Projekti nr 18473

Kanakulli elupaigakasutuse ning hukkumispõhjuste uuring

lõpparuanne

Finantseerija: Keskkonnainvesteeringute Keskus

Täitja: Eesti Maaülikool

Aruande koostajad: Jaan Grosberg, Paweł Mirski, Ülo Väli

Tartu 2023

Sisukord

1. Sissejuhatus 3
2. Materjal ja metoodika 4
2.1 Kanakullide asukohaandmete kogumine 4
2.2. Elupaigaandmed 6
2.3. Andmeanalüüs 7
3. Tulemused 8
3.1. Kodupiirkonna suurus 8
3.2. Elupaigakasutus ja -valik 11
3.2. Hukkumise sagedus ja põhjused 14
4. Järeldused ja soovitused kanakulli elupaikade kaitseks 15
Kasutatud kirjandus 16
Lisad 18

1. Sissejuhatus

Kanakull (*Accipiter gentilis*) kuulub Eestis II kaitsekategooria linnuliikide hulka ning on kantud ohualtina Eesti Punasesse Nimestikku. Nagu teiste kaitsealuste liikide puhul, on kanakulli efektiivseks kaitseks vaja tunda ja hoida tema elupaiku.

Ala, mida loom kasutab oma elutegevuseks, nimetatakse kodupiirkonnaks, see piirkond hõlmab nii pesitsusterritooriumi kui toitumisala. Elupaigauuringutes on esmase tähtusega kodupiirkonna suuruse määramine, see võimaldab mõista, millises ulatuses peavad olema tagatud liigi isenditele vajalikud keskkonnatingimused. Teiseks tuleb välja selgitada erinevate maakattetüüpide ja maastikuelementide proportsionaalne kasutus, ehk elupaigakasutus. Elupaigakasutuse võrdlemine ümbritseva maastikuga näitab elupaigavalikut. Käesolevas töös on tähelepanu all kõik eelnimetatud elupaiga-aspektid.

Eestis on seni kanakullide kodupiirkondade suurust hinnatud pesadevahelise keskmise kauguse põhjal (Randla 1976, Lõhmus 1993, Evestus 1997, Väli 2005). Elupaigakasutust on analüüsitud juhuvaatluste abil (Lõhmus 2001), samuti on kirjeldatud nende pesapaiku ning pesa ümbritsevat maastikku (Väli 2005, Lõhmus 2006). Selliste kaudsete meetoditega saadakse siiski üksnes piiratud ettekujutus kanakulli jaoks olulistest elupaigatunnustest, sest suur osa selle varjuliselt tegutseva linnu liikumistest jääb märkamatuks. Tänapäeval on tõhusaimaks uurimisvahendiks GPS-saatjad, mis määravad kindlaks looma linnu teatud ajavahemike tagant ja edastavad andmed uurijale. Kogutud andmete põhjal on võimalik hinnata nii kodupiirkonna suurust kui mõõta selle erinevate osade kasutamise intensiivsust. Kodupiirkonna kasutamist geoinformatsiooniliste andmekogudega võrreldes leitakse elupaiga parameetrid, mida linnud oma tegevuste käigus eelistavad või väldivad. GPS-saatjad võimaldavad koguda objektiivset infot ka kanakullide hukkumise kohta, mille kohta on Eestis seni kogutud andmeid juhuleidude põhjal (Lõhmus 2004, Leivits 2019).

Eestis olid seni GPS-saatjatega märgistatud vaid üksikud kanakullid (Mirski & Väli 2021, Kanakulli kaitse tegevuskava 2022). Mujal Euroopas ning Põhja-Ameerikas on kanakulli telemeetria-uuringuid tehtud küllalt palju (Kenward 2006, Kanakulli kaitse tegevuskava 2022, Grosberg 2023), kuid kõik seniavaldatud Euroopa tööd põhinevad väikese andmemahuga ja suhteliselt ebatäpsel raadiotelemeetrial (Grosberg 2023). Niisiis on uued GPS-põhised elupaigaanalüüsid üle-euroopaliselt olulise tähtsusega.

Käesoleva uuringu eesmärgiks on analüüsida GPS-saatjate abil kanakulli elupaigakasutust ning hukkumise põhjuseid Eestis. Uuring on osaks kehtiva kanakulli kaitse tegevuskava II prioriteediklassiga tegevustest „Uuringud elupaigakasutuse selgitamiseks“ ja „Uuring kanakulli vaenamisest ja pesapaikade vabatahtliku kaitse võimalustest”.

2. Materjal ja metoodika

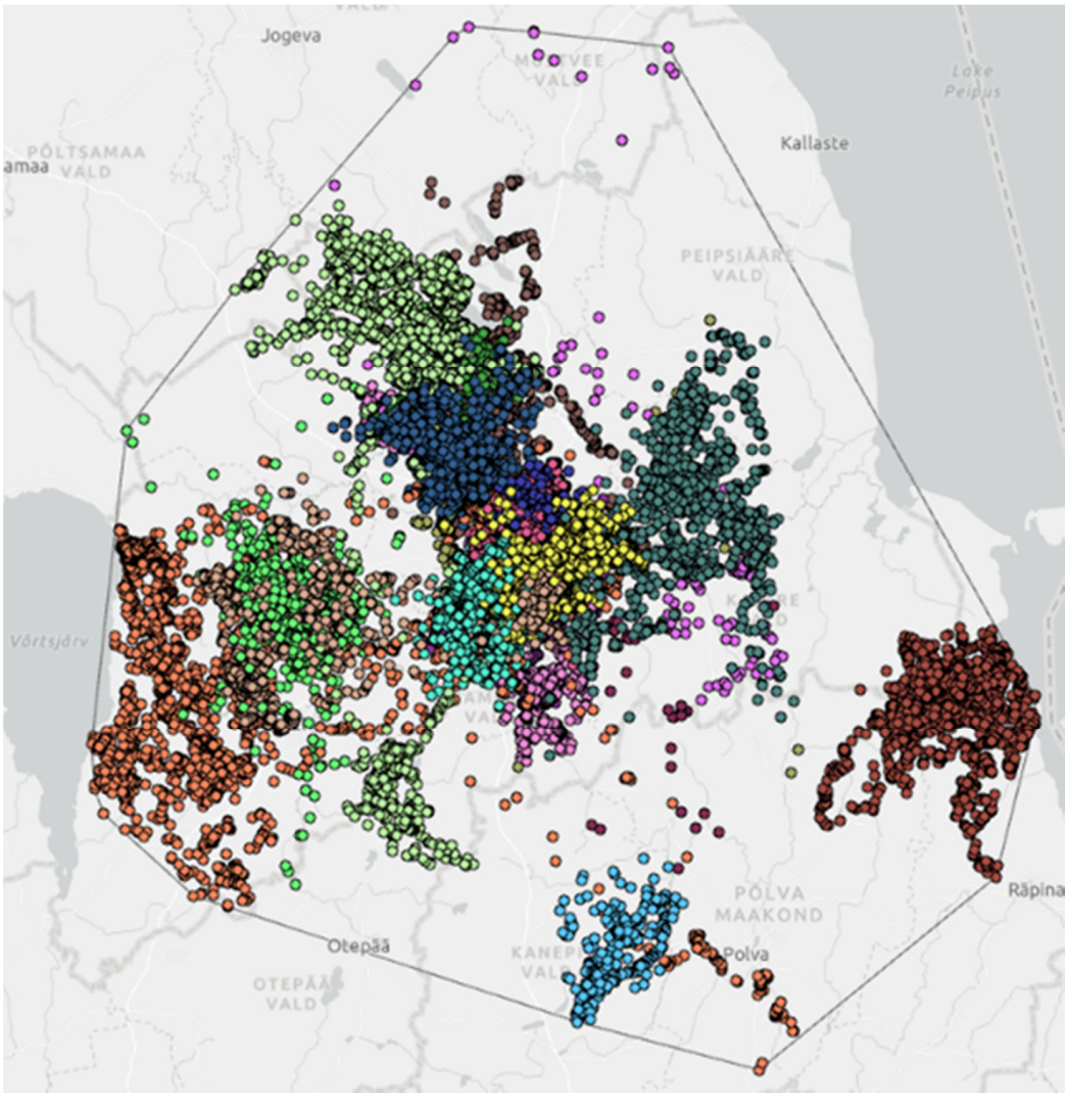
2.1 Kanakullide asukohaandmete kogumine

Käesoleva projekti raames paigaldati 2022. aastal GPS-saatjad 14 kanakullile, lisaks kaasati töösse ka kuus lindu, kes oli GPS-saatjatega märgistatud varem (lisa 1). Igal linnul analüüsiti üksnes ühe aasta andmeid, et tagada isendite võrdne mõju analüüsides. Seetõttu kasutati ka kahe pikemalt (alates 2019. a) jälgitud linnu puhul samuti üksnes 2022. aasta andmeid, neljal varem märgistatud linnul kasutati varasemate üksikute aastate andmeid (lisa 1). Niisiis kaasati käesolevasse töösse kokku 20 kanakulli, kellest 11 olid isaslinnud ja 9 emaslinnud, sealhulgas õnnestus jälgida nelja pesitsuspaari. Seitseteist lindu olid territoriaalsed, kuid kolm isendit ei olnud seotud kindla pesitsusterritooriumiga. Uuritud kanakullid nimetati nende tabamis- või leiukohale lähima asula järgi.

