

1996ko CAF-Elhuyar zientzi
dibulgaziorako sariaren irabazlea



Hegaztien migrazioak

Jon Larrañaga



Jon Larrañaga Poza
(1967)

Andoainen jaiotakoa, gazte-gaztetatik hasi zen inguruko mendi eta bazterrak miatzen eta han sortu zitzaion animalia eta landareengatiko zaletasuna. 1990ean Biologian lizentziatu zen Euskal Herriko Unibertsitatean eta Udako Euskal Unibertsitateko kide da orduz geroztik. Elhuyarrek argitaratutako Hiztegi Entziklopedikoaren eta Euskara-Gaztelania Hiztegiaren erredakzio-taldeko partaide izan da eta artikulua eta dibulgazio-lan ugari argitaratu du, Euskal Herriko Fauna CD-ROM-a eta izenburu bereko gidaliburua, besteak beste. Irakaskuntza eta itzulpengintzan ere aritu da eta natur zientziei buruzko hainbat liburu euskaratu du. Gaur egun Tolosan bizi da.

1996ko CAF-Elhuyar zientzi
dibulgaziorako sariaren irabazlea



Hegaztien migrazioak

Jon Larrañaga

Azalaren diseinua: Juan Luis Blanco. ☎ 943 86 24 00

Maketa: M. Karmen Urdangarin

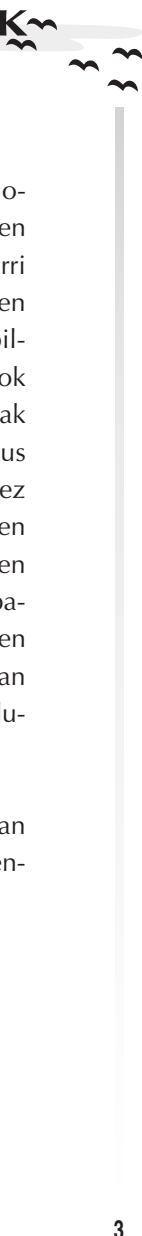
Hezkuntza, Unibertsitate eta Ikerketa Sailak onetsia: 1998-03-11

© Elhuyar Fundazioa. Zelai Haundi, 3. Osinalde industrialdea. 20170 Usurbil (Gip.) (1998)

elhuyar@elhuyar.com - www.elhuyar.org

ISBN: 978-84-92457-55-7

ESKERRONAK



Duela bizpahiru urte hegaztien migrazioei buruzko artikulu bat idazteari ekin nio-netik, eskuetan duzun liburua argitaratu den arte, aurrera egitea erraztu didaten zenbait adiskideren laguntza jaso dut. Aitor Bengoak hainbat datu erabilgarri eman zidan. Edu Aranburuk, Joxerra Aihartzak eta Arturo Elosegik lanaren lehen borradoreak irakurri zituzten eta akatsak zuzentzeko edota azken emaitza biribiltzeko balio izan didaten iradokizun asko egin dizkirate. Joxerrak eta Arturok bibliografia lortzen lagundu zidaten gainera eta azken honek sekulako esfortzuak egin zituen zalantzaz beteta nengoenean lanarekin jarraitzeak merezi zuela ikus nezan. Joxemari Urkolak 4. atala irakurri zuen eta fisika-kontuetan arazorik ez badago, berari zor diot. Iker Etxebestek ere goitik behera irakurri zuen azken borradorea eta akats gramatikal ugari zuzentzeaz gain, testua ulergarriago egiten lagundu zidan. Koma guztiak bere lekuan egoteko hartu zuen lanak soilik, aipamen hau baino gehiago merezi du. Azkenik, Luisi Arregik bibliografia aurkitzen lagundu ninduen, borradoreak irakurri zituen eta oporrik gabe geratu behar izan zuen, behin baino gehiagotan, lehenagotik idatzita egon behar zuena azken ordu-ra arte bukatu ez nuelako. Guztioi nire eskerrik beroenak.

Elhuyar Kultur Elkarteari eta CAF enpresari ere lan hau argitaratzeko aukera eman izana eskertu nahi diet. Ea pixkanaka guztion artean euskarazko dibulgazio zientifikoari behar duen txokoa egiten diogun.

1. SARRERA.....	9
1.1. Zer da migratzea? Zenbait definizio	10
1.2. Zergatik migratu?.....	11
1.3. Migrazioak ikertzeko metodoak.....	14
1.3.1. Behaketa zuzenak	14
1.3.2. Radar bidezko behaketak	15
1.3.3. Irrati-transmisoreen bidezko segimendua eta satelite bidezko segimendua	16
1.3.4. Eratzun bidezko markaketa	17
1.3.5. Laborategietan zein naturan egindako esperimentuak	19
 2. MIGRAZIO-MOTAK.....	23
2.1. Migrazio-eredu arrunta: urtean biko migrazioa.....	23
2.2. Itzulera atzeratua eta itzulera graduala.....	27
2.3. Migrazio diferentzialak	28
2.4. Migrazio partzialak	29
2.5. Jauzi-migrazioak	31
2.6. Dispersioak	35
2.7. Irrupzioak	37
2.8. Mugimendu nomadak	40
2.9. Jazarpen-mugimenduak	42
2.10. Ihes-mugimenduak.....	44
2.11. Sakabanatze-mugimenduak.....	45
2.12. Muda-migrazioak	47

3. NONDIK JOAN: MIGRAZIO-NORABIDEAK ETA MIGRAZIO-BIDEAK..	49
3.1. Fronte zabaleko migrazioak	50
3.2. Fronte estuko migrazioak, inbutu-itxurako migrazioak eta abaniko-itxurako migrazioak	52
3.3. Historiak baldintzatutako bideak	55
3.4. Begizta-migrazioak	57
 4. NOLA MIGRATU: LOKOMOZIOA MIGRAZIOAN ZEHAR	61
4.1. Hegan egitearen printzipio mekanikoak	62
4.2. Tamaina, pisua eta hegan egiteko gaitasuna	68
4.3. Hegan egiteko teknikak.....	69
4.4. Zein abiaduratan hegan egin	77
4.5. Zein abiaduratan planeatu	84
4.6. Zein altitudetan hegan egin	89
4.7. Multzoan hegan egitearen abantailak	93
 5. MIGRATZEKO PRESTATUTAKO GORPUTZA	99
5.1. Hegoen forma.....	100
5.2. Hegan egiteko muskuluen moldapenak	101
5.3. Altitude handitan hegan egiteko moldapenak.....	103
 6. BIDAIRAKO PRESTAKIZUNAK.....	107
6.1. Gantz-metaketa	107
6.2. Gantz-metaketa errazteko moldapenak: hiperfagia, aldaketa metabolikoak eta dieta-aldaketak	113
6.3. Muda.....	115
 7. ORIENTAZIOA ETA NABIGAZIOA.....	119
7.1. Orientatzea, nabigatzea eta pilotatzea: zenbait azalpen	120
7.2. Hegaztien sentimenak.....	121
7.2.1. Ikusmena.....	122
7.2.2. Magnetorrezepzioa	122
7.2.3. Usaimena.....	123
7.2.4. Entzumena	124
7.2.5. Haizearen norabidea eta indarra hautemateko gaitasuna	124
7.2.6. Presio atmosferikoa hautemateko gaitasuna	125

7.3. Orientazio-mekanismoak	125
7.3.1. Eguzkia	126
7.3.2. Lurraren eremu magnetikoa	128
7.3.3. Izarrak.....	131
7.3.4. Beste hainbat erreferentzia posible.....	133
7.4. Nabigazio-mekanismoak	135
7.4.1. Nabigazio inertziala	136
7.4.2. Nabigazio magnetikoa	136
7.4.3. Usain-nabigazioa	137
7.4.4. Bektore nabigazioa	138
 8. HEGAZTI MIGRATZAILEEN KONTSERBAZIO-ARAZOAK	 141
8.1. Gainbeheraren adibide batzuk.....	142
8.2. Gainbeheraren kausak	143
8.2.1. Habitat-galera	143
8.2.2. Ehiza	148
8.2.3. Poluzioa	150
8.2.4. Beste kausa batzuk.....	153
8.3. Kontserbazio-neurriak.....	155
 BIBLIOGRAFIA	 159
 AURKIBIDEA.....	 165



SARRERA

Hegaztien urteroko migrazioak naturan parekorik ez duten gertakizunak dira. Urtero, milaka milioi hegazti joaten dira munduko leku batetik bestera eta, naturan goza daitekeen ikuskizun zoragarrienetako bat eskaintzeaz gain, galdera ugari ekartzen digute burura. Zergatik migratzen dute hegaztiek? Nondik nora joaten dira? Nola dakite bidea?

Urte askotan galdera horien erantzunaren bila aritu eta gero, hegaztien migrazioen konplexutasuna hautematen eta ulertzen hasiak gara azkenean. Mende honetan hegaztien migrazioak sistematikoki aztertzen hasi direnez geroztik, migratzen duten espezieei eta egiten dituzten joan-etorriei buruzko informazio ugari bildu da eta, azken hamarkadetan teknologia berrien laguntzaz naturan zein laborategietan egindako behaketa eta esperimendu ugari esker, orain arte misterio ilun zirenak behin betirako argitzeko bidean daude.

Liburu honetan hegaztien migrazioez gaurdaino dakiguna laburbildu nahi izan dugu. Ez dugu, beraz, fenomenoaren deskribapen hutsarekin konformatzeko asmorik izan eta, adibide gisa kasu partikular ugari erabili dugun arren, portaera desberdinen zergatian sakontzea izan da helburu. Horretarako, migratzea zer den, hegaztiak zergatik migratzen duten eta migrazioak nola ikertzen diren aztertuko ditugu lehenik. Ondoren, bigarren atalean, hegaztiek egiten dituzten migrazio-mota desberdinak azalduko ditugu eta, adibideak erabiliz, migrazio-mota horien inplikazio ekologikoak aztertuko ditugu, hori baita migrazio-mota bakoitzaren zergatia ulertzeko modurik onena. Hirugarren atalean, hegaztiek beren migrazioetan jarraitzen dituzten bideak eta bide horiek era batekoak edo bestekoak izatean era-

gin duten kausez arituko gara. Laugarren atalean, atalik dentsoenean, hegaztien lokomozio-moduak aztertuko ditugu, hau da, hegaztiek nola, zein abiaduran eta zein altueratan migratzen duten ikusiko dugu eta fisikariei “lapurtutako” hainbat ideia eta eredu erabiliz, lokomozio-modu horiek erabiltzearen zergatia azaltzen saiatuko gara. Bosgarren atalean, hegaztiek horren bidaia harrigarriak egitea ahalbidetzen duten moldapenak aztertuko ditugu; seigarrenean, hegaztiak bidaiarako nola prestatzen diren eta, zazpigarren atalean, hegaztien migrazioez ihardunez gero ezinbestean aztertu behar den arazoaz arituko gara, hegaztien orientatzeko eta nabigatzeko gaitasunaz, alegia. Azkenik, zortzigarren atalean, hegazti migrazioaileek zein kontserbazio-arazo dituzten eta arazo horien kausak zein diren ikusiko dugu.

1.1. Zer da migratzea? Zenbait definizio

Migrazioez hitz egin baino lehen, migratzea zer den definitzea komeni zaigu. Hegaztiak etengabe ibiltzen dira leku batetik bestera (janari bila, habia egiteko material edo leku bila...) eta sarritan, oso distantzia luzeak egiten dituzte, baina nekez esan genezake bidaia horiek guztiak mugimendu migratorioak direnik. Zein da, beraz, hegaztien migrazioen ezaugarri bereizgarria? Nola defini daitezke hegazti-migrazioak?

Zenbait definizioen arabera, migratzea “unitate espazial batetik bestera mugitzea” da. Begien bistakoa denez, “unitate espazial” kontzeptuak zer adierazi nahi duen zehatzago finkatzen ez den bitartean, joan-etorri guztiak migrazio lirateke definizio horren arabera eta, esan berri dugunez, gehiegizkoa iruditzen zaigu hori horrela denik pentsatzea.

Askoz gehiago erabiltzen den beste definizio batek dioenez, migrazioak hegaztiak ugaltzen diren lekuaren eta negua igarotzen duten lekuaren arteko joan-etorriko bidaia periodiko eta auresangarriak dira. Esan beharrik ez dago, definizio hori oso ongi egokitzen zaiola gutariko gehienok ezagutzen dugun migrazio-motari, baina hori, arruntena izanda ere, ez da hegaztien artean aurki daitekeen migrazio-mota bakarra eta, beraz, migrazio kontsidera daitezkeen bidaia-mota guztiak, edo ahalik eta gehien behintzat, hartuko dituen definizioen bat nahi badugu, beste definizio zabalago bat bilatu beharko dugu.

Migrazioena oso fenomeno konplexu eta dibertsoa denez eta dibertsitate hori gztia definizio bakar batean laburbiltzea ia ezinezko lana denez, autore batzuek

nahiago izan dute fenomeno migratorioa definitzeko lagungarri izan daitekeen hainbat irizpide zehaztu, migrazioak zer diren zehazki definitu baino. Irizpide horiek ondokoak dira:

- 1.- hegazia leku batetik bestera joatea, baina bidaiaren iraupena janari bila egiten dituen joan-etorriena baino handiagoa izatea;
- 2.- mugimenduak norabide jakin bat izatea eta hegazia janari bila dabilenean bezalakoa ez izatea, hau da, norabide aldakorrekoa ez izatea;
- 3.- hegazia migratzen ari den bitartean migrazioa eragotz lezaketen estimuluei ez erantzutea, baina, ondoren, estimulu horiei ematen zaien erantzuna biziagotzea (migratzen ari den bitartean jateko leku egokiak aurkitu arren, hegazia jatera ez gelditzea, baina, hegaldia amaitutakoan, bidaiari agortutako energi erreserbak berreskuratzearaino jatea, adibidez) eta
- 4.- irten baino lehenago eta heldu eta gero portaera bereziak agertzea.

Lau irizpide horiek jarraituz gero ere, kanpoan utz genezake migrazio-motaren bat edo beste (migrazio bertikal gehienak, adibidez, ez datoz lau irizpide horiekin guztiz bat), baina hori beti gertatuko zaigu. Migrazioak *continuum* baten muturretako bat dira eta ez zaigu beti posible izango migrazioak janari bila egindako joan-etorrietatik bereiztea. Continuum-aren muturreko kasuetan (aurreko paragrafoan adierazitako definizioarekin bat datozenetan, adibidez) argi jakin dezakegu migrazioez edo janari bila egindako mugimenduez ari garen, baina batzuen eta besteen ezaugarriak dituzten tarteko kasu asko dago eta horietan ezin da inoiz denen gusturako erabakirik hartu.

Horregatik, liburu honetan ez gatzaizkio aipatu definizio horietako bakar bati lotuko. Gure helburua hegazi-migrazioen ahalik eta ikuspegi zabalena ematea denez, migrazioetat hartu izan diren mugimendu guztiak izango ditugu kontuan, besterik gabe.

