raadio- ja satelliittelemeetria abil oleks vajalik uurida haiguste levimise põhjuseid edasi (Feare 2010).

### 3.2. Isendite ellujäämus

Isendite ellujäämuse tõenäosus on sageli seotud nii kodupiirkonna ulatuse kui ka elupaigaga ning annab põhilist informatsiooni liigilise populatsioonidünaamika kohta. Uuritakse nii noor- kui vanalindude ellujäämust ja suremuse põhjuseid (Sande *et al.* 2009).

Noorlindudel esineb suremust rohkem kui vanalindudel. See on enamasti tingitud linnupoegadest toituvatest kiskjatest, vanemhoolest, muutuvatest keskkonnatingimustest või toidu kättesaadavusest. Pärast pesast lahkumist ei ole noored kogenud toitu otsima ning võivad paari esimese nädala jooksul nälga surra (Newton 1998).

#### Noorlinnud

Varasemad uuringud on enamasti kasutanud noorlindude ellujäämuse uurimisel linnupoegade märgistamist rõngastamise meetodil. See aga tähendas, et linde tuli kas korduvalt vaadelda või mitu korda kinni püüda. Enamasti tähendas see seda, et andmeid ellujäämuse või sigimiselupaiga valiku kohta saadi järgmisel kevadel, kui pojad tulid ise pesitsema. Tänu kergekaalulistele raadiosaatjatele on aga noorlindude ökoloogia uurimine muutunud ning saatja annab võimaluse uurida linnupoegade käekäiku kohe peale lennuvõimestumist (Naef-Daenzer *et al.* 2001; King *et al.* 2006). Näiteks rasvatihasel (*Parus major*) ja musttihasel (*Parus ater*) on leitud, et enamik poegade lennuvõimestumisejärgsest suremusest toimub kohe esimesel nädalal peale lennuvõimestumist (Naef-Daenzer *et al.* 2001).

Bendel ja Therres (1993) leidsid, uurides raadiosaatjatega loorkakkude (*Tyto alba*) suremuse põhjuseid, et noorlindude tegelik ellujäämus nende esimesel lennul oli vaid ~27%. Ilma telemeetria andmeteta oleks selleks hinnatud ~76%. Mereäärsed kaldapealsed on headeks loorkakkude pesapaikadeks kohtades, kus erinevaid õõnsuseid on vähe, samuti ei ole seal imetajatest kiskjaid ning toitumisalad asuvad lähedal. Raadiosaatjate kasutamisel leiti, et noorlindude suur suremus oli tingitud nende uppumisest esimese lennu ajal, sest maalt puhuv tuul kandis veel lennuoskamatud linnud merre.

## Vanalinnud

Vanalindude ellujäämist on raadiosaatjatega vähem uuritud kui noorlindude oma. Vanalindude ellujäämist mõjutavate faktorite tundmine on äärmiselt vajalik looduskaitseliste tegevuste planeerimiseks (Cooke 2008). Näiteks rändalbatrosside (*Diomedea exulans*) satelliitjälgimine merel seletas ära, miks emaste vanalindude suremus on suurem, võrreldes isastega. Selgus et, emaste toiduotsingud hõlmavad põhjapoolsemaid alasid, võrreldes isastega. See aga tähendas, et emased rändalbatrossid toitusid sageli intensiivsema töendusliku kalapüügi piirkondades, mis suurendas nende riski jääda kinni võrkudesse või neelata alla õngekonks (Weimerskirch *et al.*1997).

## 4. Arutelu

Võrreldes traditsiooniliste lindude märgistusmeetoditega (rõngastamine jne) tekitab telemeetria lindudele vaid minimaalsel määral stressi, sest linde jälgitakse eemalt. Samas võib tekkida probleeme saatjate kinnituste ja paigalhoidmistega, mis võivad linnul põhjustada naha marrastust või ärritust, kaalukaotust või muutuseid käitumises ja/või aktiivsuses (Marion & Shamis 1977). Seetõttu tuleb vastavalt linnuliigile kasutada kõige väiksemat võimalikku raadiosaatjat, mis on uurimustöö mahus õige saateulatusega. Valitud kinnitusmeetod peaks olema kiirelt ja lihtsalt paigaldatav (Whitworth *et al.* 2007) ning saatja peaks linnul püsima piisavalt kaua, et jõuda uurimustöö eesmärkideni (Marion & Shamis 1977). Arvestada tuleb kindlasti ka hinna- kvaliteedi suhet, sest usaldusväärsete erinevuste tuvastamiseks on vaja piisava suurusega valimit (Kenward 2001).