Kullidele paigaldati teflonrakmetega 15–30 grammised (<3% kehamassist) päikeseenergial töötavad GPS-saatjad, mis edastasid andmed mobiilisidevõrgu kaudu. Saatjatel oli kaugprogrammeerimise võimalus, mis võimaldas muuta erinevaid sätteid vastavalt konkreetse linnu käitumisele ja saatja aku laetusele. Reeglina koguti asukohapunkte päikesetõusust päikeseloojanguni iga kümne minuti tagant, aga kui saatja aku laetus langes alla 25% (enamasti talvel, emaslindudel ka haudeajal), vähendati sagedust ühe kuni nelja tunnini.

Kokku laekus uuritud kanakullidelt 114 376 asukohapunkti, neid kõiki kasutati kodupiirkonna suuruse määramisel. Kuna käesoleva töö eesmärgiks oli eeskätt toitumisalade välja selgitamine, eemaldati elupaigakasutuse ja -valiku analüüsi eel kõik asukoha- ja juhupunktid 200 meetri raadiuses asustatud pesast ning sellesse analüüsi kaasati 87 277 asukohapunkti. Elupaigavaliku (elupaigaeelistuste) selgitamiseks genereeriti iga isendi kodupiirkonda asukohapunktidest viis korda rohkem juhupunkte, et

põhjalikult kirjeldada antud isendi kodupiirkonnas saadaolevat maastikku. Ka juhupunktidest eemaldati pesalähedased punktid ning analüüsis kasutati 539 058 juhupunkti.



Joonis 1. Töös kasutatud kanakullide asukohaandmed (erinevad isendid on tähistatud erinevate värvidega) ja 100%MCP meetodil piiritletud uurimisala.

2.2. Elupaigaandmed

Uuritud kanakullid tegutsesid 4760 km² suurusel alal (määratud minimaalse kumera hulknurga, *Minimum Convex Polygon*; edaspidi MCP meetodil, kus kasutati kõiki (100%) punkte; joonis 1). Maastik oli uurimisala sees varieeruv: esines linna- ja metsamaastikku, märgalasid ning kultuurmaastikku. Vastavalt Eesti topograafia andmekogu (ETAK) andmetele (Maa-ameti geoportaal 2022) oli valdav maakattetüüp metsamaa (49,5%) ning suhteliselt ulatuslikult leidus ka haritavat maad (põllumaad; 29,1%). Vähem oli püsirohumaid (9,3%), märgalasid (5,1%), õueala (2,6%), veekogusid (2,2%), taimkatteta ala (1,3%), teid (0,7%) ning haljasalasid (0,3%).

Maastiku koosseisu ja maastikuelementide analüüsil kasutati eeskätt ETAK andmeid. Maakattetüüpe täpsustati Põllumajanduse Registrite ja Infosüsteemi Ameti (PRIA) põllumassiivide andmekihte (PRIA veebikaart 2022), metsa vanus saadi Metsaregistri takseerandmetest. Kanakullid eelistavad sageli metsaservades ja -ribades varitseda avamaal tegutsevaid linde (Mirski ja Väli 2021). Seetõttu moodustati avamaa-kihtidele 30 meetrine puhver, millesse jääv metsamaa kaasati avamaa pinna hulka.

ETAK andmetest kasutati järgnevaid kihte: seisuveekogud, vooluveekogud, õued, haritav maa, looduslikud lagedad, puistud, märgalad, turbaväljad, teed, nendest lõigati välja PRIA ja metsaregistri andmetega kattuvad osad. Analüüsides kasutati üheksat maakattetüüpi. **Metsamaana** arvestati metsaregistri andmekihti, mida täiendati ETAK puittaimestiku kihiga ning selliste märgalade osaga, kus leidus puistaimestikku. **Põllumaa** koosnes PRIA põllumaadest (v.a püsirohumaad) ja ETAK haritavate maade kihist. **Märgalad** koosnesid ETAK turbaväljade, roostiku ja märgalade kihist, millest eemaldati kattuvused PRIA kihiga (näiteks kasvatati mõnel turbaväljal mustikaid, need alad kaasati põllumaa hulka). **Püsirohumaadena** arvestasime PRIA püsirohumaid ja ETAK rohumaid (ETAK kihis „lage ala“). **Taimkatteta ala** hõlmas ETAK muid lagedaid alasid (v.a rohumaad). **Õuealadena** käsitlesime ETAK õuealade kihti ning **veekogudena** ETAK voolu- ja seisuveekogusid. **Haljasalad** olid ETAK haljasalad ja jäätmaad. **Teede** kiht lisati viimasena maastikujaotusesse ning nendele puhvrit ei tehtud, samuti lõigati teede kihist välja kattuvused puhvrite ja teiste kihtidega. Lisaks arvutati ETAK vastavate kihtide põhjal **kaugused majadest, teedest ja elektriliinidest**.

2.3. Andmeanalüüs

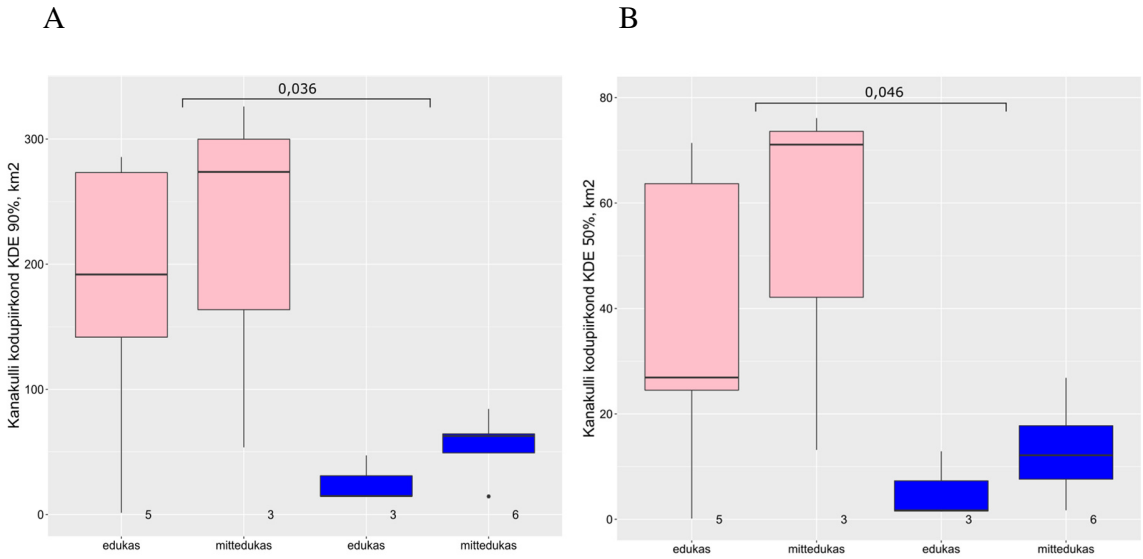
Kodupiirkondade suurused määrati nii kogu aasta andmestiku põhjal kui erinevate pesitsusfaaside kaupa, viimasel juhul jagati aasta neljaks perioodiks: 1) haudeaeg 01.04–31.05 (61 päeva); 2) pesapoegade aeg 01.06–15.07 (45 päeva); 3) lennuvõimeliste poegade aeg 16.07–31.08 (47 päeva); 4) pesitsusväline aeg (01.09–31.03 (153 päeva). Pesitsusfaaside määratlus tugineb nii kirjandusallikates kirjeldatud pesitsusfenoloogial (Kenward 2006, Väli 2018, Kanakulli kaitse tegevuskava 2022) kui käesoleva uuringu isendite käitumisel. Kodupiirkonna suurus arvutati *R* pakettide *adehabitatHR, sp, scales, rgdal, dplyr, maptools, magrittr* abil (Calenge 2011). Kodupiirkonna määratlemisel kasutati tänapäeval kõige sagedamini kasutatavat tuuma tiheduse hindamise (*Kernel Density Estimatio*n; KDE) meetodit, kaasates 90% punktidest (90%KDE), mis oli käesoleva töö andmestiku põhjal punktide arvu ja kodupiirkonna suuruse kasvu seost kirjeldava kõvera murdepunktiks. Määratleti ka kodupiirkonna tuumala, kus linnud viibisid poole ajast (50%KDE). Valimite normaaljaotusele vastavust kontrolliti Shapiro-Wilki testiga ja gruppide vahelist dispersioonide sarnasust analüüsiti Levene'i testiga. Kuna need testid näitasid, et andmestik ei vasta parameetriliste testide eeldustele, kasutati kodupiirkondade suuruste võrdlusel mitteparameetrilisi Kruskal-Wallise ja Mann-Whitney-Wilcoxoni teste. Andmete jaotuste asümmeetria tõttu esitati keskmiste puhul mediaanväärtused.