1.2. Zergatik migratu?

Guztira 9.000 hegazi-espezie inguru bizi dira munduan eta horien erdiak, gutxi gorabehera, migratu egiten du. Aipagarria da gainera, hegaztien artean oso arraroak direla ingurune-aldaketei aurre egiteko bestelako estrategiak. Ugaztun eta narrastien artean aski arrunta den hibernazioa, esaterako, ia ezezaguna da hegaztien artean. Izan ere, neguan hibernatu egiten duen hegazi-espezie bakarra aurkitu da orain artean, *Phalaenoptilus nuttallii* izena duen zata iparramerikarra hain zuzen ere. Espezie horretako aleek hiru hilabete pasa ditzakete hibernatzen horre-

tarako aukeratutako haitzuloan sartuta (denbora horretan, beren gorputz-temperatura 10 °C-raino jaisten da eta udazkenean zehar metatutako gantza erabiltzen dute bizirik irauteko, hau da, benetako hibernazio-egoeran egoten dira), baina hegaztien artean, bitxikeria bat baino ez da estrategia hori.

Beraz, migratzea oso gertakizun arrunta da hegaztien artean eta hegaztiak horretara bultzatzen dituen arrazoi indartsuren bat badagoela pentsa dezakegu. Zein izan ote daiteke arrazoi hori? Zer dela eta migratzen dute hegaztiak?

Itxuraz, erraza da galdera horri erantzutea. Hegaztiak elikagai-eskasiatik ihes egiteko migratzen dute. Sarritan, hegaztiak neguko eguraldi hotzetik eta udako berotik ihes egiteko migratzen zutela pentsatu izan bada ere, gaur egun ez du inork uste benetako arrazoiak hori denik, ongi baitakigu hegaztiak ez dutela tenperatura bero edo hotzei aurre egiteko aparteko arazorik. Adibideren bat jartzearen, Svalbard irltako lagopodoak aipa ditzakegu; neguan ohizkoak dira -30 °C-ko tenperaturak, baina hala ere lagopodoek ez dute migratzen, negu guztian zehar behar adina landare-kimu aurkitu eta jateko gai dira eta. Nolanahi ere, elikagai-eskasia klimarekin lotuta egoten da ia beti eta arrazoi horrexegatik migrazio gehienak fenomeno ziklikoak dira.

Asko dira, bestalde, elikagai-eskasiak migrazioetan duen eraginaren adibide gisa erabil daitezkeen kasuak. Izan ere, oso erlazio estua dago, hegaztien elikatze moduaren eta portaera migratorioaren artean. Espezie migratzaile gehien duen taldeetako bat, esate baterako, hegazti intsektiboroena dugu. Europako eskualde epel eta artikoetan, adibidez, ia guztiz desagertzen dira neguan intsektu hegalaria eta, horren ondorioz, airean harrapatutako intsektuz soilik elikatzen diren hegaztiak (enarek, sorbeltzek eta zatek, adibidez) eskualde epelagoetara migratzen dute. Beste hegazti batzuk, gerritxoriak adibidez, negua pitzadura eta zulotxoetan sartuta igarotzen duten intsektuak harrapatzeke gai dira eta ez dute migratu beharrik. Okilek, kaskabeltzek eta amilotzek aldiz, beren dieta aldatu egiten dute eta haziak eta fruituak jaten dituzte neguan zehar.

Latitude altu eta ertainetako ahate eta zangaluze gehienak ere migratzaileak dira. Hegazti horiek uretan edo ur-ertzean aurkitutako ornogabe edo landarez elikatzen dira eta neguan ura izoztuz gero, janik gabe geratuko lirateke. Hori dela eta, negua hotza izaten den lekuetako ahate eta zangaluzeek migratu egiten dute. Espezie horietako gehienek urtero migratzen dute (hainbatek neguan izozten ez diren ur-masak dauden leku hurbiletara besterik ez, eta beste zenbaitek, tropikoez beste aldera), baina gutxi batzuek oso negu gogorretan soilik migratzen dute, beraiek bizi diren laku, ibai edo itsasertza izoztu denean baino ez.

Beste motatako baliabideak ustiatzen dituzten hegaztien artean (hegazti harri-parien artean, haziz elikatzen diren hegaztien artean, landarez elikatzen diren hegaztien artean, etab.) ezin da horrelako orokortzerik egin, baina, oro har, zera esan dezakegu: oso elikadura espezializatua duten eta neguan ezin eskura daitekeen baliabide-mota bakar bat ustiatzen duten hegazti askok migratu egiten dute. Eta, esan beharrik ez dago, zenbat eta gogorragoa eskualde bateko negua, hainbat eta espezie ez-migratzaile gutxiago aurkituko dugula bertan.

Hala ere, eman berri dugun erantzun hori klima epel edo hotza duten lekuetan bizi garenon ikuspuntutik emanda dago. Gu bizi garen lekuan, hegaztiak bertara udaberrian heltzea, udaberri eta udan ugaltzea eta udaren amaieran edo udazkenean joatea da usuena, eta hegazti horiek denak ugaltzen diren lekuetakoak direla kontsideratzen dugunez, alde egitearen arrazoiez galdetzen diogu geure buruari eta ez udaberrian etortzearen arrazoiez. Baina, arazoaren ideia orokorragoa izateko, begira diezaiogun kontrako ikuspuntutik. Demagun tropikoetan edo tropikoetatik gertu bizi garela. Bertako klima nahikoa egonkorra da eta urte guztian daude intsektuak, haziak edo hegaztiak jan dezaketen beste zernahi, baina hala ere, urtero, sasoi beretsuan, hegazti asko joan egiten dira beste nonbaitera ugaltzera eta, ugaltu ondoren, itzuli egiten dira. Orduan, kontrakoa galdetuko genioke geure buruari: zergatik joaten dira hegaztiak beste nonbaitera ugaltzera? Zergatik ez dira gelditzen eta bertan ugaltzen?

Bi galdera horien erantzunek ere elikagaiak lortzeko erraztasunarekin dute zerikusia: migratzeak, beste espezieen edo espeziekide ez-migratzaileen lehia saihestea eta zenbait eskualdetan sasoi jakin batzuetan egoten den janari-ugaritasunaz baliatzea ahalbidetzen die hegazti migratzaileei.

Horren adibide garbienak, negua eskualde epel edo beroetan pasa eta gero ugaltzera tundra artikora joaten diren espezieak dira. Artikoko uda oso laburra da, baina oso oparoa ere izaten da eta, argi-orduak ere asko izaten direnez, bertara joandako hegaztiak nahi adina janari lor dezakete sasoi horretan; baina, aitzitik, hegazti gehienak ez dira artikoko negu luze eta gogorrari aurre egiteko gai. Beraz, migratzeak eskualde artikoko udako oparotasuna aprobetxatzea ahalbidetzen du. Ez dugu ahaztu behar, sarritan, elikagaiengatiko lehia handia izaten dela hegaztien artean eta ugal-sasoian, beren burua ezezik, hainbat txita goseti ere elikatu behar dutela. Iparralderagoko leku emankor (udan) eta erdi-hutsetara migratzeak urteroko txitaldia arrakastatsua izatea ahalbidetzen du eta hori dela kausa, hegaztien historia ebolutiboan migratzaile bilakatzearen aldeko presio handia egon da.

Nolanahi ere, bigarren azalpen honek ere ez gaitu erabat aseta utzi behar. Migratzea ez da gauza erraza. Hegan egitea leku batetik bestera joateko modu erraz eta merkea da, baina hala ere, hegaztiak neke handiz lortutako energia asko erabili behar izaten dute migratzeko eta, gainera, mota askotako arriskuei aurre egin behar izaten diete. Hori dela eta, zenbaitetan migratzearen kostuak abantailak gainditzen ditu eta horrelakoetan, ez du merezi migratzeak; beste batzuetan, migratzeak abantaila garbiak ditu (enara, sorbeltz eta zaten kasuan abantailak bistakoak dira, migratuko ez balute neguan ez bailukete bizitzeko adina intsektu harrapatzerik izango eta hil egingo bailirateke) eta migratzea komeni da; beste hainbatetan, ordea, migratzearen abantailak eta kostuak orekatuta egoten dira eta horrelakoetan, espezie batzuek migratu egiten dute, beste batzuek ez eta askok erdiko bidetik jotzen dute, hau da, espezieko ale batzuek migratu egiten dute eta beste batzuek ez. Azken horiek migratzaile partzial deritzen espezieak dira.

1.3. Migrazioak ikertzeko metodoak

1.3.1. Behaketa zuzenak

Migrazioak ikertzeko modurik sinpleena prismatikoak edo teleskopioa hartu eta hegazti-paseari begira jartzea da. Horrela, migratzen ari diren hegaztiak identifikatu eta zenba daitezke eta, nahi izanez gero, beren portaera ere azter daiteke. Behaketa horiek sistematikoki eginez gero, migrazio-sasoiko egun guztietan eta hainbat urtez segidan, adibidez, informazio garrantzitsua lor daiteke, hala nola, espezie bakoitzak migratzen duen urte-sasoia, espezie bakoitzeko zenbat ale pasatzen den eta zein maiztasunez, zein eguraldirekin eta zein norabide eramaten duten, espezie desberdinetako populazioetan denboran zehar gertatutako aldaketak, etab. Teknika sinple hau 1930eko hamarkadan hasi zen maila handian erabiltzen eta asko erabiltzen da oraindik ere, batez ere, pase handiko lekuetan jarritako behatoki finkoetan.

Azken urteotan, airetik egindako behaketak geitu zaizkie, gainera, lurretik egindako behaketa zuzenei. Horretarako, hegazkin ultrarinak erabiltzen dira. Hegazkin hauek nahikoa astiro egiten dute hegan eta horri esker, hegazti-multzoetatik oso gertu hegan egin dezakete ikerlariak. Era horretan, lurretik teknika konplexu eta garestiak erabiliz soilik lor daitekeen datu asko lortzen da. Suedian, adibidez, kurriloen hegan egiteko teknika aztertzeak erabili da metodo hori eta, Israelen, hegazkin ultrarinen erabiltzean oinarritutako hainbat proiektu

jarri da martxan azken urteotan, herri horretan nahikoa arazo larria diren hegazti eta hegazkinen arteko talkei konponbidea bilatzearren¹.

Gauetz migratzen duten hegaztien kasuan, zailagoa da behaketa zuzenak egitea, iluntzean edo egunsentian ez bada ezin baitira hegazti horiek migratzen ikusi. Arazo hori konpontzeko ornitologoek erabili duten tekniketako bat ilargi beteari begiratzea da. Prismatikoen edo teleskopioaren laguntzaz ilargiari begiratzuz gero, migratzen ari diren hegaztien soslaiak ikusten dira eta hainbat kalkulu eginda, hegazti horiek zein norabidetan zihoazen jakin daiteke. Hala ere, oso trebezia handia behar da soslaia soilik ikusita hegaztiak ongi identifikatzeko eta, gainera, nahikoa kalkulu zailak egin behar dira hegaztiekin daramaten norabidea jakiteko. Horren ondorioz, gaur egun ez da oso maiz erabiltzen metodo hori.

1.3.2. Radar bidezko behaketak

Gaueko migrazioak ikertzeko arazoa 1950eko hamarkadan hasi zen konpontzen, ornitologoak radarra erabiltzen hasi zirenean, hain zuzen ere. Orduz geroztik, migrazioak ikertzeko ezinbesteko tresna bilakatu da radarra eta behaketa zuzenak utzitako hainbat hutsune bete ahal izan da. Izan ere, prismatikoak edo teleskopioak erabili arren, ezin dira oso altu pasatzen diren hegaztiak ikusi eta, bestalde, behatzaileak puntu gutxi batzuetan kontzentratzen direnez, ohiko behalekuetatik kanpo gertatzen denari buruzko berri gutxi izaten da. Radarrari esker, arazo horiek gainditu dira eta, gainera, hegaztien altuerari, norabideari eta abiadurari buruzko datu fidagarri asko lortu dira.

Gaur egun, bi radar-mota desberdin erabiltzen dira migrazioak ikertzeko: zaintza-radarrak eta segimendu-radarrak. Lehenek oso eremu zabala hartzen dute eta ondorioz, oso zero-zati handian eta altuera desberdinetan migratzen ari diren hegaztiak detektatzeko balio dute, baina, ordainetan, ez dute detektatutako hegaztien altuera jakiteko balio. Segimendu-radarrek, berriz, askoz eremu estuagoa hartzen dute eta horri esker, hegazti edo multzo bakar bat detektatutakoan, bere posizioa, altitudea, norabidea eta abiadura ezagutzea ahalbidetzen dute. Gainera, multzo edo hegazti bakar bat denbora luzez segitzeko erabil daitezke.

¹ Hegazkin-trafikoa hazi ahala, larriagotu egin da hegazti eta hegazkinen arteko talken arazoa. Diru-galera handiez gain, hegazkinetako bidaiarien bizitza arriskutan jarri dute talka horiek behin baino gehiagotan eta aireko segurtasunaren ardura duten agintariak kezkatuta daude. Hegaztiekin noiz, nola eta nondik migratzen duten jakiteak arazo horiek saihesten edo gutxiagotzen lagun dezakeenez, hegazkin-konpainiek eta aireko segurtasunaren arduradunek hegaztien migrazioak ikertzea helburu duten proiektu asko bultzatu dute eta teknologiarik aurreratuenak jarri dituzte ikerlarien eskuetan.

Radar bidezko behaketa asko egin den lekuetan (Estatu Batuetan, Suedian eta Britainia Handian, nagusiki) fenomeno migratorioa askoz hobeto ezagutzeko balio izan duen informazio ugari bildu da. Metodo hau oso baliotsua izan da, adibidez, gaueko migrazioak zein garrantzitsuak diren jakiteko, eguraldiak migrazioetan duen eragina aztertzeke edo hegaztien hegan egiteko moduari eta aerodinamikari buruzko teorien balioa egiaztatzeke.

Radarrak baditu, dena den, bere alde txarrak. Oso zaila izan ohi da, ia beti, radarrak zein espezieetako hegaztiak detektatu dituen jakitea. Segimendu-radarrek jasotako irrati-seinaleen modulazioa aztertuz, detektatutako hegaztiekin hegoak nola astintzen dituzten jakin daiteke eta horrela, hegaztiak zein tamainakoak diren jakin daiteke normalean eta zein taldekoak diren asko jota, baina, gehienetan, ez dago zein espezieetakoak diren jakiterik. Ondorioz, ezin da jakin detektatutako hegaztiak distantzia handiak edo distantzia laburrak egiten dituzten espezieetakoak diren eta urrutitik etorritako hegaztiak edo inguruko populazioetako kideak diren.