Raadio- ja satelliit-telemeetria kõige suuremaks puuduseks on nende kõrge hind. 2007. aasta seisuga hinnati ühe *VHF* raadiosaatja maksumuseks ~100 USA dollarit, mis praeguste valuutakursside juures oleks *ca* 1200 Eesti krooni ([www.eestipank.ee](http://www.eestipank.ee)). *UHF* saatja maksis 2007. aastal ~3000-4000 USA dollarit, mis oleks praeguste kursside järgi *ca* 36000-48000 Eesti krooni (Whitworth *et al.* 2007; [www.eestipank.ee](http://www.eestipank.ee)). Informatiivsete uuringute läbiviimiseks ja usaldusväärsete andmete saamiseks tuleb aga kasutada mitmeid raadio- ja/või satelliitsaatjaid mitmetel linnuliigi isenditel korraga (Cooke 2008).

Hoolimata saatjate puudustest on raadio- ja satelliit-telemeetria kasutamine linnuökoloogias laialdaselt leviv järjest enamates uurimustöodes. Praegu pidev telemeetriaseadmete miniatursemaks muutmine (Cooke 2008) ja satelliitide üha suurenev vastuvõtutundlikkus lubab saatjaid paigaldada järjest väiksematele linnuliikidele (Gauthier-Clerk & Le Maho 2001). See lubab tulevikus läbi viia veelgi tõhusamaid raadio- ja satelliit-telemeetria uuringuid. Näiteks Naef-Daenzer jt (2005) disainisid raadiosaatja, mis kaalub 0,2 g ning seda saab kinnitada ~4 g kaaluvatele lindudele, näiteks koolibritele (Hadley & Betts 2009).

Satelliit-telemeetria on täpsete andmete saamiseks väga levinud lindude migratsiooni uurimisel, sest selle abil on võimalik jälgida linde, sõltumata nende liikumismustritest ja geograafilisest paiknemisest (Cadahía *et al.* 2010). Satelliitsaatjad

võimaldavad leida lindude täpse migratsioonitee ning rände ajal tehtavad peatumispaigad. Paljude hävimisohus rändlindude liikide puhul on oluline tuvastada nende peatumis-, sigimis- ja talvitumispaigad, et rakendada vastavaid meetmeid looduskaitstes. Rännet on sobivate telemeetriaseadmete puudumisel uuritud enamasti vaid suurte lindude puhul (näiteks kotkad, kajakad). Väikeste lindude (näiteks värvulised) rände kohta on informatsioon siiani puudulik. Migratsioonimehhanismide ja rändeteede uurimine on oluline ka inimeste elutegevuse planeerimisel, sest näiteks linnuparved võivad olla ohuks reisilennukitele (Hake *et al.* 2001).

Raadiotelemeetria abil kogutud andmeid kasutatakse suures ulatuses looduskaitseliste tegevuste planeerimisel. Näiteks kuuluvad väga ohustatud liikide hulka Hawaii metsade linnud nimega Po'ouli (*Melanerpes formicivorus*), keda on praeguseks teadaolevalt alles vaid kolm isendit. Raadiosaatjaid kasutades on leitud nende kodupiirkonnad, mis paiknevad üksteisest üsna kaugel. Kuna allesjäänud isenditest on kaks emased ja üks isane, siis seisavad looduskaitstjad tõsiste väljakutsete ees. Kas jätkata katsetusi viia linde sigimise eesmärgil kokku, uurida nende ökosüsteemi, et leida veel võimalikke loendamata linde, või viia läbi uurimusi nende kahe kombinatsioonist. Senini ei ole emase ja isase linnu kokkuviimisel õnnestunud tekitada neis instinkti pesitseda (Groombridge *et al.* 2004).

Raadiosaatjate kasutamine annab olulist informatsiooni ka populatsioonidünaamika seisukohalt, eriti uurides vanalindude ellujäämist ja suremust. Noorlindude suremus on aga suurem, eriti esimeste nädalate jooksul pärast pesast lahkumist. Seetõttu on seda vanuserühma palju enam uuritud. Suremuse põhjuste teadmine annab informatsiooni vastavas piirkonnas valitsevatest keskkonnatingimustest, sealjuures nii inimese kui looduse poolt tekitatutest. Neid teadmisi on jällegi võimalik rakendada looduskaitstes. Näiteks haugaskotkaste (*Hieraeetus fasciatus*) noorlindude ellujäämise tõstmiseks tuleks rahvusvahelisi ja piirkonnasiseseid koordineeritud tegevusi omavahel kombineerida (Cadahía *et al.* 2010). Samuti võib raadiosaatjate abil koguda informatsiooni antud piirkonnas kiskjate rohkusest, linnuliikide eripärasustest või muust sellisest.