Elupaigavalikut analüüsiti 95%MCP meetodil määratud kodupiirkonnas asukohapunktide ning juhupunktide võrdlemisel (MCP kirjeldab saadavalolevat maastikku paremini kui KDE). Tunnuste olulisust hinnati üldistatud lineaarsete segamudelite (*Generalized Linear Mixed Model*, GLMM) abil, kasutades *R* paketti *glmmTMB*. Sõltuvaks binaarseks tunnuseks oli punktitüüp (kanakulli asukohapunkt või juhupunkt), sõltumatuteks tunnusteks maakasutuse tüüp (milles võrdlusaluseks tunnuse väärtuseks võeti põllumaa kui levinuim maakattetüüp isendite kodupiirkondades), kaugus maastikuelemendist ning sugu, juhutunnusena kaasati tunnus „isend“. Linnakanakullide (üle 50% asukohapunktidest linnas) elupaigavaliku eripärade uurimisel asendati tunnus „sugu“ binaarse kirjeldava tunnusega „linn/muu maastik“. Andmeanalüüs viidi läbi programmiga R (versioon 4.0.3; R Core Team 2020).

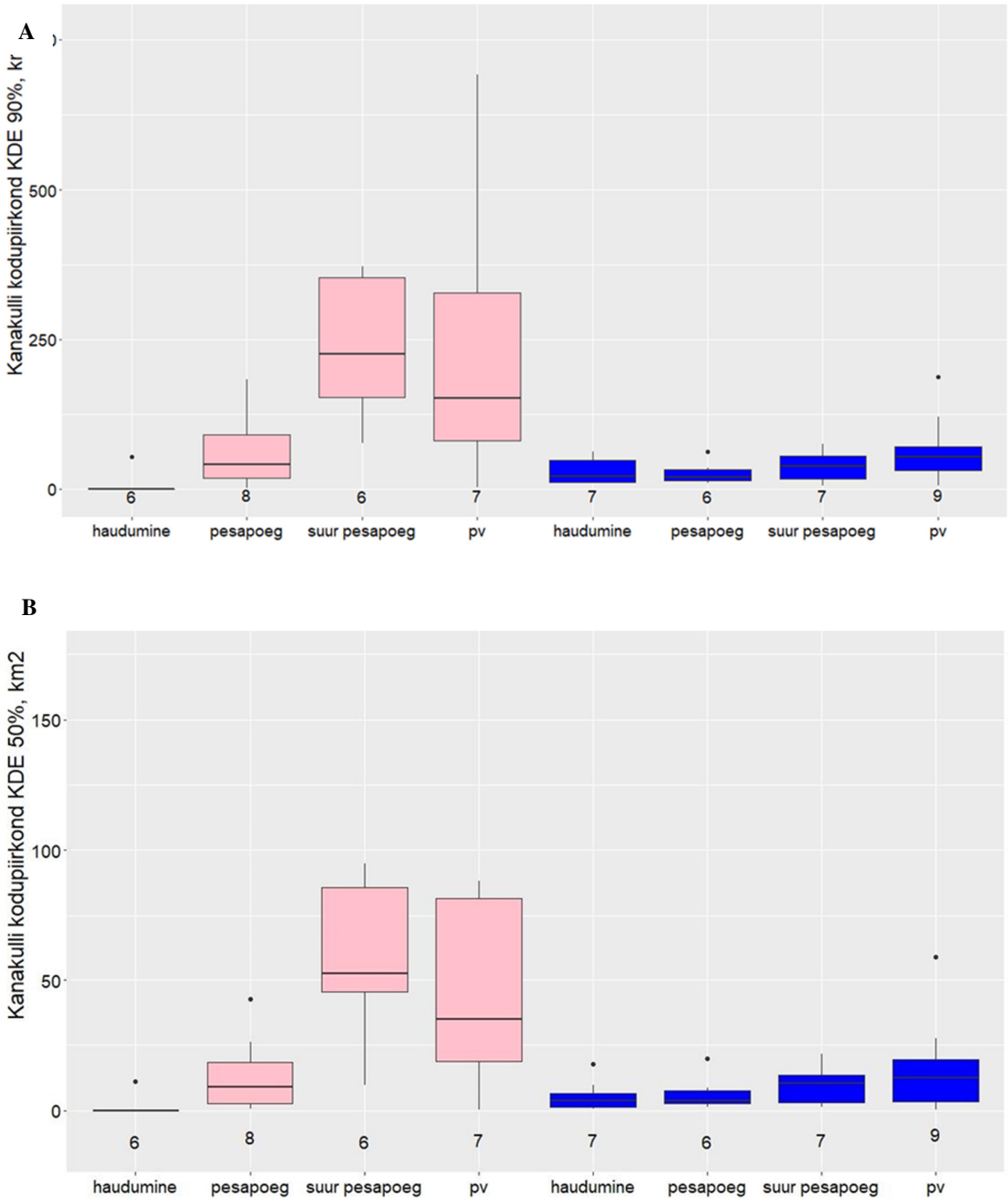
3. Tulemused

3.1. Kodupiirkonna suurus

Territoriaalsete emaslindude keskmine kodupiirkond (232 km²) oli oluliselt suurem kui isaslindudel (49 km²; W=58, P=0,036; joonis 2A) ning emaslindude kodupiirkondade suurused varieerusid märksa enam kui isaslindudel ($F_{1,15}$=4,9, P=0,042; joonis 2A). Edukate lindude kodupiirkonnad kippusid keskmiselt olema väiksemad kui ebaedukatel, kuid valimid olid väikesed ning erinevused jäid statistiliselt mitteolulisteks (emaslindudel vastavalt 192 km² ja 274 km²; W=5, P=0,571, isaslindudel 15 km² ja 63 km²; W=3, P=0,25). Kodupiirkondade tuumalad olid oluliselt väiksemad, kuid rühmadevahelised erinevused olid samasugused (joonis 2B). Mitteterritoriaalsete isendite kodupiirkond oli isenditel oli oluliselt suurem (685 km²) kui territoriaalsetel isenditel (63 km²; W=51, P=0,002).



