

# Ģeolokācija, izmantojot gaismu: tehnoloģija un principi

MĀRTIŅŠ  
BRIEDIS

Teksts un foto



1899. gadā dāņu skolotājs Hanss Kristians Korneliuss Mortensens ar unikāliem metāla gredzeniem iezīmēja mājas strazdus, tādējādi liekot pamatu zinātniskai un sistemātiskai putnu gredzenošānai. Jau vairāk nekā 100 gadu putnu gredzenošana ir visplašāk lietotā putnu migrācijas pētījumu metode. Tomēr pēdējos 20 gados, strauji attīstoties tehnoloģijām, parādījušies labāki individuālu putnu izsekošanas paņēmieni. Īstu revolūciju mūsu zināšanās par putnu pārvietošanos radīja GPS (globālās pozicionēšanas sistēmas) raidītāju ieviešana. Tie ļauj izsekot individuālu putnu migrācijai un iegūt precīzu informāciju par putna atrašanās vietu visa gada garumā. Tomēr pat vismazākie GPS raidītāji šobrīd ir pārāk lieli un smagi, lai ar tiem aprīkotu neliela izmēra (<100g) putnus. Lielākā daļa pētnieku min, ka piestiprināmās ierīces svars nedrīkst pārsniegt 3–5% no paša putna svara, lai tas neietekmētu tā izdzīvošanas spējas (Barron *et al.* 2010). Tomēr, lai izsekotu dziedātājputnu izmēra sugu migrācijai, pastāv kāds cits risinājums – ģeolokators.

Ģeolokators ir neliela ierīce, kas reģistrē un iebūvētā atmiņā uzglabā informāciju par Saules gaismas intensitāti. Tā uzbūve ir relatīvi vienkārša – pulkstenis, atmiņas čips, baterija, gaismas sensors un mikroprocesors. Dažos jaunākajos modeļos pulkstenis un atmiņas čips ir integrēti mikroprocesorā, lai vēl vairāk samazinātu ierīces svaru. Paši mazākie pašlaik pieejamie ģeolokatori sver vien 0,5–0,6 gramus (Bridge *et al.* 2013). Ģeolokators putnam var tikt piestip-

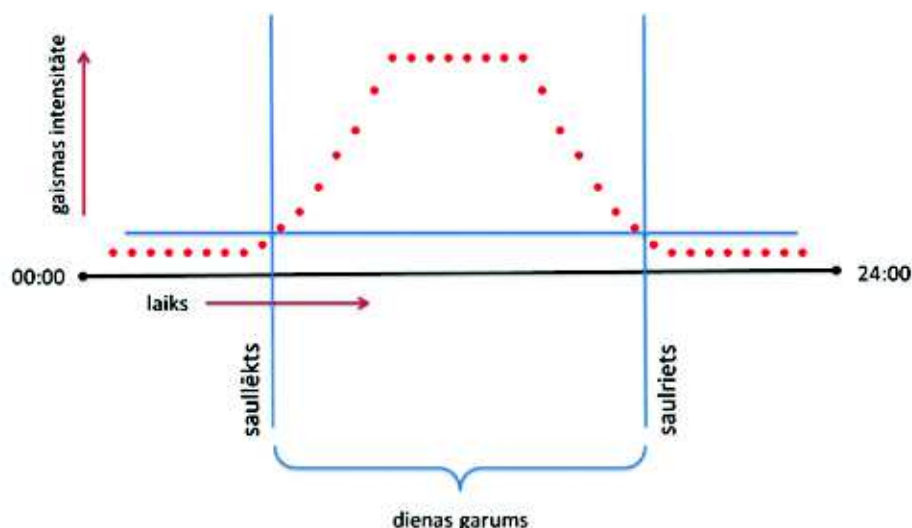
rināts vairākos veidos. Lielākajai daļai dziedātājputnu tas tiek piestiprināts uz muguras, izmantojot divas cilpas, caur kurām tiek izvērtas putna kājas. Putniem, kuru kāju muskulatūra nav tik labi attīstīta, piemēram, svīrēm, cilpas tiek apliktas ap krūtīm un asti. Bridējputniem ģeolokators parasti tiek piestiprināts pie augšstilba. Lai izvairītos no gaismas sensora nonākšanas zem putna apspalvojuma, atšķirīgi ražotāji piedāvā dažādus risinājumus. Britu Antarktīkas dienesta (*British Antarctic Survey*, BAS) ražotajiem ģeolokatoriem sensors ir piestiprināts paaugstinājuma galā. Tomēr šāds risinājums padara sensoru neaizsargātu pret mehāniskiem bojājumiem. Šveices Ornitoloģijas institūta ražotajiem ģeolokatoriem pievienots speciāls gaismas novadītājs. Tas ir caurspīdīgas stiklšķiedras stobriņš, kas kalpo kā gaismas uztvērējs, to novadot uz sensoru. Šādu risinājumu piedāvā arī jaunākais ģeolokatoru ražotājs Eiropā – *Migrate Technology Ltd.*