## Kokkuvõte

Lindude jälgimiseks kasutatakse sageli jalarõngaste, tiiva- ja kaelamärgiste või ka stabiilsete isotoopidega märgistamist. Need meetodid aga ei võimalda alati täpset ja järjepidevat isendi jälgimist. Doppleri radari kasutamine võimaldab linnuparvede jälgimist eemalt, kuid tavaliselt ei võimalda see tuvastada linnu liiki. Raadio- ja satelliittelemeetria on alates 1950. aastatest arenenud ja täiustunud. Telemeetria võimaldab isendi järjepidevat jälgimist ja põhjustab linnule suhteliselt vähe stressi, sest iga isend püütakse kinni vaid korra. Linnutelemeetrias kasutatavad raadiosaatjad jagatakse *VHF* või *UHF* saatjateks.

*VHF* saatjate saatekaugus on *UHF*-dega võrreldes lühike ja seetõttu saab neid lindude liikumiste kirjeldamiseks kasutada vaid piiratud ulatuses. *VHF* saatjad võimaldavad uurida lindude kodupiirkonna suurust, elupaiga kasutust ja sigimisbioloogiat.

*UHF* saatjate saatekaugus on piiramata ning neid kasutatakse koostöös orbitaal-satelliitidega. Satelliitsaatjad annavad täpset informatsiooni lindude migratsiooniteest, peatumisaladest ning sigimis- ja talvitumispaikadest. Neid kasutatakse ka lindude käitumise, migratsioonimehhanismide ja ohustatud liikide looduskaitsebioloogia uurimiseks. Satelliit-telemeetria on praegu kõige kiiremini arenev telemeetria valdkond.

Sõltuvalt uurimisala ulatusest, linnu ja saatja kaalust ning saatja elueast, on *VHF* ja *UHF* saatjaid kasutatud lindude ellujäämuse uurimiseks. Kasutades *VHF* raadiosaatjaid, on läbi viidud mõningaid uurimusi noorlindude ellujäämuse jälgimiseks, eriti nende esimeste nädalate jooksul pärast pesast lahkumist. Vanalindude ellujäämist on telemeetria abil uuritud oluliselt vähem. Sellised teadmised on aga tihti vajalikud looduskaitsetegevuste planeerimiseks.

Raadio- ja satelliittelemeetria on linnuökoloogias kiirelt arenevad, kuid rahaliselt kallid uurimismeetodid. Täpsemate andmete saamiseks üha enam erinevatelt linnuliikidelt, täiustatakse pidevalt saatjaid, üritades neid kasutada ka väga väikestel lindudel, näiteks koolibritel. Linnutelemeetriata oleks suur osa linnuökoloogiast siiani ebaselge.

## Summary

### Using radio- and satellite telemetry in avian ecology

Leg banding, wing- or necktags and stable isotopes are used as bird marking and monitoring techniques. However, those methods do not always enable precise and continuous monitoring of an individual. Using Doppler radar enables tracking the movements of birds' flocks from a distance, but usually it does not enable to identify the species of a bird. Radio- and satellite telemetry have been developed and improved since 1950s. Telemetry enables continuous monitoring of an individual and it causes relatively little stress because each individual has to be captured only once. Radio transmitters used in avian telemetry can be divided as VHF or UHF transmitters.

VHF transmitters range, compared to UHF's is short and therefore they can be used to describe birds' movements only within limited range. VHF transmitters enable studying home-range size, habitat use and breeding biology of birds.

UHF transmitters' range is unlimited and they are used in collaboration with orbital satellites. While studying avian migration, satellite transmitters provide precise information about the migration route, stopover areas, as well as breeding- and wintering habitats. They are also used in studies of avian behaviour, migratory mechanisms and conservation biology of endangered species. Satellite telemetry is currently the most rapidly developing field in telemetry.

Depending on the size of the study area, the weight of the bird and the transmitter and the duration of the transmitter, VHF and UHF transmitters can be used to track avian survival. Few studies using VHF transmitters have been conducted to examine the survival of juvenile birds, especially during their first weeks after fledging. The survival of adult birds has been studied less often using telemetry. However, such knowledge is often essential for conservation practises.