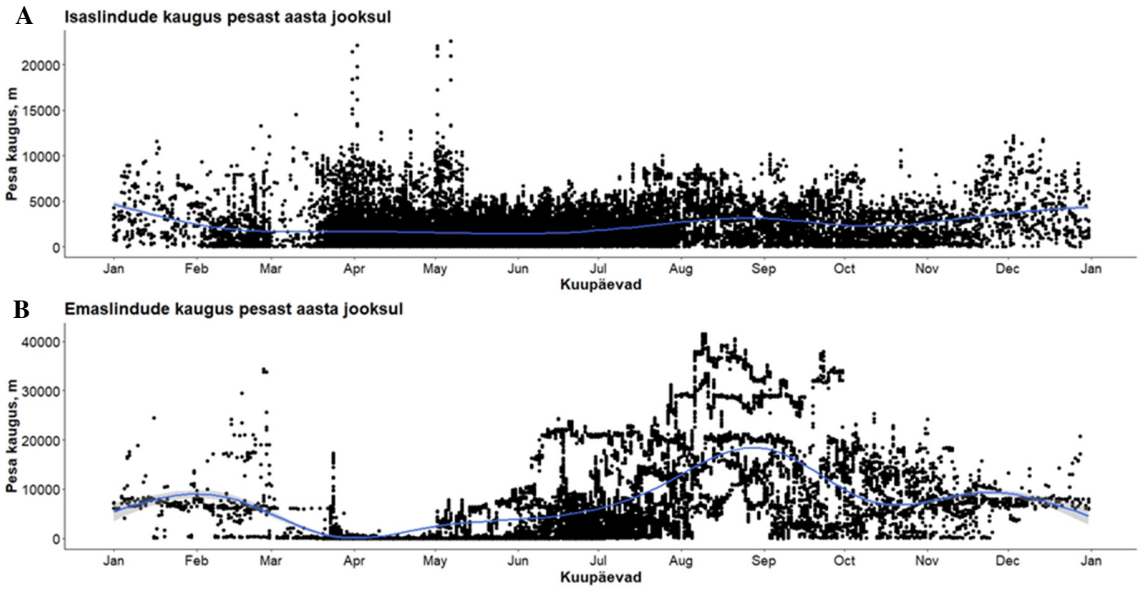
Joonis 2. Edukate ja ebaedukate emaste (roosad kastid) ja isaste (sinised kastid) kanakullide kodupiirkondade (90%KDE; **A**) ning nende tuumalade (50%KDE; **B**) suurused. Horisontaalne joon on mediaan, kast piiritleb kvantiile, vurrud tähistavad 1,5-kordset kvantiilidevahelist ala, punktiga on tähistatud sellest alast välja jäävat erindit. Kastide all on esitatud valimi suurused ning klambrite kohal olulise erinevuse P-väärtus.



Joonis 3. Emaste (roosad kastid) ja isaste (sinised kastid) kanakullide kodupiirkondade (90%KDE; **A**) ning nende tuumalade (50%KDE; **B**) suurused erinevates pesitsusfaasides. Edukate ja ebaedukate lindude andmed on koondatud. Horisontaalne joon on mediaan, kast piiritleb kvantiile, vurrud tähistavad 1,5-kordset kvantiilidevahelist ala, punktiga on tähistatud sellest alast välja jäävat erindeid. Kastide all on esitatud valimi suurused. Klass "pv" tähistab pesitsusvälist perioodi.

Emaslindude kodupiirkonna suurus varieerus pesitsusfaaside vahel oluliselt (χ^2_3=15,2; P=0,002; joonis 3A), haudumise ajal oli see keskmiselt 0,4 km², pesapoegade ajal 42 km², suurte poegade ajal 225 km² ning pesitsusvälisel ajal 152 km². Isaslindudel muutus kodupiirkond vähem, olles (emaslindude) haudeajal keskmiselt 21 km², pesapoegade ajal 20 km², suurte pesapoegade ajal 38 km² ja pesitsusvälisel ajal 53 km²; need erinevused jäid statistiliselt mitteolulisteks (χ^2_3=3,4; P=0,338). Kodupiirkondade tuumalade puhul täheldati samasuguseid muutusi (joonis 3B).

Lindude seotust pesitsusterritooriumiga (st pesa lähedusega) iseloomustas nende kaugus pesast. Isaslindude keskmine (mediaan) kaugus pesast oli 1465 meetrit, emastel 5780 meetrit. Isaslinnud olid pesaga seotud kogu aasta vältel, kaugused pesast ei kasvanud pärast pesitsusperioodilõppu (augustis) kuigi palju (joonis 4A). Emaslinnud lahkusid augustis pesitsusterritooriumilt; ehkki mõned emased naasid territooriumile septembris, jäi nende seotus pesaga pesitsusvälisel ajal nõrgaks (joonis 4B).



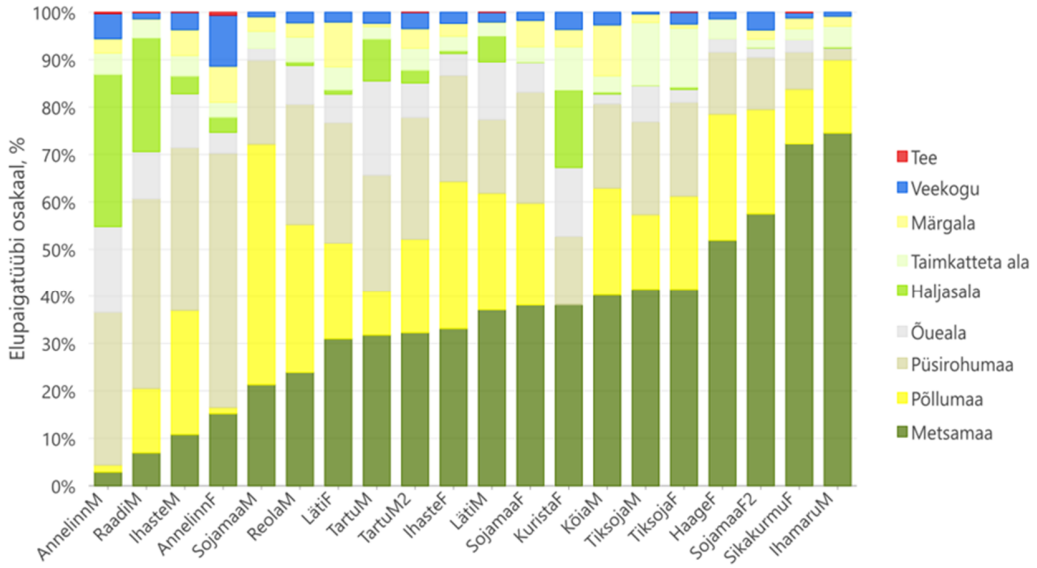
Joonis 4. Isaste (**A**) ja emaste (**B**) kanakullide kaugused pesast aasta jooksul. Sinine joon tähistab trendi, seda ümbritsev hall varjutus 95% usalduspiire.

3.2. Elupaigakasutus ja -valik

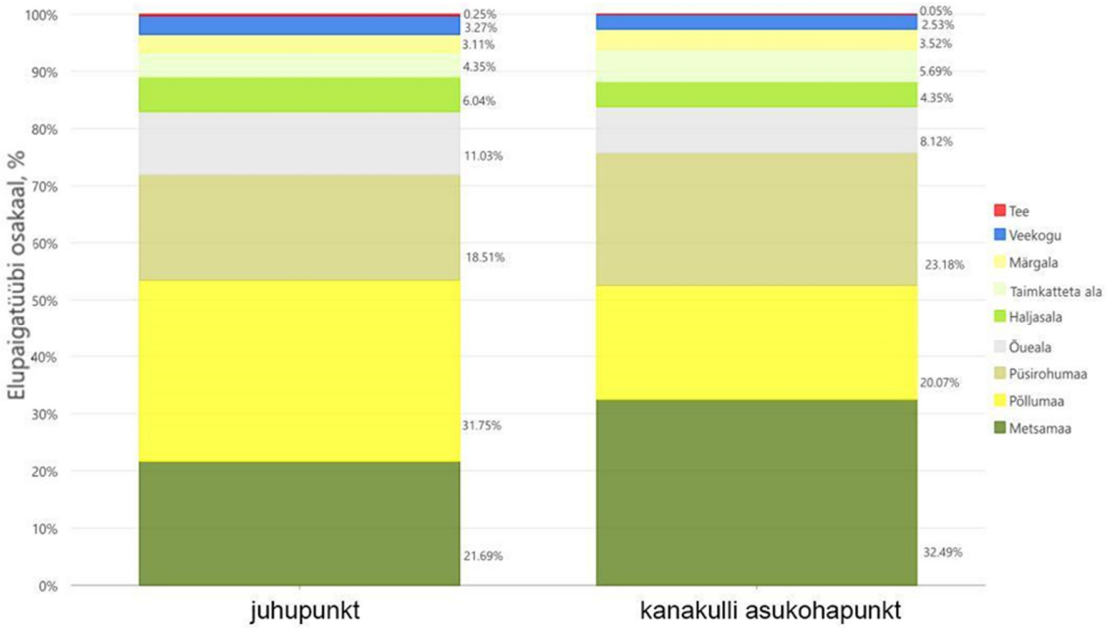
Isendite elupaigakasutus varieerus märkimisväärselt (joonis 9). Keskmiselt kasutasid uuritud kanakullid 32,5% ajast metsamaastikku, 23,2% püsirohumaad, 20,1% põllumaastiku, 8,1% õueala, 5,7% taimkatteta ala, 4,4% haljasala, 3,5% märgala, 2,5% veekogusid.