Bet kā tad īsti ar šādas ierīces palīdzību iespējams pateikt, kur putns bijis? Pirmkārt, pēc tam, kad putns veicis savu ceļojumu, pati ierīce ir jāatgūst. Šī ir viena no būtiskākajām atšķirībām starp GPS raidītāju un ģeolokatoru. Ja GPS raidītājs pats nosūta informāciju par tā atrašanās vietu, izmantojot satelītus, tad

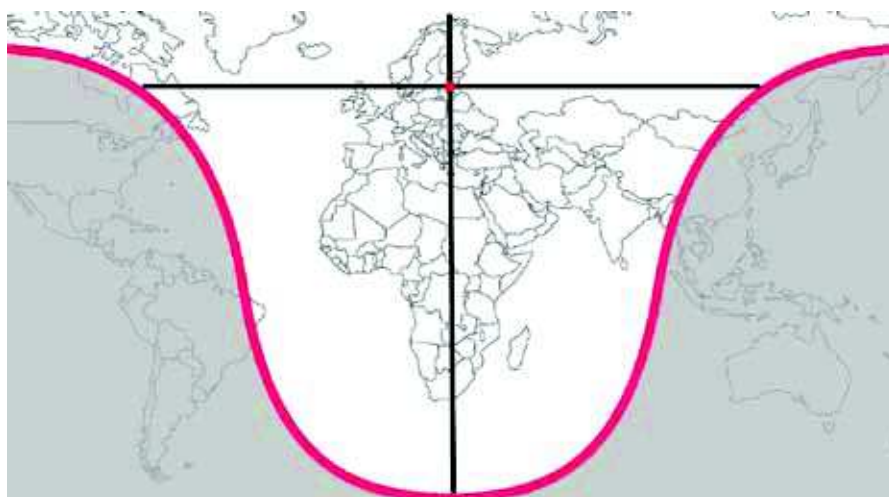
ģeolokators to nevar. Tomēr putniem piemīt kas īpašs – ligzdošanas filopatija. Gadu no gada tie atgriežas ligzdot vienā un tajā pašā apvidū. Tādējādi, aprīkojot putnu ar ģeolokatoru vienā ligzdošanas sezonā, pastāv ļoti augsta varbūtība, ka, pie nosacījuma, ka putns izdzīvo, nākamajā gadā tas atgriezīsies tieši tajā pašā vietā, lai ligzdotu vēlreiz. Kad ierīce atgūta, no tās atmiņas tiek nolasīta informācija par gaismas intensitāti un pulksteņa laiku, kad tā reģistrēta. Izmantojot reģistrētos saullēkta un saulrieta laikus, iespējams noteikt putna atrašanās vietu (Hill 1994). Šī ir jau sen zināma metode, ko pirmie sāka izmantot jūrnieki, lai noteiktu kuģa atrašanās vietu atklātā okeānā. Tomēr tikai pēdējos gados tehnoloģiskie risinājumi to ļāvuši ieviest ornitoloģisko pētījumu veikšanā.

Teorijā pastāv divas metodes, kā tiek noteikta putna atrašanās vieta, – modeļa atbilstības un sliekšņa metode (Lisovski *et al.* 2012). Tā kā modeļa atbilstības metode šobrīd vēl ne reizi nav lietota ģeolokatoru datu analizēs ornitoloģiskos pētījumos, tad turpmāk tekstā aprakstu tikai sliekšņa metodi.