Radio and satellite telemetry are rapidly developing, but quite expensive methods of bird tracking. To receive a precise data from more bird species, transmitters are steadily being improved in order to use them on very small birds, like hummingbirds. Without avian telemetry a lot of bird ecology would still be unclear.



## **Tänuavaldus**

Soovin tänada oma juhendajat, Priit Kilgast, kes mulle linnuökoloogiat tutvustas ning oli oma teadmiste ja kogemustega suureks abiks minu bakalaureusetöö valmimisel. Samuti soovin tänada oma pereliikmeid ja sõpru, kes mind töö kirjutamisel innustasid.

## Kasutatud kirjandus

- Adams, L. 1965.** Progress in Ecological Biotelemetry. *BioScience* 15 (2): 83-86.
- Adams, J., Flora, S. 2010.** Correlating seabird movements with ocean winds: linking satellite telemetry with ocean scatterometry. *Marine Biology* 157: 915- 929
- Bendel, P.R., Therres, G.D. 1993.** Differential mortality of Barn Owls during fledging from marsh and off-shore nest sites (Diferencias en la Mortalidad de Individuos de *Tyto alba* durante el Período de Volantones en Lugares Anegados y Fuera del Litoral). *Journal of Field Ornithology* 64 (3): 326-330
- Brandt, M.J., Cresswell, W. 2008.** Breeding behaviour, home range and habitat selection in Rock Firefinches *Lagonosticta sanguinodorsalis* in the wet and dry season in central Nigeria. *Ibis* 150: 495-507
- Burt, W.H. 1943.** Territoriality and home range concepts as applied to mammals. *Journal of Mammalogy* 24 (3): 346-352
- Cadahía, L., López-López, P., Urios, V., Negro, J.J. 2010.** Satellite telemetry reveals individual variation in juvenile Bonelli's eagle dispersal areas. *European Journal of Wildlife Research*, 1-8
- Ciudad, C., Robles, H., Matthysen, E. 2009.** Postfledging habitat selection of juvenile middle spotted woodpeckers: a multi-scale approach. *Ecography* 32: 676-682
- Cooke, S.J. 2008.** Biotelemetry and biologging in endangered species research and animal conservation: relevance to regional, national and IUCN Red List threat assessments. *Endangered Species Research* 4: 165-185
- Doucette, L.I. 2010.** Home range and territoriality of Australian Owlet- Nightjars *Aegotheles cristatus* in diverse habitats. *Journal of Ornithology* pp. 1-13
- Feare, C.J. 2010.** Role of wild birds in the spread of highly pathogenic avian influenza virus H5N1 and implications for global surveillance. *Avian Diseases* 54: 201-212
- Flesch, A.D., Epps, C.W., Cain III, J.W., Clark, M., Krausman, P.R., Morgart, J.R. 2009.** Potential effects of the United States-Mexico border fence on wildlife. *Conservation Biology* 24 (1): 171-181
- Gauthier-Clerc, M., Le Maho, Y. 2001.** Beyond bird marking with rings. *Ardea* 89: 221-230

- Groombridge, J.J., Massey J.G., Bruch, J.C., Malcolm, T., Brosius, C.N., Okada, M.M., Sparklin, B., Fretz, J.S., WanderWerf, E.A. 2004.** An attempt to recover the Po'ouli by translocation and an appraisal of recovery strategy for bird species of extreme rarity. *Biological Conservation* 118: 365-375
- Hadley, A.S., Betts, M.G. 2009.** Tropical deforestation alters hummingbird movement patterns. *Biology Letters* 5: 207-210
- Hake, M., Kjelle'n, N., Alerstam, T. 2001.** Satellite tracking of Swedish Ospreys *Pandion haliaetus*: autumn migration routes and orientation. *Journal of Avian Biology* 32: 47-56
- Hansbauer, M.M., Pimentel, R.G. 2008.** A comparison of five techniques for attaching radio- transmitters to tropical passerine birds. *Revista Brasileira de Ornitologia* 16 (2): 131-136
- Harestad, A.S., Bunnell, F.L. 1979.** Home range and body weight- a reevaluation. *Ecology* 60 (2): 389-402
- Inger, R., Bearhop, S. 2008.** Applications of stable isotope analyses to avian ecology. *Ibis* 150: 447-461
- Kenow, K.P., Meyer, M.W., Evers, D.C., Douglas, D.C., Hines, J. 2002.** Use of satellite telemetry to identify Common Loon migration routes, staging areas and wintering range. *The International Journal of Waterbird Biology* 25 (4): 449-458
- Kenward, R.E. 2001.** A manual for wildlife radio tagging, 2<sup>nd</sup> edition. *Academic Press, London*
- King, D.I., Degraaf, R.M., Smith, M.-L., Buonaccorsi, J.P. 2006.** Habitat selection and habitat-specific survival of fledgling ovenbirds (*Seiurus aurocapilla*). *Journal of Zoology* 269: 414-421
- Lewis, T.L., Flint, P.L. 2008.** Modified method for external attachment of transmitters to birds using two subcutaneous anchors. *Journal of Field Ornithology* 79 (3): 336-341
- Lim, H.C., Sodhi, N.S. 2009.** Space use and habitat selection of house crows in a tropical urban environment: a radio-tracking study. *The Raffles Bulletin of Zoology* 57 (2): 561-568