Üldistatud lineaarses segamudelis, kus võrreldavaks tunnuseks oli põllumaa (lisa 15), osutusid olulisteks kõik maakasutuse tüüpide erinevused. Kanakullid eelistasid võrreldes põllumaaga oluliselt rohkem märgalasid (β=0,61) ning metsamaad (β=0,57), eelistustes järgnesid neile taimkatteta alad (β=0,39), püsirohumaad (β=0,32), veekogud (β=0,24) ja õuealad (β=0,13). Võrreldes põllumaaga välditi haljasalasid (β=–0,67). Kanakullid eelistasid jahti pidada metsade lähedal (β=–1,54), maastikuelementidest eelistasid nad majade (β=–0,37), metsaservade (β=–0,26) ja elektriliinide lähedust (β=–0,20). Teid kanakullid pigem vältisid, kuid see seos oli mudeli põhjal nõrk (põhiteed: β=0,05, kõik teed: β=0,10).

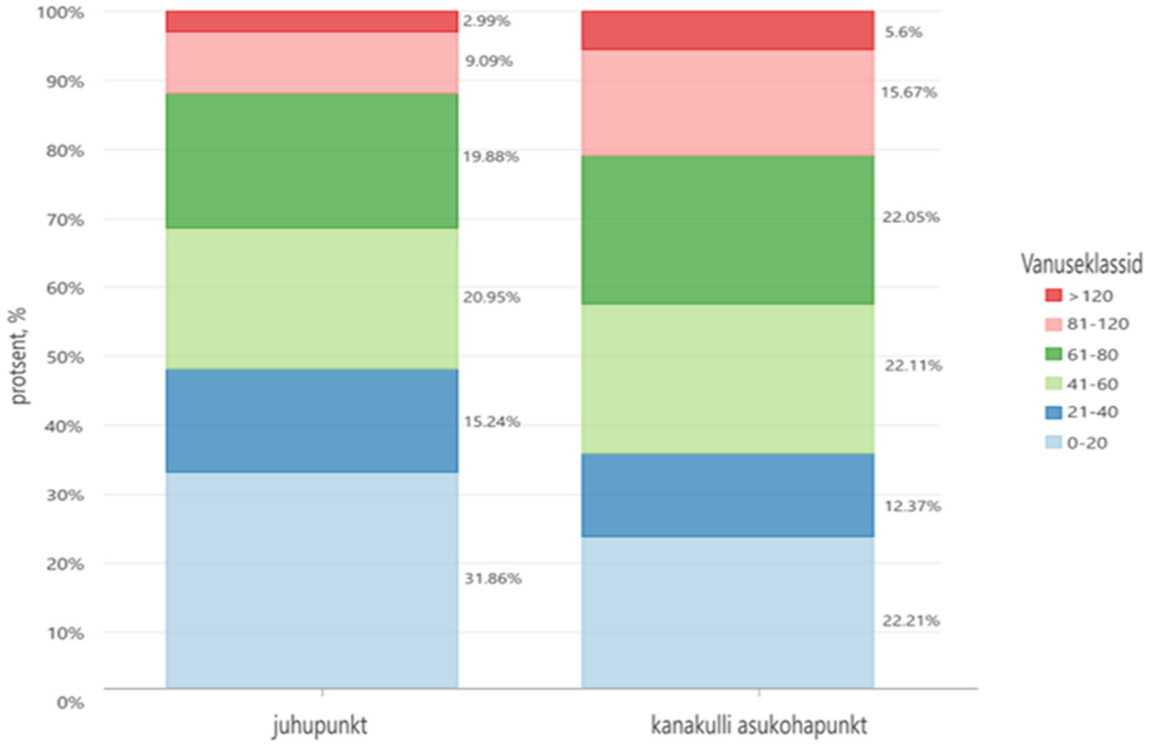
Kanakullid eelistasid vanemaid kui 60 aasta vanuseid metsi ning vältisid vähem kui 40 aasta vanuseid metsi (joonis 11). Positiivne seos vanusega ilmnes ka üldistatud lineaarsest mudelist, kuhu vanus kaasati pideva tunnusena (β=0,27; Lisa 3).



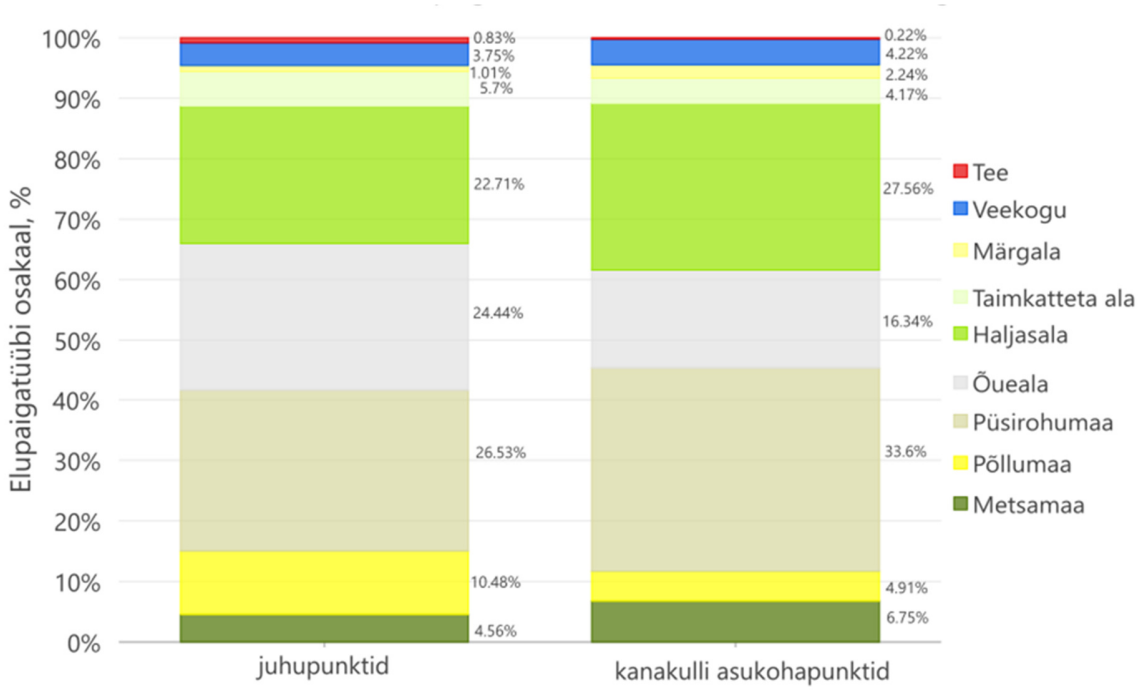
Joonis 9. Uuritud isendite asukohapunktide jaotus erinevate maastikutüüpide vahel.



Joonis 10. Uuritud isendite asukohapunktide ja juhupunktide jaotused erinevate maastikutüüpide vahel.



Joonis 11. Juhupunktide ja uuritud kanakullide asukohapunktide jaotus erinevate metsa vanuseklasside vahel.



Joonis 11. Uuritud linna-kanakullide asukohapunktide ja juhupunktide jaotused erinevate maastikutüüpide vahel.

Linna-kanakullid eelistasid eeskätt haljasalasid (β=1,65), teid (β=1,43), veekogusid (β=1,25), märgalasid (β=1,04), õuealasid (β=0,70) ja püsirohumaid (β=0,63), metsamaad (β=0,34) ja taimkatteta ala (β=0,17; joonis 11, Lisa 4).

Sugupoolte elupaigaeelistusi võrdleva mudeli põhjal viibisid isaslinnud emaslindudest oluliselt sagedamini püsirohumaadel (β=0,55), (haljasaladel β=0,24) ja taimkatteta aladel (β=0,17), kuid oluliselt harvemini veekogude (β=–0,27) ja teede kohal (β=–1,49). Isaste asukohapunktid olid emaste omadest oluliselt kaugemal metsast (avamaapunktid; β=1.39), majadest (β=0,31), avamaast (metsapunktid; β=0,24), elektriliinidest (β=0,05) ja metsaservast (β=0,11), samas viibisid nad põhiteedele lähemal kui emaslinnud (β=-0,44).