Arazo hori radar bidezko behaketak behaketa zuzenekin konbinatuz konpon daiteke neurri handi batean eta, gainera, informazio interesgarri gehiago lor daiteke era horretan. Radarrak detektatutako hegazti-multzoak kontatuta eta behaketa zuzenen bidez multzoen batezbesteko tamaina kalkulatu, hegazti migratzaileen populazioen tamaina estima daiteke. Teknika horrek Eskandinavian ugaltzen den kurriko-populazioa 10.000 eta 30.000 ale bitartekoa dela kalkulatzeko eta Suediako hegoaldetik, urtero, milioi eta laurden pagauso pasatzen dela jakiteko balio izan du, besteak beste.

1.3.3. Irrati-transmisoreen bidezko segimendua eta satellite bidezko segimendua

Azken urteotan, garapen handia izan du, halaber, irrati-transmisore txikiak erabiliz hegaztiei egindako segimenduak. Gaur egun, 1-2 g basterik pisatzen ez duten irrati-transmisoreak egiten dira. Transmisore horiek hegaztien bizkarrean jar daitezke eta igortzen duten seinalea hainbat kilometrotara jaso daiteke irrati-hartzaile eta antena egokiaren laguntzaz. Azken bi tresna horiek hegazkin edo automobil batean jarri gero, migratzen ari den hegaztiaren atzetik joan daiteke ikerlaria eta ibilbideari, abiadurari, atsedeen-lekuei eta abarri buruzko informazio baliagarria lor daiteke. 1987ko udaberrian, adibidez, W.W. Cochran ikerlari estatubatuarrek *Catharus ustulata* espezieko birigarro baten segimendua egin zuen. Illinoisen harrapatutako 39,8 g-ko birigarroari, 1,3 g-ko irrati-transmisorea jarri zitzaion eta aste betez jarraitu zen bere bidaia. Denbora horretan, hegaztiak 1.500 km egin zituen; gau batzuetan (espezie horrek gauez migratzen du) 8 orduko hegaldiak

egin zituen eta beste batzuetan 3-5 ordukoak, fronte hotz batekin egin baitzuen topo. Bestalde, birigarroak bere bidean zehar norabide aldaketa txikiak egin zituela ikusi zen eta zeruak guztiz lainotuta egoteak bere orientazio-gaitasunean inolako eraginik ez zuela ere frogatu zen.

Hegaztiaren atzetik joan beharrean, segimendua satellite artifizialen bidez egitea ahalbidetzen duten teknikak ere garatu dira berriki. Horretarako erabiltzen diren irrati-transmisoreak dezente astunagoak dira (45 g inguru pisatzen dute txikieneak) eta hegazti handiei soilik jar dakizkieke, baina hainbat hilabetez funtzionatzen dute eta hegaztiaren atzetik joan beharrik ez dagoenez, itsaso zabalean ibiltzen diren hegaztien segimendua egiteko balio dute. Teknika berri horiek albatrosen eta ekaitz-txorien segimendua egiteko erabili dira orain artean. 1990ean, adibidez, txita jaio berriak bazkatzen ari ziren *Diomedea exulans* espezieko sei albatrosen segimendua egin zen. 10-12 kg pisatzen zuten albatros haiei 180 g-ko transmisoreak jarri zitzaizkien eta horiek satelitera igorritako seinalea Frantziara bidali zen. Era horretan, Frantziatik segi ahal izan ziren Indiako Ozeanoan zebiltzan hegaztien joan-etorriak eta informazio berri asko bildu ahal izan zen. Besteak beste, janari bila egindako irteera bakar batean, albatrosek 3.500 eta 15.000 km bitartean egiten zutela ikusi zen eta egun bakar batean 900 km egiteko gai zirela jakin zen (horretarako 80 km/h abiaduran hegan egin behar izan zuten hainbat orduz). Horretaz gain, albatrosek gauzez ere hegan egiten zutela frogatu zen lehen aldiz.

Sistema hau, dena den, garestia da oraindik ere, baina teknologia hobetu ahala, espezie gehiagotan erabili ahal izango diren transmisore txiki eta merkeagoak lortuko direla espero da eta, gainera, transmisore berriek hegaztiaren egoera fisiologikoari buruzko datuak (gorputz-tenperatura, bihotz-taupaden maiztasuna, etab.) bildu eta transmititu ahal izango dituztelako esperantza dago.

1.3.4. Eratzun bidezko markaketa

Migrazioen ikerketan gehien eragin duen metodoa eta etekinik handiena eskaini duena eratzun bidezko markaketa izan da. Ia ehun urteko historia duen metodo hau mundu guztian erabili da kasik eta beste edozein metodok baino informazio gehiago eman du hegaztien migrazio-bide, negutze-eskualde, migrazio-sasoi eta migrazio-estrategiei buruz.

Sistema honen funtsa oso sinple eta ezaguna da. Lehenik, hegaztia bizirik harrapatu behar da. Ondoren, harrapatutako aleari buruzko hainbat datu garrantzitsu apuntatzen da, hala nola, hegaztia harrapatu den lekua, zein espezieetakoa den,

sexua (jakin badaiteke), bere pisua, azalpean metatutako gantz-kopurua, lumajearen egoera... eta gero, letra eta zenbakiz osatutako kode bat eta helbide bat grabatuta duen metalezko eraztun² bat jartzen zaio hankean. Azkenean, hegaztiari jarri zaion eraztun kodeduna apuntatzen da gainerako datuekin batera eta aske uzten da hegaztia.

Probabilitatea txikia izaten den arren, norbaitek hegaztia aurki dezake hainbat denbora geroago. Hori hilda baldin badago, aurkitu den lekua eta akaso data dira datu baliagarrienak, baina bizirik aurkituz gero, lehen aldiz harrapatutakoan hartutako datu guztiak bil daitezke. Gero, eraztunean jartzen duen helbidera bidali behar dira datu horiek guztiak.

Era horretan hegaztia nondik nora ibili den eta bidaia hori egiteko behar izan duen gehieneko denbora ere jakin daitezke gutxienez eta, zorioneko kasu gutxi batzuetan, hegaztia markatu eta gutxira berreskuratu denean, askoz zehatzago ezagutu daiteke bidaia egiteko behar izan duen denbora eta, akaso, bidaian galdu duen pisua. Hala ere, berreskuratzen diren eraztunen portzentaia oso txikia da: % 15-30 ingurukoa hegazti handietan, batez ere ehizatu egiten direnetan, eta % 1 ingurukoa hegazti txikien kasuan.

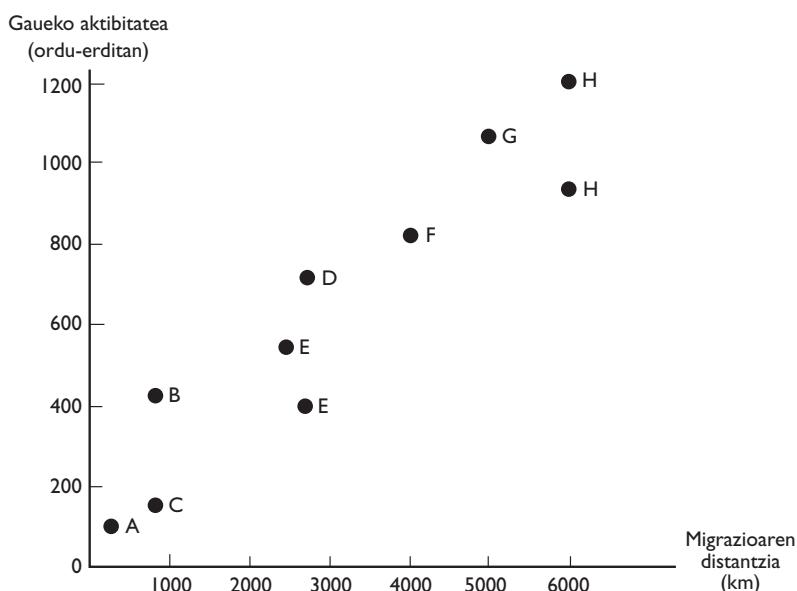
Hegaztiak eraztunez markatu ahal izateko harrapatu egin behar dira lehenik eta, horretarako, nekez ikusten diren sare handi eta finak erabiltzen dira gehienetan. Sare horiek leku egokian jarritz gero, ia espezie guztietako hegaztiak harrapatzeko balio dute eta, gainera, nahikoa merkeak direnez, ornitologo afizionatuek ere erabil ditzakete.

Horrek guztiak ezin metodo arrakastatsuagoa bilakatu du markaketarena. Ornitologiagatiko zaletasun handia dagoen lekuetan, hegazti asko markatzen da urtero (Britainia Handian, esaterako, 800.000 ale markatzen dira batezbeste eta Estatu Batuetan milioi eta erdi) eta, azken mendean (1899an egin ziren lehen saioak), ehundaka milioi ale markatu dira mundu guztian. Horri esker, espezie askoren migrazioei buruzko informazio ugari lortu da.

² Europan, eraztun horiek EURING izeneko nazioarteko erakundeak ezarritako arauen arabera egiten dira eta hegazti-markaketa arautu eta kontrolatzeko eginkizuna izaten duten hainbat erakundek banatzen dituzte ornitologo profesional zein afizionatuen artean. Eraztunaren kodea eskusiboa da (ez da kode bera duen beste eraztunik izaten) eta, normalean, helbidea laburtuta egoten da eraztunean sartu ahal izateko. Tamaina desberdinetako eraztunak egiten dira tamaina guztietako hegaztiari jarri ahal izateko.

1.3.5. Laborategietan zein naturan egindako esperimentuak

Laborategietan egindako esperimentuek ere garrantzi handia izan dute migrazioen ikerketan. Gehien erabili den metodoetako bat ezinegon migratorio deritzonaren azterketa izan da. Ezinegon migratorioa karioletan sartutako hegazti migratzaileek migrazio-garaian nozitu ohi duten egoera da. Barne-estimuluek eraginda, hegazti horiek aurrera eta atzera saltoka eta hegan ibiltzen dira etengabe eta oso maiz astintzen dituzte hegoak pausatuta daudenean. Egoera hori bereziki nabaria da gauez migratzen duten hegaztietan, eguzkia sartutakoan, normalean bezala atsedean hartu ordez, oso aktibo izaten baitira. Portaera horren intentsitatea neurtuz, hegazti migratzaileen portaerari buruzko oso informazio garrantzitsua lortu da, kaiolan sartutako hegaztien ezinegon migratorioa espezie bereko ale askeen portaera migratorioaren islada baita.



1.1 irudia. Gauez migratzen duen hainbat hegaztiren ezinegon migratorioak irauten duen denbora eta hegazti horiek beren migrazioetan egiten duten distantzia konparatzen dituen grafiko honetan ikus daitekeenez, korrelazio handia dago ezinegon migratorioaren iraupenaren eta migrazio-distantziaren artean. Oso migrazio luzeak egiten dituzten hegaztiak oso ezinegon migratorio luzea erakutsi dute laborategian eta alderantziz. Txio horiak, adibidez, Afrikako hegoalderaino migratzen du Europatik eta 3 edo 4 hilabete behar izaten ditu bidaia hori egiteko. Hegazti horren ezinegon migratorioak 4 hilabete baino gehiago irauten ditu. Txio arruntak, aldiz, Afrikako iparralderaino soilik migratzen du eta hilabete 1 edo 2 behar izaten du horretarako. Hegazti honen ezinegon migratorioa 60 egun ingurukoa da. A = txinbo sardiniarra, B = etze-txinboa, C = txinbo burubeltza, D = txinbo kaskabeltza, E = txio arrunta, F = txinbo papargorritza, G = baso-txinboa eta H = txio horia (txio arruntaren eta txio horiaren datuak baldintza desberdinetan neurtu zirenez, bi emaitza desberdin ageri dira espezie horien kasurako). (Iturria: Gill 1990).

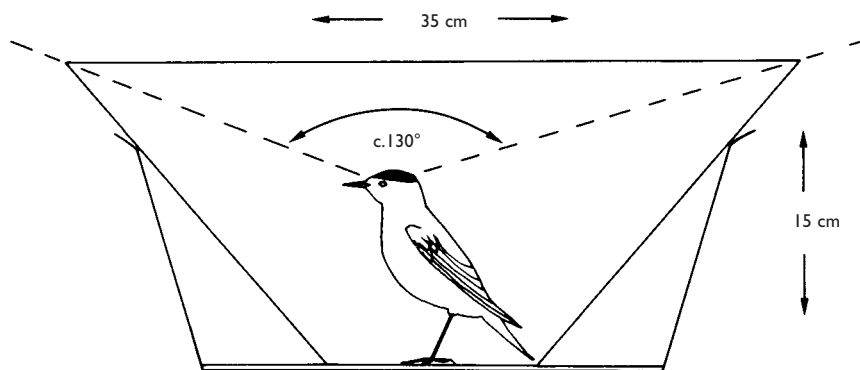
Azken hamarkadetan, migrazio-garaian hegaztietan gertatzen diren aldaketa metabolikoak, dieta-aldaketak eta portaera-aldaketak, hegaztiak migratzera bultzatzen dituzten kontrol-mekanismoak eta hegazti migratzaileak ez-migratzaileetatik bereizten dituzten moldapen morfologiko, fisiologiko eta portaerazkoak ere ikertu dira laborategietan, baina gehien ikertu den hegazti migratzaileen ezaugarria orientazio-mekanismoak izan dira, ezbairik gabe.

Horretarako, hiru eratako metodoak erabili dira: hegaztiak naturan behatzea, aske bizi diren hegaztiekin egindako esperimentuak eta orientazio-kaxen laguntzaz egindako esperimentuak.

Naturan, hegaztien ugal-eskualdearekiko, negutze-eskualdearekiko eta migrazio-bideetan zehar topatzen dituzten atsedeen-lekuekiko atxikimendua neur daiteke hegazti markatuak erabiliz eta, era horretan, zein zehaztasunez orientatzen diren jakin daiteke. Bestalde, radarra eta behaketa zuzena erabilita, espezie bereko ale edo multzo desberdinek aukeratutako norabideak konpara daitezke eta hegaztiak erreferentzia gisa erabil ditzaketan ibai, mendikate, itsasertz eta abarren garrantzia azter daiteke.

Aske bizi diren hegaztiekin egindako esperimentuei dagokionez, desplazamendu-esperimentu deritzenak errepikatzen dira gehien. Esperimentu horien funtsa oso sinplea da: ugal-eskualdean harrapatutako hegazti migratzaile zein ez-migratzaileak harrapatu diren lekutik hainbat kilometrotara eramaten dira eta aske uzten dira. Gero, ugal-eskualdera itzultzen diren edo migrazio-garaia bada, negutze-eskualderako bidea aurkitzeko gai diren ikusten da. Era horretako esperimentuak egiteko gehien erabili den espeziea uso mezularia izan da. Uso hori ez da migratzailea eta ezta bere arbaso hurbilena (haitz-usoa) ere, baina bere usategia aurkitzeko gaitasun handia duela erakutsi du eta orientatzeko eta nabigatzeko gaitasunari buruzko zalantza ugari argitzeko balio izan du.