Aprēķinot atrašanās vietas koordinātes, tiek izmantots saullēkta/saulrieta laiks un dienas/nakts garums. Saullēkta un saulrieta laiks tiek noteikts, izmantojot



1. attēls. Sliekšņa metode saulrieta un saullēkta laika noteikšanai.



2. attēls. Putna atrašanās vietas noteikšanas princips. Aptumšotā kartes daļa norāda nakti, gaišā – dienu. Horizontālā līnija norāda izmērīto dienas garumu, kurš tiek pārrēķināts ģeogrāfiskā platuma koordinātēs. Vertikālā līnija norāda pusdienlaiku, no kura tiek izskaitļotas ģeogrāfiskā garuma koordinātes.

sliekšņa metodi. Kad gaismas intensitāte pārsniedz noteiktu sliekšni, pieņem, ka ir noticis saullēkts. Attiecīgi saulrieta laiks tiek reģistrēts, kad gaismas intensitāte nokrītas zem šā sliekšņa (1. attēls). Ģeogrāfiskā garuma koordinātes tiek aprēķinātas no pusdienlaika un pusnakts laikiem, savukārt ģeogrāfiskā platuma koordinātes tiek izskaitļotas pēc dienas un nakts garuma (2. attēls). Tādējādi putna atrašanās vietu iespējams noteikt divas reizes diennaktī. Šis gan arī ir īstais brīdis, lai minētu, ka viss nav tik vienkārši, kā izklausās.

Izmantojot ģeolokatoru, putna atrašanās vietu iespējams noteikt vienīgi stacionāriem periodiem – laikam, kad putns uzturējies vienā un tajā pašā vietā vairākas dienas. Pārvietošanās un stacionārie periodi tiek noteikti pēc krasām pārmaiņām saullēkta un saulrieta laikos. Strauja saullēkta un saulrieta laika maiņa norāda uz putna pārvietošanos. Dziedātājputnu lidotāja ātrums migrācijā ir aptuveni 50 km/h (Schmaljohann *et al.* 2007). Ja putns aktīvi migrē visu dienu (vai nakti, kā tas ir vairākumā gadījumu), tas ir spējīgs nolidot līdz pat 500 km diennaktī. Mainot tā atrašanās vietu par tik lielu distanci, izmērītais saullēkta laiks nebūs simetrisks izmērītajam saulrieta laikam. Tādēļ gadījumos, kad putns pārvietojas, tā atrašanās vietu nav iespējams noteikt.

Turpmāk tekstā aplūkosim, kā tiek aprēķināta putna atrašanās vieta tikai

dienas laikā. Ideālos apstākļos aprēķinātās atrašanās vietas precizitāte ir aptuveni 100 km (Lisovski *et al.* 2012). Turklāt ģeogrāfiskā garuma koordinātes iespējams noteikt ar lielāku precizitāti nekā platuma koordinātes. Garuma koordinātes tiek noteiktas pēc dienas vidus laika, kamēr platuma koordinātes pēc dienas garuma. Ja gan saulriets, gan saullēkts noteikts ar vienādu kļūdas lielumu, tad dienas vidus laiks nemainās, bet dienas garums gan. Piemēram, ja patiesais saullēkts ir plkst. 6.00 un saulriets 20.00, tad pusdienlaiks ir 13.00 un dienas garums ir 14 stundas. Ja ģeolokators apkārtējās vides apstākļu (noēnojuma) dēļ saullēktu reģistrējis 6.10 un saulrietu 19.50, tad dienas vidus joprojām ir 13.00, bet dienas garums vairs tikai 13 stundas un 40 minūtes. Turklāt, mainot ģeogrāfisko garumu par vienu grādu, saullēkta laiks mainās par 4 minūtēm, neatkarīgi no platuma koordinātēm un kalendārās dienas. Savukārt dienas garums viena ģeogrāfiskā platuma grāda ietvaros mainās gan atkarībā no paša ģeogrāfiskā platuma, gan kalendārās dienas. Kā redzams 2. attēlā, mainot ģeogrāfisko platumu par vienu grādu tuvu ekvatoram, dienas garums mainās maz, kamēr tālāk uz ziemeļiem atšķirība ir lielāka. Tas nozīmē, ka tuvāk poliem ģeogrāfiskā platuma koordinātes iespējams noteikt precīzāk.