Isaslindude eelistusi täpsemalt selgitav mudel (Lisa 5) kinnitas, et nad eelistavad põllumaaga võrreldes kõige enam märgalasid (β=0,79), metsamaad (β=0,64), püsirohumaid (β=0,61), haljasalasid (β=0,60) ja taimkatteta alasid (β=0,55), samuti õuealasid (β=0,25) ning veekogusid (β=0,19), kuid väldivad teid (β=–1,03). Isaslindude kaugused põhiteedest (β=–0,29), elektriliinidest (β=–0,14), metsaservast (β=–0,21) ja metsast (β=–0,18) olid oluliselt lähemal, kuid kaugused avamaast (β=0,11), teedest

(β=0,08) ja majadest (β=0,03) kaugemal kui juhupunktidel. Metsamaa eelistus püsis ühtlaselt kõrge kogu aasta vältel, kuid teiste maakattetüüpide eelistus oli pesitsusvälisel ajal oluliselt väiksem kui pesitsusperioodil, mis näitas põllumaa tähtsuse olulist suurenemist pesitsusvälisel ajal. Samuti suurenes väljaspool pesitsusaega oluliselt majade (β=–0,50) ja põhiteede (β=–0,08) läheduse eelistamine, kuid vähenes metsaserva eelistamine (β=0,42) ning suurenes kõigi teetüüpide vältimine (β=0,18).

Emaslindude kohta tehtud elupaigavaliku mudel (lisa 6) näitas, et nad eelistavad võrreldes põllumaaga kõige rohkem metsamaad (β=0,40) ja taimkatteta ala (β=0,32), samuti märgalasid (β=0,20), püsirohumaid (β=0,18), õuealasid (β=0,13) ning veekogusid (β=0,13), kuid vältisid haljasalasid (β=–0,50). Eelistati ka metsa lähedust (avamaapunktid: β=–1,57), samuti majade (β=–0,45), elektriliinide (β=–0,32), metsaservade (β=–0,28), avamaade (metsapunktid: β=–0,12) lähedust, kuid välditi kõigi teede (β=0,15), sealhulgas põhiteede (β=0,08) lähedust. Pesitsusvälisel perioodil suurenes oluliselt märgalade (β=1,57), metsamaa (β=0,91), püsirohumaa (β=0,73), veekogude (β=0,67), taimkatteta ala (β=0,26) eelistus, samuti asusid asukohapunktid tunduvalt kaugemal metsast (avamaapunktid: β=0,73) ning elektriliinidest β=0,40). Seevastu kaugus teedest (β=–0,12), majadest (β=–0,11) ja põhiteedest (β=–0,07) oli pesitsusvälisel ajal oluliselt väiksem.

3.2. Hukkumise sagedus ja põhjused

Uuritud 20 kanakullist oli aruande koostamise ajal jätkuvalt elus kaheksa lindu (viis isast, kolm emast) ning tõestatud oli kaheksa linnu hukkumine (kolm emast, viis isast). Kaheksast hukkunud linnust viis hukkus vastu ehitist lendamisel saadud trauma tõttu, kaks isendit hukkus elektrilöögist ja üks oli kurtunud (selle algpõhjus on teadmata). Seitse isendit hukkus juba saatjaga märgistamise aastal, üks neljandal aastal pärast märgistamist. Seejuures hukkusid märgistamise aastal kõik viis uuritud 2. kalendriaasta lindu ja üks 1. kalendriaasta lind.

Nelja linnu saatjad lõpetasid uuringu jooksul andmete edastamise. Tõenäoliselt hukkusid ka need linnud, kuid seda tõestada ei saanud ning põhjused jäid teadmata. Neist kahe linnu saatja lõpetas töö majade lähedal ning kahtlustada võis tahtlikku tapmist, kahe linnu saatja lõpetas töö metsamaastikul.

4. Järeldused ja soovitused kanakulli elupaikade kaitseks

Kanakullide isaslinnud on aastaringselt tihedalt seotud pesitsusterritooriumide, st pesapaikadega. Emaslindude seotus pesapaikadega väheneb oluliselt pesitsusperioodi lõpus ning väljaspool pesitsusaega, sobilikke elupaiku otsivad nad suuremalt alalt. Seega on õigustatud kanakullide pesapaikade aastaringne kaitse püsielupaikadena või kaitsealade sihtkaitsevööndites (ja loomulikult ka reservaatides).

Kanakullid eelistavad jahti pidada metsas, eeskätt vanas metsas, aga ka märgaladel ja püsirohumaadel. Vana metsa kaitse olulisus kanakulli jaoks on juba varem teadvustatud, käesolev töö näitas ka avamaastiku mitmekesisuse olulisust, eeskätt loodusliku taimestikuga avamaade säilitamise tähtsust. Praktikas toetavad käesoleva töö tulemused rohestamise toetuse nõudeid (näiteks põllumaade ühtse pindalatoetuse puhul), sealhulgas põllumajanduskultuuride mitmekesistamist ja püsirohumaade säilitamist. Korrigeerida tuleks keskkonnasõbraliku majandamise toetuse nõuded, sest selle meetmega toetatav põllumajandusmaastiku mitmekesisuse suurendamine üldiselt toetab kanakulli, kuid seda ei tee tagasirajatud püsirohumaa toetuskõlbmatus; samuti tuleks toetus määrata põllulindude soodustamise lisategevuse eest. Maa heas põllumajandus- ja keskkonnaseisundis hoidmise nõudetest toetab kanakulli erinevate maastikuelementide (nt põllusaared, metsasiilud, puuderibad, üksikpuud) säilitamine, sest need on saagijahil hädavajalikud varitsuspaikadena (vt ka Mirski ja Väli 2021) ning suurendavad läbi põllumajandusmaa elurikkuse suurendamise kanakulli toidubaasi. Elustiku mitmekesisust tuleks toetavate looduslike rohumaaribade abil toetada eeskätt metsaservades, sest teeservades võib kaasneda elektriliinide ja liikluse negatiivne mõju. Oluline on täita vooluveekogude puhverribade nõuet, sest kanakullid eelistavad saaki jahtida märgaladel ning veekogude ääres.

Kanakullide suremus esimestel eluaastatel on väga kõrge. Kõige sagedasemaks hukkumise põhjuseks on ehitiste vastu lendamisel saadud traumad. Seega kinnitavad objektiivsed telemeetria-andmed varem juhuleidude põhjal antud hinnanguid (Lõhmus 2004, Leivits 2019). Traumasid aitaks vähendada ehitistes kasutatavate klaaspindade lindudele nähtavamaks muutmine tähistamise või vastavate materjalide kasutamisega (vt Kanakulli tegevuskava 2022). Esmapilgul üllatav oli kahe linnu hukkumine elektrilöögi mõjul, sest vaatluste põhjal ei ole kanakullid elektritaristuga kuigivõrd seotud, ometi näitas

elupaigavaliku analüüs elektriliinide eelistamist kanakullide poolt. See seos vajab siiski edaspidist põhjalikumat analüüsi.

Kasutatud kirjandus

Calenge, C. (2011). Home range estimation in R: the adehabitatHR package. Office national de la classe et de la faune sauvage: Saint Benoist, Auffargis, France.

Evestus, T. (1997). Kullilised Otepää ümbruses. Hirundo 1997/1, 17–21.

Grosberg, J. (2023). Kanakulli accipiter gentilis kodupiirkonna suurus, elupaigavalik ja – kasutus. Magistritöö. Eesti Maaülikool, Tartu.

Kanakulli (*Accipiter gentilis*) kaitse tegevuskava. (2022). Liigikaitse tegevuskava. Keskkonnaamet. https://keskkonnaamet.ee/media/4006/download.

Kenward, R. (2006). The Goshawk. T & AD Poyser, London.

Leivits, M. (2019). Kassikakku ja kanakulli soodsat seisundit mõjutavad terviseohud ja surmapõhjused Eestis. Käsikirjaline aruanne.

Lõhmus, A. (1993). Kanakulli (Accipiter gentilis) toitumisest Eestis aastatel 1987–1992. Hirundo 13, 3–14.