Azkenik, orientazio-kaxa deritzenetan egindako esperimentuak hegaztien ezinegon migratorioaz baliatzen dira. Ezinengon migratorioa duten garaian, hegazti migratzaileek nahiago izaten dute norabide batzuetan mugitzea, beste batzuetan mugitzea baino eta aukerako norabide horiek sasoi horretan migratzen ari diren espezieekideen bidaiaren norabidearekin bat etortzen dira neurri handi batean. Nola orientatzen den jakiteko, hegaztiak horretarako erabiltzen bide dituen erreferentziak manipula daitezke laborategian eta baldintza berrietan zein norabide aukeratzen duen beha daiteke. Zazpigarren atalean ikus daitekeenez, orientazio-tresnei buruzko informazio erabilgarri asko eskaini du metodo honek.



I.2. irudia. Orientazio-kaxa baten eskema. Barruan sartutako hegaztiak kanpoaldea ikusten duenez, atera nahi izaten du eta paretetarantz jauzi egiten du. Kaxaren ondo lauan tinta jarrita edo kaxaren paretak inklinatuak paper bereziz estalita, hegaztiak nahiago duen norabidea zein den jakin daiteke paretetan utzitako oin-arrostoei esker. (Iturria: Helbig, 1991b)

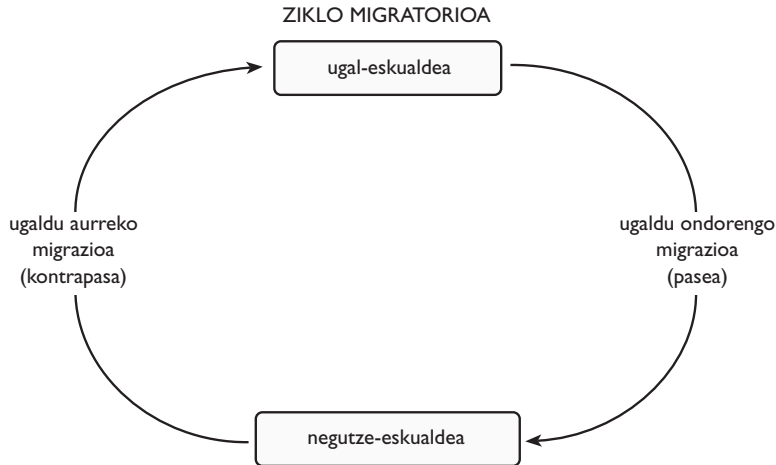
MIGRAZIO-MOTAK

Fenomeno migratorioa oso dibertsoa da. Migrazioak hegaztiak ugaltzen diren lekuaren eta negua igarotzen duten lekuaren arteko joan-etorriko bidaia periodiko eta auresangarriak direla dioen definizio murriztailea aukeratuz gero ere, definizioarekin bat datozen baina elkarren artean oso desberdinak diren hainbat migrazio-mota aurki genitzake; eta migrazio-fenomenoaren definizio zabalagoren bat onartuz gero, askoz gehiago lirateke migrazio-motak. Ondoko ataletan dibertsitate hori guztia aztertzen saiatuko gara. Hasteko (2.1., 2.2., 2.3., 2.4. eta 2.5. atalak) migrazio-eredu garrantzitsuenak aztertuko ditugu. Lehenik, urtean joan-etorri bana egitean datzan eredu arrunta ikusiko dugu eta, jarraian, eredu horren hainbat aldaera. Gero (2.6., 2.7., 2.8., 2.9., 2.10., 2.11. eta 2.12. atalak), zenbait autoreren ustez migrazio kontsideratu behar den baina aurreko eredu horiekin zerikusi handirik ez duen beste hainbat migrazio-mota aztertuko dugu.

2.1. Migrazio-eredu arrunta: urtean biko migrazioa

Hegazti askok ugal-eskualde deritzon eremuan pasatzen dute ugal-sasoia eta, ize-nek diotenez, ugaltu egiten dira bertan. Sasoi horren bukaeran, uda-amaieran edo udazkenean, urtero egin ohi duten bi bidaietako bat egiten dute: ugaltu ondorengo migrazioa edo pasea. Bidaia hauek oso luzeak izaten dira sarritan eta negutze-eskualdean¹ amaitzen dira. Negutze-eskualdean hainbat hilabete egin ondoren, negua amaitu baino lehen, sarritan, eta udaberrian, beste hainbatetan, ugal-

-eskualdean amaitzen den beste bidaia egiten dute hegaztiak, ugaltze aurreko migrazio edo kontrapasa (ikus 2.1. irudia).



2.1. irudia. Urtean biko ziklo migratorioaren eskema.

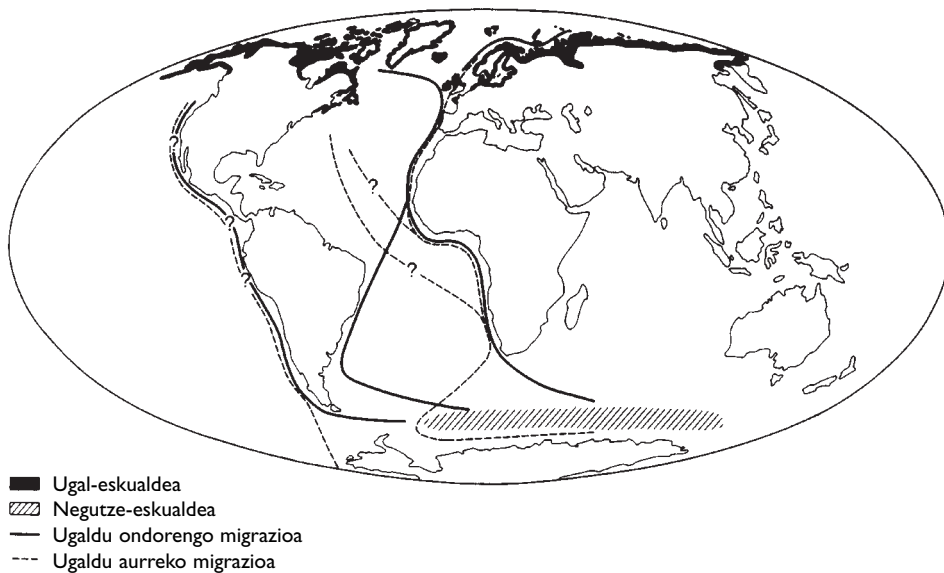
Bestalde, mota horretako portaera duten hegaztiei, hau da, urtero ugaltze-eskualdearen eta negutze-eskualdearen arteko joan-etorria egiten duten hegaztiei, urteroko migratzaile edo migratzaile, soilik, esaten zaie, urte guztian zehar ugaltze-eskualdean egoten diren hegaztietatik bereizteko. Migratzen ez dutenei berriz, hegazti erresidente, sedentario edo ez-migratzaile deritze.

Eredu hori betetzeko, aski da hegaztia bidaietako bat amaitzen den eskualdean ugaltzea eta beste bidaia bati esker, ugaltze-eskualdean urtero sortzen diren baldintza kaltegarrietatik (gure latitudean, neguko eguraldi hotzaren edo elurteen ondorio izaten den janari-ekasietatik alde egitea izaten da arrazoi hori, baina bestelako arrazoiak ere egon daitezke, tropikoetako hainbat eskualdetan, adibidez, lehorteak eragindako janari-falta da hegaztiak migrarazten dituen) alde egin eta beste leku batean babes hartzea. Joan-etorrien iraupenak eta luzerak, beraz, ez du garrantzirik eta, milaka kilometroko bidaiak edo kilometro gutxi batzuetako joan-

¹ "Negutze-eskualde" izena ez da oso egokia. Hegazti asko negua baino lehenago heltzen dira eskualde horretara edo negua pasa eta gero joaten dira bertatik eta, beraz, negua pasa baino zerbait gehiago egiten du bertan. Are gehiago, leku horiek beste hemisferioan egoten dira, sarritan, eta, ondorioz, uda izaten da hegaztiak bertan pasatzen duten denbora gehiena. Hala ere, guk "negutze-eskualde" erabiliko dugu, oso maiz erabiltzen delako, alde batetik, eta "ugaldu ondorengo migrazioaren eta ugaltze aurreko migrazioaren artean hegaztia egoten den lekua" edo antzeko beste edozer esatea baino askoz erosoagoa delako bestetik.

-etorriak egiten dituzten espezieak aurki ditzakegu era horretako migrazioak egiten dituztenen artean.

Hegazti migratzaile guztietatik bidaia luzeena egiten duena ipar-txenada da, seguraski. Hegazti honek Ipar poloaren inguruan egiten du habia, Eurasia eta Amerikako iparraldean eta izotzez estali gabeko lurra aurki dezakeen ia edozein irlatan. Ipar polotik gertuen ugaltzen ikusi diren ipar-txenadak Groenlandiako ipar-muturrean ikusi dira, 84°ko ipar latitudean. Uda-amaieran, hegoaldera migratzen hasten dira txenadak eta azaro aldera Antartikoaren inguruko itsasoetara heltzen dira. Europako, Siberiako eta Ipar Amerikako ekialdeko txenada gehienek Afrikako mendebaldeko itsasertzean barrena egiten dute bidaia hori, baina gutxi batzuek Ozeano Atlantikoa zeharkatzen dute ekuatorera heldu baino lehen eta Hego Amerikako ekialdeko itsasertzean barrena segitzen dute. Ipar Amerikako mendebaldeko ale askok, berriz, Amerikako mendebaldeko itsasertzean barrena migratzen dute.



2.2. irudia. ipar-txenadaren migrazio-zikloa. (Iturria: Alerstam 1990)

Ipar hemisferioko negua (edo hego hemisferioko uda) Antartikoko izotzaren ertzean pasatzen dute ipar-txenadek eta krill deritzon krustazeo ugariak elikatzen dira. Sasoi horretan tamaina desberdineko multzoak osatzen dituzte eta, sarritan, milaka aleko multzoak ikusten dira izotzean atsedean hartzen. Urtarrila eta otsaila bitartean lumajea aldatzen dute eta sasoi horretan ez dira hegan egiteko gai iza-

ten. Martxoaren hasieran, iparralderako bidaia hasten dute. Ipar-txenaden ugale-
-eskualdetik, Antartidako itsasertzeraino 20.000 km inguru daudenez eta urtero
joan-etorri bana egiten dutenez, migratzeko bakarrik, ipar-txenadek urtero 40.000
km inguru egiten dutela uste da (migrazio-garaiaz kanpo ere denbora asko pasa-
tzen dute hegan eta urte askotxo bizi daitezkeenez, 25 urte inguru bizitza luze-
na dutenek, beren bizitzan milioi bat kilometrotik gora egin ditzakete).

Kontrako muturrean, migrazio bertikalak egiten dituzten hegaztiak ditugu.
Munduko mendikate handietan (Pirinioetan, Alpeetan, Himalaian...) eta mendi txi-
kiago askotan bizi diren hegazti askok, mendien goialdean pasatzen dute uda eta
bertan ugaltzen dira, baina negua hurbiltzean, ez dira oso urrutira joaten, mendi-
-magal baxuagoetara edo haranetara jaisten dira eta horrela alde egiten dute goi-
-mendiko neguko janari-eskasiatik. Euskal Herriko eta Europako hainbat hegazti
menditarrek, belatxinga mokohoriek, mendi-txirtek, harkaitz-txoriek, adibide
batzuk jartzearen, mota honetako migrazioak egiten dituzte.

<i>Espeziea</i>	<i>Ugal-eskualdearen eta negutze-eskualdearen arteko distantzia (km-tan)</i>
Lertxun gorria	3.000-7.000
Zikoina zuria	2.000-10.500
Saizuria	1.000-3.000
Galeperra	1.000-5.500
Pagausoa	100-3.500
Usapal arrunta	1.000-6.000
Kukua	4.500-12.000
Zata arrunta	3.000-12.000
Sorbeltz arrunta	3.000-12.000
Erlatxoria	2.500-10.500
Argioilarra	500-5.000
Larre-buztanikara	1.000-8.000
Urretxindorra	2.500-5.500
Buztanzuri arrunta	1.500-16.000
Txio horia	4.000-14.000
Urretxoria	1.000-11.000
Antzandobi kaskagorria	2.500-6.500

2.1. Taula: Euskal Herrian habia egiten duten hainbat hegaztiren migrazio-bidaia-
ren luzera (taulan adierazita-
ko distantziak ugal-eskualdearen eta negutze-eskualdearen arteko distantzia minimo eta maximoak dira, hau
da, negutze eskualdetik gertuen ugaltzen diren aleek egin beharreko distantzia eta eskualde horretatik urru-
tuen ugaltzen diren aleek egin beharrekoa; urteroko joan-etorria distantzia horren bikoitza izango litzateke).

2.2. Itzulera atzeratua eta itzulera graduala

Aurreko atalean zirriboratu dugun migrazio-eredua hegazti migratzaile gehienek egiten dutenarekin bat dator, oro har, baina ez ditu kontuan hartzen espezie askok ageri dituzten aldaera edo berezitasunak. Bereztasun horietako batzuk itzulera atzeratua eta itzulera graduala ditugu.

Zenbait espezietaiko gazteek (zikoina zuri, arrano arrantzale edo zenbait lertxun eta zangaluze gazteek adibidez) hainbat urterekin lortzen dute heldutasun sexuala. Horrelako espezieetan oso arrunta da aurreko urtean jaiotako gazteak, negua amaitutakoan, ugal-eskualdeetara itzuli ordeztu negutze-eskualdean gelditzea (itzulera atzeratua) edo, migrazio laburragoa egin eta ugal-eskualdearen eta negutze-eskualdearen arteko lekuren batean gelditzea (itzulera graduala). Gero, heldutasun sexuala lortutakoan, hegazti horiek espeziearen ohiko ugal-eskualdeetara joaten dira, eskuarki jaio diren lekuetatik hurbil dagoen lekuren batera, eta, orduz geroztik, joan-etorriko bidaia arruntak egiten dituzte urtero.