Divas reizes gadā (20.–21. marts un 22.–23. septembris) mēs piedzīvojam ekvinokciju – brīdi, kad ekvatora

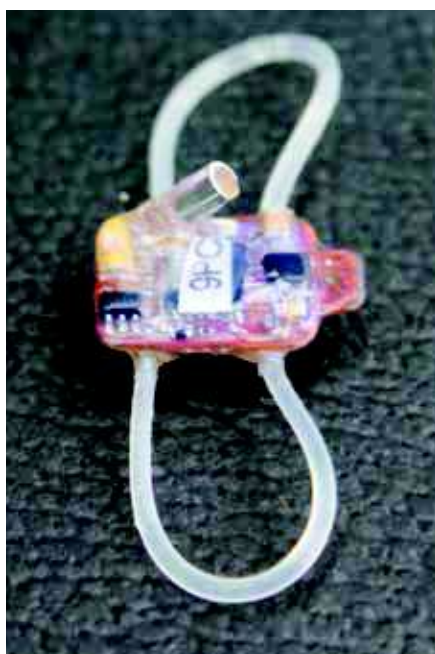
plakne šķērso Saules centru un diena un nakts ir vienāda garuma. Tāpat šajā brīdī dienas garums jebkurā planētas punktā ir vienāds. Tādējādi aptuveni 10 dienas pirms un pēc ekvinokcijas platuma koordinātes noteikt nav iespējams. Diemžēl šis brīdis gan rudenī, gan pavasarī sakrīt ar putnu migrācijas laiku. Šajā laikā joprojām ir iespējams noteikt garuma koordinātes un tādējādi vismaz izsekot, vai putns ir pārvietojies, vai nē. Savukārt pašos planētas ziemeļos un dienvidos polārās dienas un polārās nakts laikā putna atrašanās vietu noteikt ir pavisam neiespējami.

Tāpat neprecizitātes mērījumos sagādā laikapstākļi, reljefs, veģetācija un paša putna uzvedības īpatnības. Apmākušās un miglainās dienās gaisma uzaust vēlāk nekā saulainās, tādējādi tiek reģistrēts īsāks dienas ilgums. Turklāt laikapstākļi mēdz būt nepastāvīgi un situācija saullēktā var atšķirties no tās, kas novērojama saulrietā. Lai gan Latvijas reljefs ir samērā līdzens, mūsu putni migrācijas laikā ceļo pār kalniem un caur ielejām, lai sasniegtu ziemošanas vietas. Ielejā saule uzaust vēlāk, nekā tas būtu līdzenumā, kamēr kalna galā gaisma parādās agrāk. Tomēr vislielāko kļūdu no iepriekš minētajiem faktoriem izraisa veģetācija jeb biotops, kurā putns uzturas. Zālāju biotopus apdzīvojošās sugas tas ietekmē mazāk, kamēr krūmājos, niedrājos un mežos dzīvojošās sugas saullēktu piedzīvo ar nelielu kavēšanos. Ja pirms saullēkta sanācis iet pa mežmalu, tad var labi novērtēt atšķirību – meža biežoknī vēl viss ir tumšs, kamēr blakus esošajā pļavā jau aust pirmā gaisma. Turklāt putna uzvedība un aktivitāte rīta agrumā un vakarā pirms saulrieta var atšķirties, radot nevienmērīgus gaismas intensitātes mērījumus.

Šo faktoru radītās neprecizitātes mērījumos ir iespējams novērst. To dara, izmantojot dažādus Saules novietojuma leņķus (SNL) attiecībā pret horizontu. Saullēktā SNL ir  $0^\circ$ , bet civilā krēsla ir brīdis, kad SNL ir no  $-6^\circ$  līdz  $0^\circ$  attiecībā pret horizontu. Neoficiāli civilā krēsla skaitās laiks, kad saule ir aiz horizonta, bet ārā ir pietiekami gaišs, lai veiktu dažādus darbus. Ģeolokators ir spējīgs reģistrēt gaismu jau civilās krēslas laikā, tādējādi atklātās



Baltkakla mušķērājs *Ficedula albicollis* ar ģeolokatoru.