Lõhmus, A. (2001). Toitumisbiotoobi valikust Loode-Tartumaa röövlindudel. Hirundo 14, 27–42.

Lõhmus, A. (2004). Röövlindude surma põhjustest Eestis aastatel 1985–2004. Hirundo 17, 67–84.

Lõhmus, A. (2006). Nest-tree and nest-stand characteristics of forest-dwelling raptors in east-central Estonia: implications for forest management and conservation. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences, Biology and Ecology*, 55, 31–50.

Maa-ameti geoportaal (2022). Ruumiandmed: Eesti topograafia andmekogu. Laadi ETAK-andmed alla. https://geoportaal.maaamet.ee/est/Ruumiandmed/Eesti-topograafia-andmekogu/Laadi-ETAK-andmed-alla-p609.html.

Mirski, P., Väli, Ü. (2021). Movements of birds of prey reveal the importance of tree lines, small woods and forest edges in agricultural landscapes. Landscape Ecology 36, 1409–1421.

Pria veebikaart. (2022). Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet. https://kls.pria.ee/kaart/.

R Core Team (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. http://www.R-project.org/

Randla, T. (1976). Eesti röövlinnud. Valgus, Tallinn.

Väli, Ü. (2005). 11 kaitsealust lindu – elupaigad ja nende kaitse. Hirundo Supplementum 8. Eesti Ornitoloogiaühing, Tartu.

Väli, Ü. (2018). Kanakull. Linnuatlas. Eesti haudelindude levik ja arvukus. Eesti Ornitoloogiaühing, Tartu. Lk 290–291

Lisad

Lisa 1. Töös kasutatud andmete kogumisperioodid ning hulk uuritud isendite kaupa. Iga linnu puhul on esitatud ka info tema territoriaalsuse, pesitsusedukuse ja vanuserühma kohta.

ANDMETE ALGUS	ANDMETE LÕPP	PUNKTIDE KOGUARV	NIMI	SUGU	TERRITORIAALSUS	PESITSUSEDUKUS	VANUS
23/03/2022	30/06/2022	2297	AnnelinnF	Emane	territoriaalne	edukas	2. kalendriaasta lind
25/03/2022	28/02/2023	9633	AnnelinnM	Isane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
18/01/2022	27/06/2022	524	HaageF	Emane	territoriaalne	mitteedukas	2. kalendriaasta lind
03/08/2022	24/10/2022	516	IhamaruM	Isane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
24/03/2022	28/02/2023	3996	IhasteF	Emane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
25/03/2022	28/02/2023	19942	IhasteM	Isane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
01/03/2022	28/02/2023	3357	KõiaM	Isane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
18/12/2021	30/12/2021	67	KuristaF	Emane	mitteterritoriaalne		2. kalendriaasta lind
18/03/2022	28/02/2023	6670	LätiF	Emane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
18/03/2022	28/02/2023	11674	LätiM	Isane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
28/11/2019	16/12/2019	152	ReolaM	Isane	territoriaalne	teadmata	täiskasvanud
01/03/2022	27/02/2023	3069	RaadiM	Isane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
18/03/2022	28/02/2023	5686	SikakurmuF	Emane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
23/03/2022	19/11/2022	7925	SojamaaF2	Emane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
18/06/2020	16/09/2020	3325	SojamaaF	Emane	territoriaalne	edukas	2. kalendriaasta lind
23/03/2022	22/04/2022	1247	SojamaaM	Isane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud
14/01/2022	10/04/2022	894	TartuM	Isane	mitteterritoriaalne		2. kalendriaasta lind
19/01/2022	03/07/2022	7950	TartuM2	Isane	mitteterritoriaalne		2. kalendriaasta lind
19/06/2019	25/11/2019	6322	TiksojaF	Emane	territoriaalne	edukas	täiskasvanud
18/03/2022	28/02/2023	19130	TiksojaM	Isane	territoriaalne	mitteedukas	täiskasvanud

Lisa 2. Üldistatud lineaarne segamudel, mis kirjeldab kanakullide eelistatud ja välditud elupaigatunnuseid (võrreldes põllumaaga) sõltuvalt soost.

```
                                          Estimate   Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept"põllumaa")                     -3.109524   0.138693  -22.42  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS haljasala                      -0.671157   0.101633   -6.60 4.01e-11 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala                  0.389532   0.035910   10.85  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS märgala                         0.604591   0.039893   15.16  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS metsamaa                        0.564526   0.022605   24.97  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS õueala                          0.134847   0.037529    3.59 0.000327 ***
MAAKASUTUS püsirohumaa                     0.321309   0.022177   14.49  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS tee                            -0.112839   0.399984   -0.28 0.777861
MAAKASUTUS veekogu                         0.235610   0.045649    5.16 2.45e-07 ***
METSAKAUGUS                               -1.536285   0.037058  -41.46  < 2e-16 ***
MAJADEKAUGUS                              -0.365807   0.011680  -31.32  < 2e-16 ***
TEEDEKAUGUS                                0.097226   0.007705   12.62  < 2e-16 ***
ELEKTRILIINIKAUGUS                        -0.199479   0.009703  -20.56  < 2e-16 ***
PÕHITEEDEKAUGUS                            0.049511   0.006709    7.38 1.58e-13 ***
METSASERVAKAUGUS                          -0.264287   0.027027   -9.78  < 2e-16 ***
AVAMAAKAUGUS                              -0.053204   0.017494   -3.04 0.002356 **
as.factor(sugu)Isane                       1.097640   0.186797    5.88 4.20e-09 ***
MAAKASUTUS haljasala:as.factor(sugu)Isane  0.545240   0.104874    5.20 2.00e-07 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala:as.factor(sugu)Isane  0.170051   0.042232    4.03 5.66e-05 ***
MAAKASUTUS märgala:as.factor(sugu)Isane    0.005747   0.049167    0.12 0.906953
MAAKASUTUS metsamaa:as.factor(sugu)Isane   0.066286   0.029617    2.24 0.025216 *
MAAKASUTUS õueala:as.factor(sugu)Isane     0.050920   0.042310    1.20 0.228777
MAAKASUTUS püsirohumaa:as.factor(sugu)Isane  0.241723   0.026534    9.11  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS tee:as.factor(sugu)Isane       -1.484972   0.461468   -3.22 0.001291 **
MAAKASUTUS veekogu:as.factor(sugu)Isane   -0.268983   0.055702   -4.83 1.37e-06 ***
METSAKAUGUS:as.factor(sugu)Isane           1.391908   0.044973   30.95  < 2e-16 ***
MAJADEKAUGUS:as.factor(sugu)Isane          0.317215   0.015120   20.98  < 2e-16 ***
TEEDEKAUGUS:as.factor(sugu)Isane           0.015052   0.010301    1.46 0.143968
ELEKTRILIINIKAUGUS:as.factor(sugu)Isane    0.052729   0.011496    4.59 4.50e-06 ***
PÕHITEEDEKAUGUS:as.factor(sugu)Isane      -0.439893   0.011429  -38.49  < 2e-16 ***
METSASERVAKAUGUS:as.factor(sugu)Isane      0.118814   0.037409    3.18 0.001493 **
AVAMAAKAUGUS:as.factor(sugu)Isane          0.240758   0.024480    9.84  < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Lisa 3. Üldistatud lineaarne segamudel, mis kirjeldab kanakullide elupaigakasutuse seost metsa vanusega sõltuvalt soost ja pesitsusajast (pv – pesitsusväline periood).