Aurreko atalean aipatutako ipar-txenaden artean, adibidez, horrelako zerbait gertatzen da. Hegoaldera lehendabizikoz migratu duten txenada gazteek, hau da, urtea bete ez duten txenadek, ez dute beren gurasoekin batera iparraldera migratzen. Ozeano Barearen hegoaldean, Humboldtten korrontearen inguruan, gelditzen dira beren bizitzako lehen udan eta hurrengo urtera arte ez dira iparraldera itzultzen. Itsaso zabalean denbora asko pasatzen duten hegazti itsastarren artean ere oso arrunta da portaera hori. Hegazti hauetako askok, zangak esate baterako, ez dute inolako arazorik izaten itsasoan noraezean dabilatzala, bizitzeko adina janari lortzeko, baina arazo handi samarrak izaten dituzte ugaltzeko leku aproposak aurkitzeko, horretarako harraparirik gabeko itsas labar edo irlak behar dituzte eta. Horrelako leku apropos gutxi dagoenez, zangek kolonia handiak eratzen dituzte eta koloniako aleen artean oso gogorra izaten da ugaltzeko lekuarengatik lehia. Gainera, oso zaila izaten da zangentzat ugal-kolonietatik hurbil txitak bazkatzeko adina janari lortzea eta, ondorioz, joan-etorri luzeak (sarritan ehundaka kilometrokoak) egin behar izaten dituzte itsaso zabalera. Begien bistakoa denez, ugaltzeko gai ez diren aleek hobe dute janariagatik lehia handia den lekuetatik urruti ibiltzea eta hori da hain zuzen, egiten dutena: itsaso zabalean gelditzen dira heldu bitartean.

2.3. Migrazio diferentzialak

Distantzia handiko migratzaile diren espezie gehienetako indibiduo guztiek negutze-eskualde berberera migratzen dute eskuarki eta, beraz, heldu eta gazteek zein ar eta emeek leku beretsuan pasatzen dute negua. Ostera, distantzia txiki edo ertainak egiten dituzten espezie askoren kasuan, sexu eta adin desberdinetako aleek garai desberdinetan, bide desberdinetatik edota leku desberdinetara migratzen dute sarritan eta, normalean, helduek gazteek baino migrazio laburragoak egiten dituzte eta arrek emeek baino laburragoak. Ondorioz, espezie bereko ale guztiek ez dute negua zonalde berean igarotzen, leku desberdinetan baizik. Ia gehienetan, ar helduak dira ugal-eskualdetik hurbilen egoten direnak eta gero, hurrenez-hurren, eme helduen, ar gazteen eta eme gazteen negutze-eskualdeak egon ohi dira, baina zonazio desberdinak ageri dituzten espezieak ere badaude. Bestalde, normalean gazteak izaten dira ugal-eskualdeetatik alde egiten duten lehenak (askoz urrutirago joan behar dutenez, lehenago alde egin behar dutelako seguruenik) eta helduak beranduago abiatzen dira.

Era honetako migrazioak egiten dituzten espezieen artean, txonta arrunta dugu. Hegazti ezagun hau ia Europa guztian eta Asiako mendebaldean bizi da eta Eskandinavia eta Errusian, zirkulu polar artikoaz iparraldera, habia egiten duten populazioak daude. Eskualde epeletan habia egiten duten txontek ez dute migratzen eta oso joan-etorri laburrak egiten dituzte beren bizitza osoan zehar, baina oso iparraldean habia egiten dutenak migratzaileak dira eta Europako leku epelagoetan pasatzen dute negua (Britainia Handian, Irlandan eta baita Iberiar penintsulan ere). Udazken aldera, arrez edo emez bakarrik osatutako taldeak eratzen dituzte txonta migratzaile gehienek eta leku desberdinetara migratzen dute. Emeak hegoalderago joaten dira, normalean, eta ondorioz, neguan, latitude altuetan, askoz ugariagoak izaten dira arrak emeak baino. Hortik, hain zuzen, datorkio txontari *Fringila coelebs* izen teknikoa. Lineok, espezieen izendapen binomiala asmatu zuen naturalista suediarrek, Suedian, neguan, arrez bakarrik osatutako taldeak ikusten zirela ohartuta, euskaraz “ezkongabe” esan nahi duen *coelebs* hitz latinoa erabili zuen espeziea izendatzeko.

Esan berri dugunez, portaera hau ageri duten espezie gehienetan, gazteak izaten dira ugal-eskualdetik lehenengo alde egiten dutenak, arrak azkenak eta emeak gazteen ondoren, baina arrak baino lehen hasten dira migratzen. Hala ere, salbuespen ugari du arau horrek. Kurlinta emeek, esate baterako, arrautzak jarri ondoren alde egiten dute ugal-eskualdetik eta arra izaten da arrautzak inkubatzen gelditzen dena. Beraz, uda erdirako kurlinta emeek hegoalderako bidea egina dute

jada eta ar helduek geroago migratzen dute, uztail aldera. Gazteek, azkenik, abuztuan egiten dute pasea.

Migrazio diferentzialaren jatorrian kausa bat baino gehiago dagoela uste da. Alde batetik, negua leku desberdinetan pasatzeak espezie bereko aleen arteko lehia murriz dezake. Bestetik, askotan ikusi denez, helduak gazteak baino lehenago eta arrak emeak baino lehenago itzultzen dira ugal-eskualdeetara. Hegazti-espezie gehienak lurraldekoiak dira eta arrei ugal-eskualdera lehenbailehen itzultzea komeni zaie, ugal-eskualdean oraindik ar gutxi dagoenean helduz gero, lurralde ona hautatu eta defendatzeko aukera gehiago izaten dute eta². Gainera, sarritan ikusi denez, neguan ugal-eskualdeetatik hurbil egon diren aleak, negua urruti igaro dutenek baino hobe moldatzen dira ugal-eskualdera garaiz itzulitakoan eguraldi txarra eginez gero. Hori dela eta, helduek, eta batik bat arrek, egiten duten bidaia laburtuz joan da eta azkenean zenbait hegaztik migrazio partzial deritzenak soilik egiten dituzte.

2.4. Migrazio partzialak

Hasieran esan dugunez, munduko hegazti-espezie guztien erdiak inguru migratzen du. Hala ere, oso gutxitan izaten dira espezie migratzaileetako ale guztiak migratzaile. Normalean, zenbait alek migratu egiten du eta beste batzuek eskualde berean pasatzen dute beren bizitza osoa. Horrelako portaera duten espezieei migratzaile partzial esaten zaie.

Migratzaile partzial kontsideratzen diren espezieen artean ere desberdintasunak daude. Espezie batzuetako aleek ez dute urtero migratzen, oso une berezietan (negua bereziki gogorra denean, janari-eskasia handiko urteetan, populazioa gehiegi hazi denean, etab.) baizik. Espezie horiei migratzaile partzial fakultatibo esaten zaie. Hala ere, normalena, espezie migratzaile partzialetan urtero migratzen duten aleak eta beti ugal-eskualdean gelditzen diren aleak egotea da.

² Hegaztien artean oso gogorra izan ohi da ugaltzeko lurralde edo leku egokiengatikoa lehia. Habia zuhaitzetako zuloetan egiten duten espezieen artean, adibidez, zuloak oso baliabide preziazua dira. Oso espezie gutxi dira beren zulo propioak egiteko gai eta, ondorioz, habia horrelako lekuetan egiten duten espezie gehienetako aleek beste espezieek aurreko urteetan egindako habia zaharrak edo zuhaitz zaharretan berez agertutako zulo eta pitzadurak aurkitu behar dituzte. Zuhaitz egokiak nahikoa urriak izaten direnez, hori arazo larria izaten da nonahi eta are larriagoa baso asko zuhaitz gaztez osatutako sail landatuak nagusi diren lekuetan. Hori dela eta, zulo-eskasia ugalketa mugatzen duen faktore nagusietako bat dela uste da, hau da, hegazti askok ezin ugaltu izanaren kausa zulo egokirik ez egotea dela (beste mota askotako faktore mugatzaileak ere badaude, noski, baina habia egiteko leku egokia eta txitak hazteko adina janari eskain dezakeen lurraldea ezin aurkitu eta defendatu izana, nahikoa kausa garrantzitsua da). Bistakoa denez, ugal-eskualdera lehen heltzen diren aleek (edo negu guztia ugal-eskualdean igaro dutenek) abantaila handia izan dezakete lehia horretan.

Gainera, hainbat populaziotako ale guztiak migratzaile eta beste hainbatetakoak ez-migratzaile izan ohi dira gehienetan. Buztanikara zuria horren adibide da: Europako iparraldeko buztanikara zuriak migratzaileak dira eta Europako hegoaldera, Bitainiar irlalara edo Afrikako iparraldera (batzuk Senegaleraino) migratzen dute; Europako erdialde eta hegoaldeko buztanikarek, Euskal Herrikoek barne, ez dute migratzen. Dena den, arau orokor horrek salbuespen ugari du eta nahikoa normala da, populazio guztietan ale migratzaile eta ez-migratzaileak egotea (elur-hontza adibidez) edo populazio batzuk ale ez-migratzailez soilik osatuta egotea eta beste batzuetan ale migratzaile eta sedentarioak nahasita egotea (mendi-erregetxoak kasu).

Ekologia ebolutiboaren ikuspuntutik, migratzaile partzial izatea migratzaile izatearen eta sedentario izatearen arteko bizi-estrategia da. Hori dela eta, portaera hau ageri duten espezieentzako migratzeak ez migratzeak bezainbeste abantaila dituela pentsa dezakegu edo, beste era batera esanda, migratzearen abantailak desabantailekin orekatuta daudela. Migratzaile partzialak migratzaile edo ez-migratzaile izatearen aukeraren aurrean erdiko bidea jarraitu duten espezieak dira.

Adibide baten bidez oso ongi uler daitezke bizi-estrategia hori faboratzen duten bi indar ebolutibo kontrajarriak. Neguak gogorrek ez direnean, ale ez-migratzaileek ez dute negua bizirik irauteko arazo handirik izaten eta gainera, ondorengo udaberrian, hainbat abantaila izaten dute ale migratzaileen aurrean. Alde batetik, udaberria hasi orduko ugaltze-egoten direnez, lehiakide gutxi dagoela aprobetxatu eta lurralderik onenak har ditzakete eta, bestetik, goiz has daitezke lehen txitaldiarekin eta nahikoa denbora izaten dute bigarren edo hirugarren txitaldiak hazi eta zaintzeko. Ondorioz, negu leunaren ondoren ugaltze-arrakasta handiagoa izaten dute ale ez-migratzaileek migratzaileek baino eta presio ebolutiboa ez migratzearen aldekoa izaten da. Negu latzetan, aldiz, ugaltze-egiten diren hegaztiak arazo larriak izaten dituzte eta oso gutxi izaten dira udaberrira heltzen direnak. Horrelakoetan ale migratzaileek ez dute ale sedentarioen lehia jasan beharrik eta azken hauek baino gehiago ugaltzen dira. Ondorioz, presio ebolutiboak migratzaileen alde egiten du.

Dena den, ez dirudi oreka-egoera horiek asko iraun dezaketenik. Gehienetan, ez-migratzaile izateak edo migratzaile izateak abantaila txikiren bat gehiago izatea eta lehenago edo beranduago bi estrategietako bat gailentzea espero liteke. Hortaz, migratzaile partzial izatea trantsizio-egoera baino ez litzateke izango.

Literatura espezializatuan horrelako hainbat gertakizunen berri aurki daiteke eta aipagarrienetako bat zozo arruntarena dugu. XIX. mendean, Europako erdialdean

bizi ziren zozoek jokabide migratzaile arrunta zuten eta eskualde mediterraneora joaten ziren negua pasatzera, baina, eraztun-jartze masiboek aditzera eman dute-nez, gaur egun, Europako erdialdeko zozoen erdia inguru (helduak eta arrak, batik bat) ugal-eskualdean bertan bizi da urte guztian eta, beraz, migratzaile partzial bilakatu dira. Zein izan ote dira aldaketa horren kausak? Alde batetik, ingurune-baldintzak aldatu izana. XIX. mendeaz geroztik etengabe hazi dira herri eta hiriak eta horiekin batera larre, belardi eta baratza gehiago sortu dira. Leku horietan oso erraza zaie zozoei urte guztian janaria (lur-zizareak eta fruituak nagusiki) aurkitzea eta beraz, migratzeko beharra txikiagoa da. Bestetik, zozoek beldurra galdu diote gizakiari eta ez dira jada basoetan soilik bizi ziren hegazti izuak. Beraz, Europako erdialdeko zozo asko gune gizatartuetan aurki dezaketen janaria ustiatzen hasi da eta ez-migratzaile bilakatu da. Gainera, ingurune-baldintzak oraindik aldatzen ari direnez, ondoko urteetan sedentario bilakatzeko joerak aurrera egingo duela espero da.

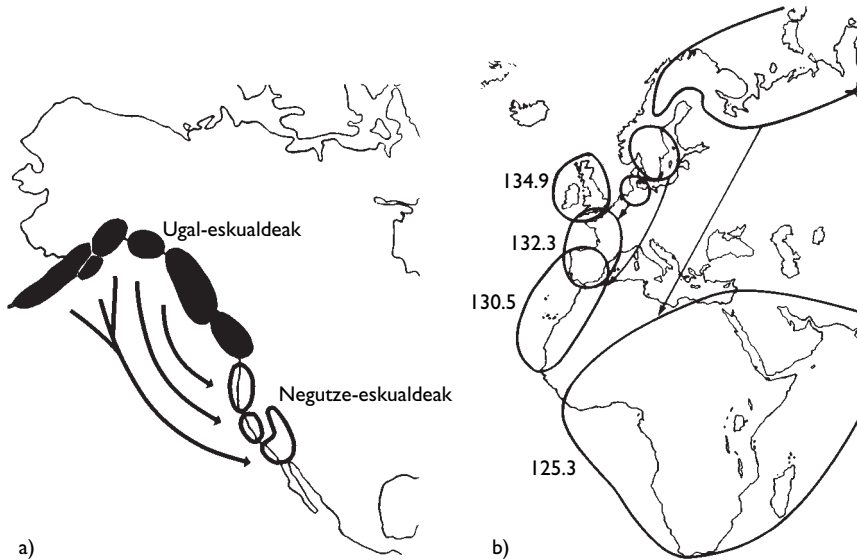
Espezie desberdinen arteko lehiak ere, ez migratzeko joera bultza dezakeela uste da. Europako hainbat eskualdetan ikusi denez, espezie migratzaile asko migratzen ez duten espezieek libre utzitako lurraldeetan soilik ugal daiteke. Azken espezie horien populazioak asko ugalduz gero, ez migratzea komeniko litzaike espezie migratzaileei baztertuta ez geratzeko. Horrelakoetan, migratzaile partzial izatea ez-migratzaile bilakatzeko prozesuaren lehen urratsa izan liteke.

2.5. Jauzi-migrazioak

Jauzi-migrazioena oso fenomeno arrunta da eta hegazti-mota desberdin askotan aurkitu da, baina zangaluzeen artean da arruntena. Migratzeko modu hori nolakoa den azaltzeko modurik errazena, adibiderik klasikoena erabili eta Ipar Amerikako *Passerella iliaca* txolarrearen jauzi-migrazioak azaltzea da. Txolarre horrek sei subespezie desberdin ditu eta horietatik bostek, migratu egiten dute. Hala ere, bost subespezie migratzaileak ez dira negutze-eskualde berberera joaten, eskualde desberdinetara baizik. Oro har, zenbat eta iparralderago egon subespeziearen ugal-eskualdea, hainbat eta hegoalderago kokatuta dago bere negutze-eskualdea (ikus 2.3. irudia). Hori dela eta, subespezie migratzaileetako batzuek beste batzuen negutze-eskualdearen gainetik “jauzi” egiten dute eta hortik dator jauzi-migrazio izena.