Ģeolokators.

ainavās parasti tiek izmantoti SNL, kas mazāki par 0<sup>0</sup>. Toties mežā noēnojuma dēļ visbiežāk tiek lietoti SNL, kas pārsniedz 0<sup>0</sup>. Tādējādi iespējams kompensēt veģetācijas, laikapstākļu un reljefa radītās kļūdas. Ģeolokators parasti putnam tiek piestiprināts, tam atrodoties ligzdošanas teritorijā. Tā kā putna atrašanās vieta ir zināma, tad to izmanto, lai kalibrētu SNL, kurš atbilst konkrētajai vietai, biotopam

un valdošajiem laikapstākļiem. Kad putns ir pametis ligzdošanas vietu, SNL stacionārajiem periodiem tiek aprēķināts, izmantojot Hila-Ekstroma (*Hill-Ekstrom*) kalibrāciju. Šī metode nosaka SNL, ar kuru ģeogrāfiskā platumu koordināšu variācija noteiktajā laika periodā ir vismazākā (Lisovski, Hahn 2012).

Apskatot šo visu, jāsaprot, ka ģeolokācija, izmantojot gaismu, nav ne tuvu tik precīza kā tā, ko sniedz GPS raidītāji. Turklāt putna atrašanās vietu iespējams noteikt tikai periodiem, kad putns uzturējies vienuviet vismaz pāris dienas. Tāpēc, ilustrējot ar ģeolokatoru aprīkota putna atpūtas un ziemošanas vietas kartē, tās nevajadzētu atzīmēt ar vienu punktu konkrētā vietā vai līniju, kas norāda putna migrācijas ceļu. Ja tomēr putna atrašanās vieta atzīmēta ar punktu, jāatceras, ka šā punkta precizitāte labākajā gadījumā ir 100–200 km Z–D virzienā un 30–100 km A–R virzienā. Līnijām, kas savieno dažādas putna uzturēšanās vietas, lielākoties ir tikai ilustratīvs raksturs, jo putna patieso lidojuma maršrutu noteikt nav iespējams. Lai gan putna atrašanās vietu noteikšanā ir daudz neprecizitāšu, ģeolokatori ir pašlaik labākā pieejamā tehnoloģija, kas individuāli ļauj izse-

kot maza izmēra putnu migrācijai. Jau līdz šim ģeolokatori ir atklājuši daudz jauna par putnu migrāciju un to ziemošanas vietām. Vēl tikai pirms gada zinātnieki uzskatīja, ka titiņi *Jynx torquilla*, kas ligzdo Centrāleiropā, ziemo turpat, kur Latvijā ligzdojošie, – Dienvidrietumāfrikā. Tagad zināms, ka tie ir isās distancēs migranti un ziemu pavada Pireneju pussalā vai Āfrikas ziemeļos (van Wijk *et al.* 2013). Interesanti, vai mūsu titiņi tiešām ziemo tur, kur mēs domājam?

Tehnoloģijas turpina attīstīties, un tas laiks, kad ar satelītu raidītāju palīdzību spēsim izsekot dziedātājputnus, vairs nav aiz kalniem. Tas nesīs daudz jaunu zināšanu par šo putnu migrācijas ceļiem un ziemošanas vietām. Lai veiksmīgi realizētu sugu aizsardzības pasākumus, vispirms jāsaprot, ko tieši aizsargāt. Šādas tehnoloģijas, kā ģeolokatori un GPS raidītāji, var sniegt šo vērtīgo informāciju, lai veiksmīgi realizētu putnu aizsardzības pasākumus ne tikai to ligzdošanas areālā, bet arī ziemošanas vietās un migrācijas laikā.

Autora adrese:  
briedis.maartins@gmail.com



### Literatūra

Barron D.G., Brawn J.D., Weatherhead P.J. 2010. Meta-analysis of transmitter effects on avian behaviour and ecology. *Methods in Ecology and Evolution* 1(2): 180–187.

Bridge E.S., Kelly J.F., Contina A., Gabrielson R.M., Maccurdy R.B., Winkler D.W. 2013. Advances in tracking small migratory birds: a technical review of light-level geolocation. *Journal of Field Ornithology* 84(2): 121–137.

Hill R.D. 1994. Theory of Geolocation by Light Levels. In B.J. Le Boeuf & R. M. Laws (Eds.), *Elephant Seals: Population Ecology, Behavior, and Physiology*. Berkeley: University of California Press, 227–236.

Lisovski S., Hahn S. 2012. GeoLight – processing and analysing light-based

geolocator data in R. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 1055–1059.