- Lopez-Lopez, P., Liminana, R., Mellone, U., Urios, V. 2010.** From the Mediterranean Sea to Madagascar: are there ecological barriers for the long-distance migrant Eleonora's falcon? *Landscape Ecology* 25: 803-813
- Marion, W.R., Shamis, J.D. 1977.** An annotated bibliography of bird marking techniques. *Bird-Banding* 48 (1): 42-61
- Meyburg, B.-U., Meyburg, C. 2007.** 15 years' satellite tracking of raptors. *Alauda* 75: 265-286
- Naef-Daenzer, B., Früh, D., Stalder, M., Wetli, P., Weise, E. 2005.** Miniaturization (0,2 g) and evaluation of attachment techniques of telemetry transmitters. *The Journal of Experimental Biology* 208: 4063-4068
- Naef-Daenzer, B., Widmer, F., Nuber, M. 2001.** Differential post-fledging survival of great and coal tits in relation to their condition and fledging date. *Journal of Animal Ecology* 70: 730-738
- Nebuloni, R., Capsoni, C., Vigorita, V. 2008.** Quantifying bird migration by a high-resolution weather radar. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 46 (6): 1867-1875
- Newton, I. 1998.** Population limitation in birds. *Academic Press, London*
- Paquette, G.A., Devries, J.H., Emery, R.B., Howerter, D.W., Joynt, B.L., Sankowski, T.P. 1997.** Effects of transmitters on reproduction and survival of Wild Mallards. *The Journal of Wildlife Management*, 61 (3): 953-961
- Resources Inventory Committee (RIC). 1998.** Wildlife radio-telemetry. *Standards for Components of British Columbia's Biodiversity No. 5*
- Sande, E., Dranzoa, C., Wegge, P., Carroll, J.P. 2009.** Home ranges and survival of Nahan's Francolin *Francolinus nahani* in Budongo Forest, Uganda. *African Journal of Ecology* 47: 457-462
- Sutherland, W.J., Newton, I., Green, R.E. 2004.** Bird ecology and conservation: a handbook of techniques. *Techniques in Ecology and Conservation Series*
- Tang, M., Zhoul, Y., Cui, P., Wang, W., Li, J., Zhang, H., Hou, Y., Yan, B. 2009.** Discovery of migration habitats and routes of wild bird species by clustering and association analysis. *LNAI 5678*: 288-301

- Thorup, K., Bisson, I.-A., Bowlin, M.S., Holland, R.A., Wingfield, J.C., Ramenofsky, M., Wikelski, M. 2007.** Evidence for a navigational map stretching across the continental U.S. in a migratory songbird. *PNAS* 104 (46): 18115-1811
- Warnock, N., Takekawa, J.Y. 2003.** Use of radio telemetry in studies of shorebirds: past contributions and future directions. *Wader Study Group Bulletin* 100: 138-150
- Weimerskirch, H., Brothers, N., Jouventin, P. 1997.** Population dynamics of wandering albatross *Diomedea exulans* and Amsterdam albatross *D. amsterdamensis* in the Indian Ocean and their relationships with long-line fisheries: conservation implications. *Biological Conservation* 79 (2-3): 257-270
- Whitworth, D., Newman S., Mundkur T., Harris P. 2007.** Wild birds and avian influenza: an introduction to applied field research and disease sampling techniques. *FAO Animal Production and Health Manual, No. 5.*