Europan ere, jauzi-migrazioak egiten dituzten espezie asko bizi da (zapelatz arrunta, bernagorri arrunta, marikoia eta zertzeta arrunta, besteak beste), baina txiritxo handia da, zalantzarik gabe, guztien arteko adibiderik garbiena. Izan ere,

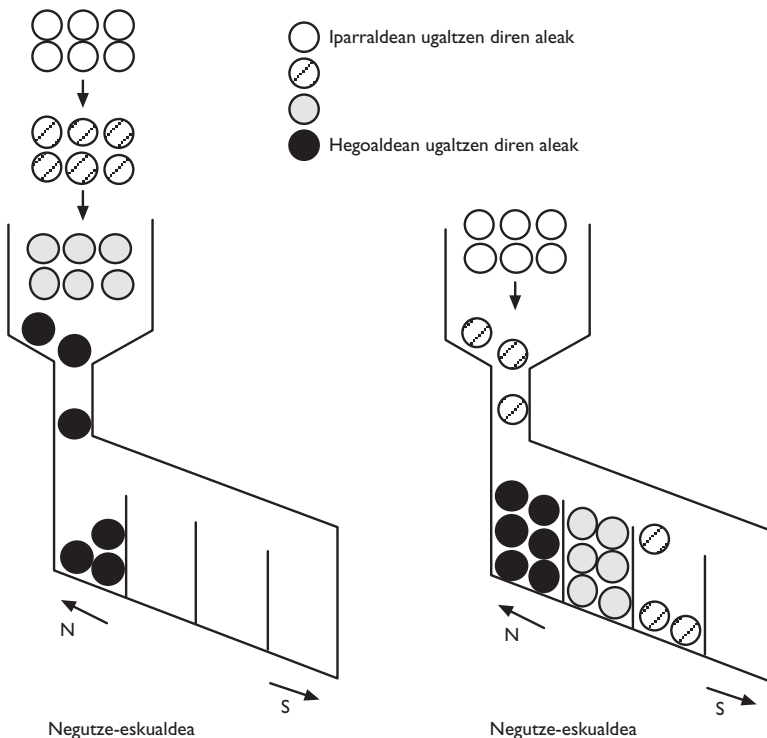
Britainia Handiko txirritxo handiek ez dute migratzen, baina Danimarkakoek eta Artikoan, Eskandinaviako iparraldean eta Errusian ugaltzen direnek bai. Lehenek, Europako hego-mendebaldera migratzen dute (askok Iberiar penintsulara) eta bigarrenek askoz hegoalderago, Hegoafrikaraino (ikus 2.3. irudia).



2.3. irudia. (a) *Passerella iliaca* txolarre iparramerikarraren jauzi-migrazioaren eskema. 1etik 5era zenbatutako ugal-eskualdeetako subespezieak (*unalaschensis*, *insularis*, *sinuosa*, *annectens* eta *towsendi*, hurrenez hurren) 6 zenbakidun ugal-eskualdean bizi den *P. iliaca fuliginosa* subespezie ez-migratzailearen gainetik pasatzen dira urteroko migrazioan. (B) Txirritxo handiaren jauzi-migrazioen eskema. Argi ikus daiteke iparraldean ugaltzen diren aleak izaten direla urrutien migratzen dutenak. Zenbakiak populazio bakoitzeko aleen hego-luzeraren batezbestekoa adierazten dute. (Iturria: Berthold 1993).

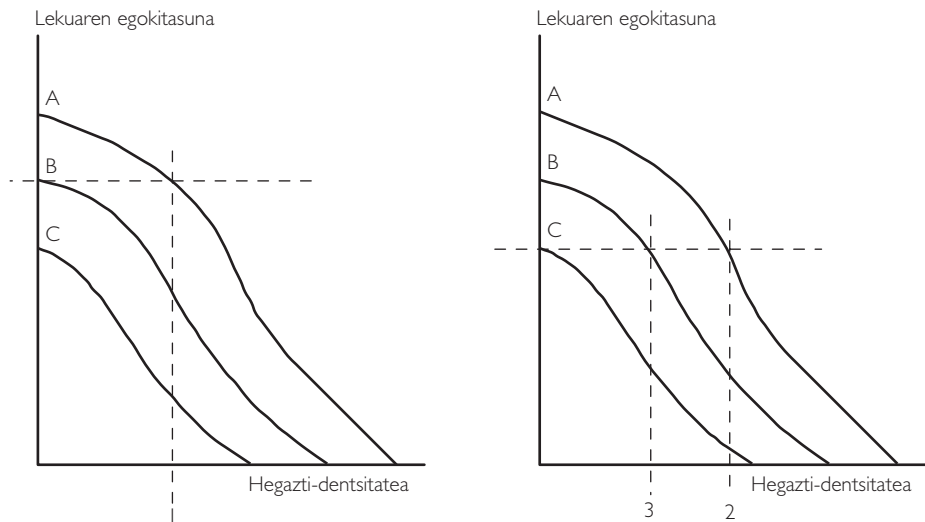
Jauzi-migrazioen zergatia argitzeko asmoz, teoria asko landu da, horren portae-ra arruntak nahikoa kausa indartsua izan behar duela uste baita. Hipotesi gehienetan aipatu den arrazoi edo kausa espezie bereko kideen arteko lehia saihestea izan da, baina adibideak arretaz aztertuz gero, argi ikus daiteke azalpen horrek ez duela guztia argitzen eta ez duela kasu guztietarako balio. Txirritxo handien kasuan, adibidez, begien bistakoak dira Britainia Handiko aleentzat ez migratzeko izan ditzakeen abantailak (ez diete migratzearen kostu eta arriskuei aurre egin behar eta udaberrian, eguraldi ona hasi bezain laster has daitezke ugaltzen). Ez da oso zaila ale migratzaileek zergatik migratzen ote duten azaltzea ere, baina ez da batere erraza iparraldean habia egiten duten aleak horren hegoaldera zergatik joaten diren azaltzea; batez ere, Europan bertan negutze-eskualde egokiak dituztela

jakinda. Kausa posibleetako bat espezie bereko beste aleekin lehian aritu beharrik ez izatea izan liteke, baina ez dirudi azalpen hori ere erabat baliagarria denik (ikus 2.4. eta 2.5. irudiak). Aipatu berri ditugun txolarreen Alaskako aleek, adibidez, Kaliforniako espeziekide ez-migratzaileen lurralde berean pasatzen dute negua eta horrela ez dago lehia saihesterik, noski.



2.4. irudia. Jauzi-migrazioen zergatia argitzeko asmoz argitaratu diren hipotesi gehienak lehia interespezifiko saihesteko beharrean daude oinarrituta, baina nahikoa mekanismo desberdinak erabili dituzte fenomenoazaltzeko. Irudi honetan azaldutako eredu teorikoak migratzeko garaian jartzen du enfasia. Hipotesi horrek dioenez, nahikoa latitude baxuetan ugaltzen diren hegaztiak goiz has daitezke ugaltzen eta goiz buka dezakete ugalketa-prozesua, latitude horietan nahikoa ona izaten baita eguraldia udaberri-hasieran. Horri esker, ugaltu eta segituan joan daitezke negutze-eskualdeetara eta gainera, ugal-eskualdeetatik hurbilen dauden lekuak aukera ditzakete horretarako. Horrela, ez dute alferrikako bidaia luzeak eginez energia gehiegi gastatzen eta ez dute beren burua alferrik arriskuan jartzen. Latitude altuagoetan habia egiten duten hegaztiak, aldiz, beranduago bukatzen dute ugalketa-prozesua eta beranduago hasten dira migratzen. Ondorioz, beteta aurkitzen dituzte negutzeko egokiak diren ugal-eskualdeetatik gertuko lekuak eta urrutirago migratu behar dute.

Hipotesi honek konpondu gabeko hainbat arazo uzten du, dena den. Ez du azaltzen adibidez, zein den hegoaldean ugaltu diren hegaztiak iparraldeko negutze-eskualdea guztiz betetzearen kausa. Hegazti horiei elkarren arteko lehia saihestea komeni zaie eta, ondorioz, hobe lukete negutze-eskualdean asko sakabanatzea eta eskualde hori asko ez "betetzea". Iparraldean ugaltu diren aleak hegoaldeko negutze-eskualdeetara zergatik joaten diren eta iparraldeko negutze-eskualdeetatik lehian zergatik sartzen ere ez da batere argi gelditzen. (Iturria: Alerstam 1990).



2.5. irudia. Jauzi-migrazioen zergatia azaltzeko asmoz lehia interespezifikoa saihestean oinarritu diren beste hipotesi batzuek, habitataren egokitasunean jartzen dute enfasia. Arazo handirik gabe onar dezakegu hegaztiak beraientzat egokien diren lekuak aukeratzen dituztela bizitzeko eta edozein lekuren egokitasuna txikia goa dela bertan bizi eta janariagatik lehian aritzen diren hegaztien kopurua handiagoa denean. Hutsik dagoen eskualderen batera heldutakoan, lekurik onenak hartzen dituzte, lehenik, hegaztiak (A motakoak irudian). Eskualde horretara hegazti gehiago heldu ahala, murriztu egiten da bere egokitasuna eta hegazti-dentsitatea maila jakin batera (1) heldu eta gero, hobe dute hegaztiak B motako lekuetara joatea. Azkenik, A lekuko dentsitatea 2 mailara heldu denean eta B lekuko 3 mailara heldu denean, hobe dute hegaztiak C ingurunera joatea. Beraz, baldintza idealetan, hegaztiak mota guztietako lekuetan zehar sakabanatuko lirатеke, baina ugaria goak izango lirатеke leku onenetan txarrenean baino eta, horren ondorioz, antzeko baldintzatan egongo lirатеke hegazti guztiak.

Hipotesi horrek dioenez, negutze-eskualdeen egokitasuna baldintzatzen duten faktoreak janari-iturriak, harraparien esku hiltzeko arriskua eta askoz urrutirago dauden negutze-eskualdeetara hegan egitearen energi kostu gehigarria soilik balira, leku desberdinetan ugaltzen diren aleen negutze-eskualdeak gainjarrita egotea espero liteke. Aldiz, negua ugal-eskualdetik ahalik eta hurbilen pasatzeak balio adaptatiboa balu hegoaldean ugaltzen diren aleentzat, baina ez iparraldean ugaltzen direnentzat, negutze-eskualde desberdinak izango lituzkete ugal-eskualde desberdinak dituzten populazioek. Hegoaldean ugaltzen diren aleak beren ugal-eskualdearen ondoko negutze-eskualdeengatik lehia irabazteko prestatuta leudeke eta iparraldean ugaltzen diren aleentzat hobe litzateke lehia saihestu eta negua urrutirago pasatzea. Bigarren hipotesi honek dioenez, horixe da naturan gertatzen dena.

Lehenago esan dugunez, garrantzitsua da hegaztientzat ugal-eskualdera eguraldiak eta janari-eskuragarritasunak ahalbidetzen duten bezain laster itzultzea, hori egiten duten hegaztiak ugal-arrakasta handiagoa izaten dute eta. Hala ere, udaberriko eguraldia oso aldakorra da eskualde epeletan eta hegaztiak ugaltzen has daitezkeen unea asko aldatzen da urte batetik bestera. Batzuetan oso goiz has daitezke ugaltzen eta beste batzuetan, asko irauten du eguraldi txarrak eta oso berandu hasi behar dute ugalketa-prozesua. Horregatik, oso garrantzitsua da eskualde epeletan habia egiten duten espezieentzat udaberri hasieran ugal-eskualdetik ahalik eta hurbilen egotea eta, batez ere, eskualde klimatiko berberean egotea. Horrela eguraldia aldatu orduko erreakzioa dezakete eta udaberria heldu dela sumatu bezain laster abia daitezke ugal-eskualdera.

Egoera oso desberdina da habia Artikoan egiten duten hegaztientzat. Klima polarra duen eskualdetik kanpo migratu duten hegaztiak ezin dute jakin zein eguraldi egiten duen beren ohiko ugal-eskualdeetan, eskualde horietatik oso urruti egoten baitira. Hori dela eta, beren barne-erritmoa izaten da ugal-eskualdera noiz itzuli behar duten agintzen duena. (Iturria: Alerstam 1990).

Beraz, oraingoz ditugun datuekin ez gaude portaera horren kausa zein den argitzeko moduan eta bistakoa da askoz ikerketa gehiago egin beharko dela erantzun egokia aurkitu nahi izanez gero.

2.6. Dispersioak

Espezie migratzaile gehienetako ale helduak, ondoren ikusiko ditugun espezie nomadetakoak salbu, leku bakar bati lotuta egoten dira bizitza guztian zehar eta, negua nonahi igarotzen dutela, leku berebean (jaio diren lekutik gertu eskuarki) ugaltzen dira urtero. Migratzaile ez diren espezie gehienetako helduek ere, esan beharrik ez dago, leku batekiko lotura berbera ageri dute. Espezie gehienetako gazteek, oster, beren jaiolekutik kanpo daramatzaten bidaiak egiten dituzte sarritan. Mugimendu horiei dispersioa edo gazte-dispersioa esaten zaie.

Zenbaitetan, dispersioak pasiboki gertatzen dira, hau da, hegaztiak nahigabe urruntzen dira beren jaiolekuetatik, beren kontrolpean ez dagoen kausaren batek eraginda (haize handien eraginez, adibidez). Gehienetan, dena den, aktiboak dira eta faktore endogenoen menpe daude, hau da, gazte-garapenaren fase jakin batera heldutakoan hegaztiaren baitan gertatutako aldaketa fisiologikoak dira dispersioaren hasiera eragiten dutenak. Izenak berak adierazten duenez, dispersio-mugimenduek ez dute aurrez finkatutako norabiderik. Espezie askok edozein norabide jarraitzen dute beren dispersio-bidaietan eta beste askok lekuko topografiak baldintzatutako bidaiak egiten dituzte, besterik gabe.

Bestalde, filopatria (gaztetan dispersio-mugimendurik ez egitea) oso fenomeno arraroa da eta, beraz, oso espezie gutxitako aleak geratzen dira jaiotako lekuan bertan. Hala ere, espezie gehienetako dispersio-mugimenduak nahikoa laburrak dira eta, oso distantzia luzeak egiten dituzten espezieak ere badauden arren, gazteak jaio diren lekuetatik kilometro gutxitara amaitzen dira, normalean, dispersioak.