Lisovski S., Hewson C.M., Klaassen R.H.G., Korner-Nievergelt F., Kristensen M.W., Hahn S. 2012. Geolocation by light: accuracy and precision affected by environmental factors. *Methods in Ecology and Evolution* 3(3): 603–612.

Schmaljohann H., Liechti F., Bruderer B. 2007. Songbird migration across the Sahara: the non-stop hypothesis rejected! *Proceeding of the Royal Society of London B* 274: 735–739.

Van Wijk R.E., Schaub M., Tolkmitt D., Becker D., Hahn S. 2013. Short-distance migration of Wrynecks *Jynx torquilla* from Central European populations. *Ibis* 155(4): 886–890.

### Summary

#### Geolocation by light: technology and principles /Mārtiņš Briedis/

Recent technological development of ultra-light devices allows us to track even small, songbird sized, birds on their migration from breeding grounds to wintering sites and back. This is done by using data-logging device called geolocator which is attached

to a bird and records ambient light intensity. After the bird completes its journey and returns to the breeding site the next year geolocator needs to be retrieved in order to obtain data. Recorded ambient light intensity is further recalculated into daily sunrise and sunset times. The local apparent noon time is used for determining longitude and the day length is used to calculate latitude.

The error of the calculated positions ranges from 30–200 km and depends on time of the year, weather conditions, terrain, habitat type and behaviour of the bird itself. Although, the precision of the calculated positions is not very high, to date, geolocators are the best mean of tracking long distance migration of songbird sized birds.

## Redakcijas piezīme par ģeolokatoru izmantošanu putnu pētījumos Latvijā



Garkalnes mežos 22.06.2013. nākamajā vasarā pēc iezīmēšanas noķerta ligzdojoša zaļā vārņa ar ģeolokatoru uz muguras (starp spalvām redzams tikai gaismas sensors).

Foto: D. Brakmane

Arī Latvijā ir uzsākta ģeolokatoru izmantošana putnu pētījumos. Pirmo reizi šīs ierīces tika izmantotas zaļo vārņu pētījumos 2012. gadā, kad Latvijas zaļo vārņu pētnieks Edmunds Račinskis sadarbibā ar Austrumanglijas universitāti un tās pētnieku Dr. Saimonu Batleru aprīkoja 15 zaļās vārņas ar ģeolokatoriem (Račinskis 2012). Nākamajā, 2013. gadā, no 15 aprīkotajām zaļajām vārņām Latvijā tika redzētas astoņas, no kurām sešas izdevās noķert ģeolokatoru atgūšanai. Atgūti tika tikai trīs ģeolokatori, jo pārējiem trim noķertajiem putniem šīs ierīces bija pazudušas (E. Račinska ziņojums LOB

saietā 2013. gada 2. novembrī; <http://putnidaba.lv/video>). No šiem ģeolokatoriem ir arī iegūti pirmie rezultāti par Latvijas zaļo vārņu ziemošanas vietām Āfrikā, ar kuriem noteikti tiks iepazīstināti žurnāla "Putni dabā" lasītāji.

Otrreiz ģeolokatori tika izmantoti pupuķu migācijas pētījumā. 2013. gada vasarā ar ģeolokatoriem tika aprīkoti 19 pupuķi Ādažu poligonā Viestura Ķerus pētījuma ietvaros sadarbibā ar Šveicē studējošo nīderlandiešu doktorantu Rinu van Vejku (V. Ķerus ziņojums LOB saietā 2013. gada 2. novembrī; <http://putnidaba.lv/video>).



Ar ģeolokatoru aprīkots pupuķis Ādažu poligonā.

Foto: V. Ķerus

Šogad (2014. gadā) vismaz daļu no šīm ierīcēm tiks mēģināts atgūt, lai iegūtos datus varētu arī analizēt un, protams, publicēt žurnālā "Putni dabā".

AGNIS BUŠS,  
agnis@putnidaba.lv

### Literatūra

Račinskis E. 2012. Piecpadsmitā vasara ar zaļajām vārņām. *Putni dabā* 2012/1–2: 34–37.

### Summary

Remark about use of geolocators in bird studies in Latvia /Agnis Bušs/

In Latvia studies with geolocators are made on Roller and Hoopoe.