```
                                     Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)                         -1.670952   0.099201 -16.844  < 2e-16 ***
metsvanus                            0.274042   0.011483  23.865  < 2e-16 ***
as.factor(Perioodid2)pv             -0.007594   0.020370  -0.373 0.709297
as.factor(sugu)isane                 0.142533   0.131482   1.084 0.278341
metsvanus:as.factor(Perioodid2)pv    0.068228   0.018483   3.691 0.000223 ***
metsvanus:as.factor(sugu)isane       0.058836   0.014727   3.995 6.47e-05 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Lisa 4. Üldistatud lineaarne segamudel, mis kirjeldab linna-kanakullide eelistatud eelistatud ja välditud elupaigatunnuseid (võrreldes põllumaaga).

```
                                                Estimate Std. Error z value  Pr(>|z|)
(Intercept"põllumaa")                          -3.109524   0.138693  -22.42  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS haljasala                           -0.671157   0.101633   -6.60 4.01e-11 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala                       0.389532   0.035910   10.85  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS märgala                              0.604591   0.039893   15.16  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS metsamaa                             0.564526   0.022605   24.97  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS õueala                               0.134847   0.037529    3.59 0.000327 ***
MAAKASUTUS püsirohumaa                          0.321309   0.022177   14.49  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS tee                                 -0.112839   0.399984   -0.28 0.777861
MAAKASUTUS veekogu                              0.235610   0.045649    5.16 2.45e-07 ***
as.factor(LINNALIND)jah                        -1.290614   0.235955   -5.47 4.51e-08 ***
MAAKASUTUS haljasala:as.factor(LINNALIND)jah    1.652142   0.064511   25.61  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala:as.factor(LINNALIND)jah 0.166544 0.078748    2.11 0.034439 *
MAAKASUTUS märgala:as.factor(LINNALIND)jah      1.043558   0.100795   10.35  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS metsamaa:as.factor(LINNALIND)jah     0.336657   0.069338    4.86 1.20e-06 ***
MAAKASUTUS õueala:as.factor(LINNALIND)jah       0.701462   0.062054   11.30  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS püsirohumaa:as.factor(LINNALIND)jah  0.628743   0.057031   11.02  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS tee:as.factor(LINNALIND)jah          1.433947   0.343554    4.17 2.99e-05 ***
MAAKASUTUS veekogu:as.factor(LINNALIND)jah      1.246493   0.082932   15.03  < 2e-16 ***
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Lisa 5. Üldistatud lineaarne segamudel, mis kirjeldab isaste kanakullide eelistatud ja välditud elupaigatunnuseid (võrreldes põllumaaga) pesitsusajal ja väljaspool pesitsusaega (mudelis pv).

```
                                                Estimate Std. Error z value   Pr(>|z|)
(Intercept"põllumaa")                          -2.248848   0.054797  -41.04  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS haljasala                            0.594475   0.024584   24.18  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala                       0.558534   0.023774   23.49  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS märgala                              0.790492   0.029702   26.61  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS metsamaa                             0.640919   0.020927   30.63  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS õueala                               0.249712   0.020949   11.92  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS püsirohumaa                          0.608029   0.015884   38.28  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS tee                                 -1.032704   0.189884   -5.44 5.37e-08 ***
MAAKASUTUS veekogu                              0.188004   0.032183    5.84 5.17e-09 ***
METSAKAUGUS                                    -0.177024   0.028901   -6.13 9.06e-10 ***
MAJADEKAUGUS                                    0.024861   0.008003    3.11 0.001894 **
TEEDEKAUGUS                                     0.075378   0.006470   11.65  < 2e-16 ***
ELEKTRILIINIKAUGUS                             -0.135515   0.006257  -21.66  < 2e-16 ***
PÕHITEEDEKAUGUS                                -0.288997   0.007854  -36.80  < 2e-16 ***
METSASERVAKAUGUS                               -0.209656   0.027019   -7.76 8.51e-15 ***
AVAMAAKAUGUS                                    0.109857   0.011361    9.67  < 2e-16 ***
as.factor(2PERIOODI)pv                          0.169596   0.025222    6.72 1.77e-11 ***
MAAKASUTUS haljasala:as.factor(2PERIOODI)pv    -0.968996   0.059756  -16.22  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS taimkattetaala:as.factor(2PERIOODI)pv -0.204447 0.053828   -3.80 0.000146 ***
MAAKASUTUS märgala:as.factor(2PERIOODI)pv      -1.023840   0.101059  -10.13  < 2e-16 ***
MAAKASUTUS metsamaa:as.factor(2PERIOODI)pv     -0.025219   0.047949   -0.53 0.598923
MAAKASUTUS õueala:as.factor(2PERIOODI)pv       -0.228081   0.042555   -5.36 8.33e-08 ***
MAAKASUTUS püsirohumaa:as.factor(2PERIOODI)pv  -0.122572   0.033622   -3.65 0.000267 ***
MAAKASUTUS tee:as.factor(2PERIOODI)pv          -1.068482   0.492452   -2.17 0.030028 *
MAAKASUTUS veekogu:as.factor(2PERIOODI)pv      -0.456739   0.083764   -5.45 4.96e-08 ***
METSAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv             -0.043305   0.070494   -0.61 0.539009
MAJADEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv            -0.501427   0.024112  -20.80  < 2e-16 ***
TEEDEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv              0.176177   0.016456   10.71  < 2e-16 ***
ELEKTRILIINIKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv      -0.021947   0.013643   -1.61 0.107681
PÕHITEEDEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv         -0.080557   0.019324   -4.17 3.06e-05 ***
METSASERVAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv         0.422517   0.067050    6.30 2.95e-10 ***
AVAMAAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv             0.056406   0.029245    1.93 0.053764 .
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

Lisa 6. Üldistatud lineaarne segamudel, mis kirjeldab emaste kanakullide eelistatud ja välditud elupaigatunnuseid (võrreldes põllumaaga) pesitsusajal ja väljaspool pesitsusaega (mudelis pv).

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(>|z|)	
(Intercept"põllumaa")	-2.992406	0.223041	-13.42	< 2e-16	***
MAAKASUTUS haljasala	-0.503483	0.114461	-4.40	1.09e-05	***
MAAKASUTUS taimkattetaala	0.318779	0.039206	8.13	4.27e-16	***
MAAKASUTUS märgala	0.197293	0.049531	3.98	6.80e-05	***
MAAKASUTUS metsamaa	0.395244	0.025244	15.66	< 2e-16	***
MAAKASUTUS õueala	0.127656	0.041740	3.06	0.002226	**
MAAKASUTUS püsirohumaa	0.180904	0.024758	7.31	2.73e-13	***
MAAKASUTUS tee	0.000427	0.437978	0.00	0.999222	
MAAKASUTUS veekogu	0.129647	0.051299	2.53	0.011495	*
METSAKAUGUS	-1.571802	0.038874	-40.43	< 2e-16	***
MAJADEKAUGUS	-0.451831	0.017545	-25.75	< 2e-16	***
TEEDEKAUGUS	0.144478	0.010438	13.84	< 2e-16	***
ELEKTRILIINIKAUGUS	-0.319055	0.012528	-25.47	< 2e-16	***
PÕHITEEDEKAUGUS	0.077027	0.009442	8.16	3.40e-16	***
METSASERVAKAUGUS	-0.282656	0.034034	-8.31	< 2e-16	***
AVAMAAKAUGUS	-0.118376	0.030459	-3.89	0.000102	***
as.factor(2PERIOODI)pv	-0.193535	0.042894	-4.51	6.42e-06	***
MAAKASUTUS haljasala:as.factor(2PERIOODI)pv	0.042211	0.242428	0.17	0.861774	
MAAKASUTUS taimkattetaala:as.factor(2PERIOODI)pv	0.256637	0.100941	2.54	0.011008	*
MAAKASUTUS märgala:as.factor(2PERIOODI)pv	1.569058	0.088512	17.73	< 2e-16	***
MAAKASUTUS metsamaa:as.factor(2PERIOODI)pv	0.909679	0.058574	15.53	< 2e-16	***
MAAKASUTUS õueala:as.factor(2PERIOODI)pv	0.129171	0.097428	1.33	0.184902	
MAAKASUTUS püsirohumaa:as.factor(2PERIOODI)pv	0.737169	0.056952	12.94	< 2e-16	***
MAAKASUTUS tee:as.factor(2PERIOODI)pv	-0.452973	1.114978	-0.41	0.684550	
MAAKASUTUS veekogu:as.factor(2PERIOODI)pv	0.673810	0.113384	5.94	2.80e-09	***
METSAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	0.880207	0.070156	12.55	< 2e-16	***
MAJADEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	-0.111291	0.034414	-3.23	0.001221	**
TEEDEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	-0.122019	0.021793	-5.60	2.16e-08	***
ELEKTRILIINIKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	0.404482	0.025076	16.13	< 2e-16	***
PÕHITEEDEKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	-0.071761	0.022143	-3.24	0.001192	**
METSASERVAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	0.027290	0.064353	0.42	0.671513	
AVAMAAKAUGUS:as.factor(2PERIOODI)pv	0.164127	0.058072	2.83	0.004709	**

Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1