Distantzia laburrak egiten dituzten hegaztien artean txinbo kaskabeltza dugu. Hegazti hau oso bidaia luzeak egiteko gai da (9.800 km-ko bidaiak neurtu dira), baina dispersio-garaian kilometro gutxi batzuk baino ez ditu egiten. Horrela, espezie honetan neurtu diren dispersio-bidaia luzeenak 50 km baino gutxiagokoak izan dira eta ale gehienek 30 km inguru baino ez dute egiten. Bestalde, bidaia hori egiten ari direnean, txinbo gehienek 2 km inguru egiten dute egunero eta, gutxi batzuetan, 10 km-ko distantziak neurtu dira.

Dispersio-bidaia luzeak egiten dituzten hegaztien artean hegazti harrapariak, gautarrak zein eguargitarrak, dira ezagunenak. Alemanian egindako lan batek aditza eman zuenez, hontza zurien % 44 50 km inguru urruntzen da bere jaiolaketatik, bere bizitzako lehen urtean eta gainerakoen artean, % 25 100 km baino gehiago urruntzen da eta ez dira arraroak 1.000 km baino gehiago egin dituzten hontzen kasuak. Ikerketa horretan neurtutako distantziarik luzeena 1.800 km-koa izan zen³.

Normalean, dispersio-bidaia zati nagusia, gazteak habia utzi eta aste gutxitara gertatzen da eta endogenoki kontrolatuta egoten da, hau da, hegaztiaren baitan gertatutako aldaketen ondorio da. Hala ere, gehienetan, dispersioa ez da lehen bidaia horrekin amaitzen, hegazti gehienek norabide zehatzik gabeko beste hainbat joan-etorri egiten dute eta. Migratzaile ez diren espezieen kasuan, joan-etorri horiek neguan zehar eta, zenbait kasutan, lehen urte guztian gertatzen dira. Espezie migratzaileen kasuan, negutze-eskualdetik bueltatutakoan jarraitu ohi dute. Dispersioaren zati berantiar horrek kontrol exogenoa izaten du, hau da, kanpo-baldintzak izaten dira (lurraldeagatiko lehia, batik bat) hegaztia leku batek bestera joanarazten dutenak.

Seguruenik, dispersioak eragiten dituen kausa nagusia espezie bereko aleen arteko lehia da, ugaltzeko leku egokiengatiko lehia batik bat, baina zenbaitetan, espezieen arteko lehiak ere zerikusia izan dezakeela uste da. Beraz, lehian, eta ondorioz dispersioan, eragina duten faktoreak hegazti-populazioen dentsitatea eta populazioaren dominazio-egitura lirateke. Oro har, hegazti gazteak helduen menpeko izaten dira eta ale txikienak handien menpeko, baina beste zenbait faktorek, jaiotako unea, hegaztiak lurraldean daraman denbora, etab.ek eragin handia dute. Hori guztia dela eta, azken errutaldietan jaiotako gazteek lehenago jaiotakoek baino dispersio-mugimendu handiagoak egin behar izaten dituzte.

Ar eta emeen artean dispersiorako joera desberdina dagoela ikusi da, halaber. Oro har, emeak arrak baino gehiago urruntzen dira, baina zenbait hegazti-taldetan, ahateen artean, adibidez, kontrakoa gertatzen da eta emeek jaio diren lekuarekiko lotura estuagoa dute. Ahate gehienek negutze-eskualdean eratzen

³ Hontza zuriek eta beste hainbat hegazti harraparik horren bidaia luzeak egitea harrapakin-populazioen gorabeherei aurre egiteko estrategia izan liteke. Hontza zuriek, adibidez, saguak harrapatzen dituzte, batik bat, eta, sagu-populazioek oso gora behera handiak izaten dituztenez, goseteak eta oparotasun-aldiak tartekatzen dira hontzen bizitzan. Sagu-kopurua txikia den urteetan, batez ere elur asko egiten duen neguetan, hontza asko hiltzen da eta lurralde asko hutsik geratzen da. Aldiz, sagu asko dagoen garaietan edo lekuetan, hontza-populazioek gora egin dezake (horrelakoetan, hontza-bikote bakoitza hiru txitaldi eta 21 kume inguru hazteko gai dela ikusi da) eta superpopulazioa gerta daiteke. Dispersio handiak egitea, urte onetan jaiotako gazteek urte txarretan hildako hontzek utzitako hutsuneak betetzeko balio du.

dituzte bikoteak eta bikotekideak leku desberdinetan jaioak badira, bietako batek bere jaiolekutik urrun dagoen lekuren batera joan behar izaten du negua amaitutakoan. Ahateen artean, emearen jaiolekura itzultzeko joera izaten da nagusi eta ondorioz, arrak izaten dira emearen atzetik ugaltu aurreko migrazioan bere jaiolekutik urrun joan behar izaten dutenak. Dispersio-mota hori basahateetan ikusi da, adibidez.

Dispersioek hainbat abantaila biologiko eskaintzen duela uste da. Aipatu berri dugunez, dispersiorako joerak ale gazteek ugaltze-eremuan berriak aurkitu eta kolonizatzeko balio du eta, bide batez, lehia intraespezifikoa zein interespezifikoa murriztu eta populazioaren dentsitatea erregulatzen (gainpopulatuta dauden eskualdeak hustutzen eta hutsuneak betetzen) laguntzen du, alde batetik, eta, bestetik, populazio desberdinen arteko gene-elkartrukea erraztu eta odolkidetasuna saihesteko baliagarri ere izan liteke. Hori guztiari esker, dispersioek populazioak egonkor mantentzen laguntzen dute, zenbaiten ustez.

Nolanahi ere, lehenxeago esan dugunez, badaude dispersiorako joera duten espezieetakoak izan arren dispersio-mugimendurik egin gabe jaio diren lekuan bertan gelditzen diren aleak. Ale horiek ez dira ugaltzen (jaio ondorengo lehen urteetan behintzat) ez baitute zeregin handirik helduen kontrako lurraldeagatik lehian eta, ondorioz, leku horretako “ugaltzaile-erreserba” osatzen dutela esaten da. Bestalde, habia utzitakoan beren jaiotze-eremutik urrun alde egin zuten hainbat espezieetako aleak apurka-apurka jaio ziren eskualderantz gerturatu direla ikusi da sarritan. Hainbat autoreen ustez, portaera horrek *panmixia* (talde txikien bereizgarri diren ezaugarri genetikoak populazio handietan diluitu eta galtzea) gertatzeko arriskua saihesten eta populazio txikietako aleek beren ingurunean bizitzeko oso baliagarri diren adaptazio genetiko bereziak izaten lagun lezake.

2.7. Irrupzioak

Irrupzioak migrazio irregular eta ez-periodikoak dira. Espezie askotan, populazioen zati handi edo txiki bat bere ugaltze-eremutik alde egin eta beste eskualderen batera joatea gertatzen da tarteka. Mugimendu horien lehen zatia, hau da, populazioak ugaltze-eremutik alde egiteari *erupzio* esaten zaio eta bigarren zatia, populazioak eskualde berria kolonizatzeari, *irrupzio* edo *inbasio* deritza (hala ere, fenomenoaz orokorrean hitz egiten denean, *irrupzio* hitza erabiltzen da, guk hemen egin dugun moduan). Migrazio-mota hau nahikoa fenomeno arrunta

da hegaztien artean eta sarritan, ez-adituak ere harritzeko moduko kasu ikusgarriak gertatzen dira. Alemania eta Suitzako hainbat errepide, esate baterako, itxi egin behar izaten da neguan, basorik baso pagatxa bila dabilzan negu-txonten talde handiek, errepidea zeharkatzerakoan, trafikoa oztopatzen dutelako.

Gaur egun, oraindik ez dago batere argi zein den, edo diren, hegaztiak mota honetako bidaia migratzaileak hastera bultzatzen dituzten azken kausak, baina argi dago gainpopulazioa eta janari-eskasia garrantzi handiko faktoreak direla beti⁴. Hori aditzera ematen dute behinik behin, azken urteotan ikertutako kasuek eta ondoren aipatuko ditugun buztanoriaren eta kaskabeltz handiaren adibideek.

Buztanoria Eurasia eta Ipar Amerikako taigan ugaltzen den hegaztia da eta espezieko ale gutxi batzuek urteroko migrazio arruntak egiten dituzten arren, irrupzio handiak egiten dituelako da ezaguna. Hain dira ezagunak irrupzio horiek, Europako hainbat lekutan “izurrite-txori” esaten zaiola buztanoriari. Eskandinavian ugaltzen diren buztanoriek, adibidez, ia Europa guztia inbaditu izan dute antzinatik eta Erdi Aroaz geroztik irrupzio horietako askoren berri jaso da. Horietako bat, 1965-66ko neguan gertatutakoa oso arreta handiz behatu zen, baina 1413, 1519, 1570, 1682, 1779, 1794, 1806, 1866, 1903, 1913 eta 1931ko neguetan ere irrupzio handiak gertatu zirela badakigu. Itxura denez, hamar urtetik behin, gutxi gorabehera, irrupzio handiren bat gertatzen da eta tarteka hainbat irrupzio txikiago ere gertatzen da. Irupzio handienetan, buztanoriak Europako eta Mediterranioko itsasertzeko bazterrik urrunetara heltzen dira, besteak beste, Portugalera, Turkiara, Txiprera, Kretara, Maltara, Sardiniara, Irlandara, Feroe Irletara eta baita Islandiara ere.

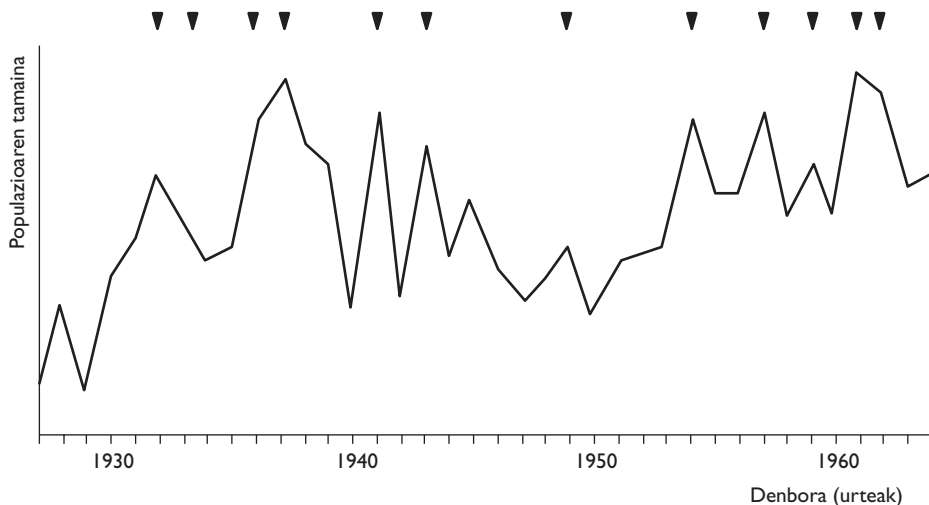
Azken urteetan bildutako datuek aditzera ematen dutenez, espezie honen irrupzioak oso lotuta daude otsalizar-fruituen ugaritasunarekin. Ugal-sasoia-aren amaieran, txita hegatu berriek eta horien gurasoek osatutako talde familiarrek harantz eta honantz ibiltzen dira otsalizar-fruituen bila. Otsalizar-fruituak urriak diren urteetan, talde familiarrek ugal-eskualdeetik alde egin behar izaten dute eta irail aldera mugimendu migratzaile nabariak gertatzen dira jada. Beste hainbatetan, nahikoa otsalizar-fruitu egon arren, neguko elurteek fruituak ezkutatzen dituzte eta migratu egin behar izaten dute buztanoriek. Ugal-eskualdea utzi eta migratzen hasiz

⁴ Ongi dakigu hegaztiekin gainpopulazioaren eta elikagai-eskasiaren ondorio kaltegarriak saihestearren alde egiten dutela beren ohiko ugal-eskualdeetatik, baina ez dakigu hain ongi zein den hegaztiak migratzera bultzatzen dituen azken estimulua. Bi dira ikerlariak aipatzen dituzten kausak: hegaztiak janaria agortzen ari dela ikustea eta gainpopulazioak hegaztietan eragiten duen estresa, edo nahiago bada, gainpopulazioak hegaztietan eragiten dituen aldaketa psikologikoak. Hala ere, ez da baztertu behar, azken kausa hau bi faktore horien arteko nahasketa denik ere.

gero, buztanoriak ez dira gelditzen, ezta nahikoa janari duten lekuak aurkitutakoan ere, baina hala eta guztiz ere, Europako mendebaldeko itsasertzeraino iristerako, gainerako hegaztiak jan gabe utzitako fruitu gehienak jan ohi dituzte, buztanoriak, fruitujale amorratu ezezik, fruituak jatera oso ongi moldatutako hegaztiak ere badira eta.

Bestalde, espezie gehienetako aleak ez dira irten diren lekura itzultzen irrupzioen ondoren eta beren ugal-eskualdeetatik urrun hiltzen dira, baina buztanorien kasuan ez da horrelakorik gertatzen eta, normalean, gehienak Europako ekialdean kokatutako beren ugal-eskualdeetara itzultzen dira. Eskuarki, ugal-sasoia baino lehen, martxo aldera, heltzen dira irten ziren lekura, baina irrupzio handienetan itzulera-migrazioa askoz beranduago gertatzen da (udan normalean).

Kaskabeltz handiek ere irrupzio asko egiten dituzte. Europako Erdialdean habia egiten duten espezie honetako ale gehientsuenak ez dira migratzaileak, baina tarteka beren jaiolekuetatik urruti (500 km-ra, sarritan) eramango dituzten irrupzioetan parte hartzen dute. Alemaniako iparraldean ikusi denez, eskualde horretako kaskabeltz-populazioan dentsitate handiko eta dentsitate baxuko uneak tartekatzen dira eta irrupzioak dentsitate handiko uneetan gertatzen dira, 3,5 urtero batezbeste (ikus 2.6. irudia).



2.6. irudia. Alemaniako kaskabeltz handien irrupzioen eta populazioaren tamainaren arteko erlazioa. Irrupzioak gertatu ziren urteak geziez bidez adierazi dira. (Iturria: Berthold 1993).

Aipatu bi adibide horiek eta antzeko beste askok irrupzioei buruzko beste hainbat galderari erantzuteko baliagarri zaizkigu, gainera. Kaskabeltz-populazioek galera handiak izaten dituzte harraparien eta eguraldi txarraren ondorioz eta, arrazoi horregatik, oso ugalketa-tasa altua mantendu behar dute. Estrategia horren ondorioz, urte onetan populazio-gorakada handiak gertatzen dira eta populazioko ale askok jaio diren eskualdetik alde egin beharra izaten dute gainpopulazioak eragindako baliabide-eskasiari aurre egin ezinik. Hortaz, irrupzioak ugalekualdean ezin lor daitezkeen baliabideak ugalekualdetik kanpo bilatzeko egingen diren mugimenduak dira eta, bide batez, espeziearen banaketa-eremua zabaltzen, eskualde desberdinen arteko dentsitate-desberdintasunak orekatzen eta populazio desberdinen arteko gene-fluxua ziurtatzen laguntzen duten gertakizunak direla uste da.

2.8. Mugimendu nomadak

Alde batetik bestera ibiltzen den eta argi muga daitekeen ugalekualderik ez duen hegazti-espezie asko dago munduan. Espezie horiei nomada esaten zaie.

Espezie nomada ezagunenetako bat mokokerra da. Hegazti hau Eurasian, Iberiar penintsula eta Asiako ekialdea bitarteko konifero-basoetan bizi da eta oso elikadura espezializatua du, urte guztian ia pinu eta izeien fruituak soilik jaten baititu. Neguaren amaieran eta udaberrian, koniferoen kono helduak irekitzen diren sasoiari, alegia, oso erraza zaie mokokerrei fruitu horiek lortzea, baina gainerako sasoiari kono itxietako fruituak atera behar izaten dituzte. Horretarako izena ematen dien moko oker bereziaz baliatzen dira. Moko espezializatuari esker, kono heldugabeen ezkata gogorrak moztu eta mihiaz haziak ateratzeko gai dira mokokerrak eta, era horretan, gainerakoan okilek eta katagorriek soilik erabil dezaketen janari-iturri oparoa ustia dezakete.

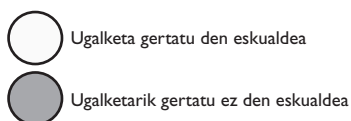
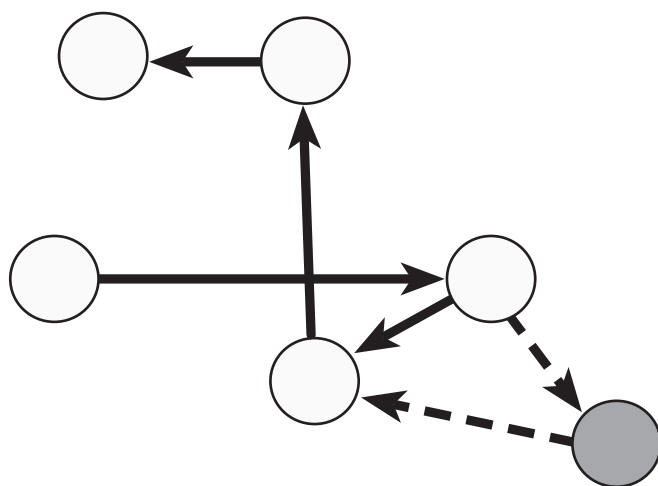
Nolanahi ere, espezializazio guztiek beren desabantailak dituzte eta mokokerraren ez da salbuespena. Koniferoek ez dituzte urtero ematen fruituak, hainbat urtetik behin baizik (hiru edo lau urtetik behin, eskuarki) eta gainera, eskualde bereko zuhaitz guztiak sinkronizatuta egoten dira, hau da, eskualdeko konifero guztiek aldi berean ematen dituzte fruituak eta, beraz, oparotasun handiko urteak eta ia fruiturik ezin lor daitezkeen hainbat urte tartekatzen dira. Horrek guztiak zera esan nahi du, eskualde jakin bateko mokokerrek ezin aurreikus daitezkeen hainbat urtetan soilik lor dezaketela behar adina janari eta eskualdean nahikoa janari ez dagoen urteetan, beste lekuren batera migratu behar dutela. Normalean, mokoke-

rrek udan migratzen dute, neguan eta udaberrian jaiotako txitek habia utzi eta gero, eta sarritan oso distantzia luzeak egiten dituzte (3.000 eta 4.000 kilometroko bidaiak egindako mokokerren berri badago). Gainera, irrupzioak egiten dituzten espezieak ez bezala, mokokerrek espeziearen banaketa-esparruaren baitan (hau da, ugaltzen diren esparruaren baitan) migratzen dute eta bidaia bakarra egiten dute urtean.

Mokokerraren adibideak ongi aski erakusten duenez, portaera nomada janari-iturri aldakorrez baliatu ahal izateko moldapena da (irrupzioak, oster, aldian-aldiko janari-eskasietatik ihes egiteko saioak dira). Hortaz, ez da harritzekoa espezie nomada gehienak, ingurune-baldintzak oso aldakorrak diren lekuetan bizitzea. Australiako hegaztien % 30, esate baterako, nomada da. Bertako hegazti nektariboroak, adibidez, alde batetik bestera ibiltzen dira loratuta dauden zuhaitzen bila eta haziz elikatzen diren espezie asko, euria egin ondoren nahikoa belar-hazi sortu den lekuan bila ibiltzen da.

Bestalde, janari-iturri aldakor eta aurreikustezinez baliatzen diren hegaztien ugal-portaera migratzen ez duten edo urteko sasoi jakinetan soilik migratzen duten hegaztienaren desberdina da, hegaztiak nahikoa janari dagoenean soilik ugal baitaitezke arrakastaz. Mokokerrak, adibidez, urteko edozein hilabetetan ugal daitezke, baldin eta dauden lekuan nahikoa janari badago behintzat, baina hala ere, gehienetan konifero-haziak ugarien diren sasoiak ugaltzen dira, hau da negu-amaieran eta udaberri-hasieran. Edozein urte-sasoitan ugaldu ahal izateko, edozein unetan funtzionatzeko gai izan behar dute gonadek. Mokokerrenek oso denbora luzez funtziona dezakete; arren testikuluak, udazken-amaieratik hurrengo urteko uda bitartean izan ohi dira aktibo eta, beraz, denbora horretan guztian izaten dira mokokerrak ugaltzeko gai. Moldapen horri esker, leku oparo berrietara iritsi eta segituan ugal daitezke eta ez du garrantzi handirik azkena egon diren lekuan ere ugaldu diren edo ez. Gainera, gazteak habia utzi eta aste edo hilabete gutxitara izaten dira ugaltzeko gai eta, sarritan, gazte-lumajea dutela ugaltzen dira lehendabizikoz.

Mokokerrarena bezain ugal-gaitasun handia duten beste hegazti asko aurki daiteke han-hemenka eta batez ere hego hemisferioko leku lehorretan. Australiako *Taeniopygia guttata* txonta, adibidez, gonadak erdi garatuta dituela ibiltzen da alde batetik bestera eta horri esker, gonadak garatzeaz amaitu eta laster batean ugaltzeko gai izaten da euria egin ondoren hazi ugari ematen ari den belardiren bat aurkitu orduko. Espezie honetako gazteak ere oso azkar heltzen dira eta habia utzi eta gutxira izaten dira ugaltzeko gai.



2.7. irudia. Espezie nomadak ez dira urtean behin eta leku bakar batean ugaltzen. Oso eremu zabalean mugitzen dira, leku batetik bestera, eta nahikoa janari aurkitzen duten lekuetan ugaltzen dira. (Day 1992tik moldatuta).

Azken urteotan, bestalde, Europako erdialdeko konifero asko baldintza normaletan ohi dutena baino hazi gehiago ematen hasi dira euri azidoaren eraginez eta zuhaitz gazteak ere, inoiz baino lehenago ematen dituzte lehen fruituak. Oraindik ez dago argi, konifero-hazien ekoizpenean gertatutako aldaketa horrek mokokerren portaera migratorioan eragin handirik izango duen, baina zenbait datuk aditzera ematen duenez, Alemaniako hegoaldeko mokokerrak sedentario bilakatzen ari dira azken urteotan. Gertakari honek, egia izatekotan, portaera nomada janari-iturri aldakorrek ustiatu ahal izateko moldapena baino ez delako ustea sendotuko luke.

2.9. Jazarpen-mugimenduak

Hegazti tropikal eta subtropikal asko janaria aurkituko duela ziurtatzen duen hainbat gertaeraren atzetik ibiltzen da (suaren edo hainbat animaliairen migrazioen atzetik, adibidez) edo besterik gabe, leku eta denbora jakinetan eskuragarri diren

elikagaien edo harrapakinen atzetik joaten dira beti. Elikagaien bila egindako bidaia horiei jazarpen-mugimenduak esaten zaie.

Zaila da jazarpen-mugimendu horiek irrupzioetatik edo espezie nomaden mugimenduetatik bereiztea. Zaila da, adibidez, mokokerraren mugimenduak jazarpen-mugimenduetatik bereiztea, neurri batean edo bestean, mokokerrak ere fruitua eman duten zuhaitzen atzetik ibiltzen dira eta, baina badago, dena den, jazarpen-mugimenduen bereizgarri den ezaugarri bat. Mokokerrek, adibidearekin jarraitzearren, hainbat denboraz erabiltzen dute aurkitutako azken janari-iturria eta hori agortutakoan soilik abiatzen dira janari gehiago aurki dezaketen beste lekuren baten bila. Gainera, leku berrien bila egindako bidaia hori oso luzea izaten da sarritan. Jazarpen-mugimenduak egiten dituzten hegaztiak, ordea, beren janari-iturritik gertu egoten dira denbora guztian; janari-iturria mugikorra izaten da eta hegaztiak atzetik joaten dira.

Hego Amerikako hegazti askok, adibidez, hainbat inurriren migrazioak segitzen dituzte eta inurriek izututa beren ezkutalekueetatik atera diren animaliak jaten dituzte. Beste hegazti asko suteen atzetik ibiltzen dira. Hego Amerikako eta Afrikako sabanetan, esaterako, oso arruntak izaten dira suteak sasoi lehorrean eta hegazti asko suteen atzetik ibiltzen dira, suaren ondorioz zauritu edo hil diren animaliak jateko. Bai inurrien migrazioak jarraitzen dituzten hegaztien artean eta baita suteak jarraitzen dituztenen artean ere, oso talde taxonomiko desberdinetako hegaztiak aurki daitezke: harrapariak, erlatxoriak, zikoinak, beleak, etab.

Espezie nektariboro asko ere landare loratu berrien bila ibiltzen da. Peruko itsasertzeko basamortuan, adibidez, *loma* deritzen hainbat landare-komunitatez osatutako oasi-katea dago. Bertan, Humboldt-en itsas korrante hotzak sortutako lanbroez baliatzen diren landareak hazten dira eta, noizean behin, sasoi egokietan, lorez gainezka jartzen dira landare horiek. Eskualde hartako lau kolibri-espezie, *Rhodopis vesper*, *Myrtis fanny*, *Amazilia amazilia* eta *Thaumastura cora*, landare horien nektarra jaten espezializatu dira eta loratu berri diren lomen atzetik ibiltzen dira beti. Han inguruko beste kolibri-espezie batek, *Colibri coruscans* delakoak, migrazio bertikalak egiten ditu lomen eta Andeetako mendien artean baliabide hori aprobetxatzearen. Eraztunez markatutako kolibriak erabiliz ikusi denez, hegazti horiek oso distantzia luzeak egiten dituzte sarritan (500 eta 2.000 km bitartekoak) loma loratuen bila. Australia, Asia eta Afrikako espezie nektariboro askok ere antzeko portaera dutela ikusi da.

Ia fruituz soilik elikatzen diren hegazti askok ere, batez ere tropikoetakoek, antzeko portaera dute. Horrela, *Ara militaris* espezieko guakamaioak, migrazio

luzeak egiten ditu Andeetako ekialdean kokatutako bere ugal-eskualdetik mendikate horren mendebaldean hazten den *puna* belartsura hainbat fruitu heltzen den garaian eta Amazoniako *Amazona petrei* loroek Brasilgo hego-ekialdeko araukaria-basoetara migratzen dute martxo eta apirila bitartean zuhaitz horren haziak jatearren.

2.10. Ihes-mugimenduak

Hegazti askok dauden lekutik alde egiten dute beren bizia arriskuan jartzen duen zerbait (janari-eskasia, negu gogorra, izoztea, elurtea, uholdeak, sutea, etab.) gertatzen denean. Migrazio-mota horri, ihes-mugimendu esaten zaio eta oso arrunta da, baita normalean migratzen ez duten espezieen kasuan ere. Hala ere, beti ez dute hegaztiak ihes egiteko aukera izaten, gertakizun horiek ezin baitira, normalean, aurrean. 1974ko udazkena, adibidez, oso heze eta hotza izan zen Europan eta eguraldi txarraren ondorioz, asko murriztu ziren janaria aurkitzeko aukerak. Udazken hartan, ohi dena baino hegazti gehiago hil zen gosez Europako erdialdean, besteak beste, migratzen ari zen enara asko.

Ihes-mugimenduek beren partikularitasunak dituzten arren, zaila izaten da, batzuetan, mugimendu horiek irrupzioetatik bereiztea. Dena den, ez da ahaztu behar irrupzioak, populazio-dentsitate handien edo janari-eskasiaren (edo bien arteko konbinazioaren) ondorioz gertatzen direla eta ihes-mugimenduak populazio-dentsitateetik independenteak izaten direla normalean, hau da, dentsitatea baxuak izan arren ere gerta daitezkeela.

Ihes-mugimenduek zertan datzaten ongi azaltzeko, oso argigarriak dira izozteetatik ihes egiten duten hegaztien kasuak. Noizean behin, ohi baino hotzagoak diren neguetan, izoztu egiten dira ia inoiz izozten ez diren laku edo itsas eskualdeak eta, horrelakoetan, ur libreetara ihes egin behar izaten dute leku horietan zeuden ahate, beltxarga, murgil eta abarrek. Hegazti horiek ia inoiz joaten ez diren lekuetara migratzen dute askotan eta normalean ikusten ez dituzten hegaztiak ikusteko aukera ezin hobea eskaintzen diete leku horietako ornitologo eta txorizaleei. Horrelako kasuetan, hegaztiak bere ohiko lekua uztera bultzatzen dituen ez da hotza edo janari-eskasia, ura izozten ari delako ezin igerian egitea eta ur izoztuan harrapatuta gelditzeko arriskua baizik. Dirudienez, hegazti gehienak beren inguruko ura izozten ari dela antzemateko gai dira eta garaiz egiten dute ihes.

Aipagarriak dira ere sorbeltz arruntaren ihes-mugimenduak. Sorbeltzek ekaitzetatik ihes egiten dute, horien ondorioz, beren elikagai bakarra diren aireko intsektuak desagertu egiten dira eta. Ekaitza hurbiltzen ari dela sumatutakoan, ekaitz-frontearen aurretik hegan egiten hasten dira eta hainbat denbora pasa eta gero, atzera egin, frontea gurutzatu eta abiapuntura itzultzen dira. Era batera edo bestera, atmosferan gertatutako aldaketak (tenperatura edo presioa jaisten delako, egoera elektromagnetikoa ere aldatzen delako edo, modu ez zuzenean, intsektu gutxiago harrapa dezaketelako) hautemateko gai dira sorbeltzak eta ekaitz-frontea urruti dagoela (sarritan 50 km-ra) hasten dute beren ihesaldia. Gero, haizearen kontra egiten dute hegan eta, erloju-orratzen norabidean, depresioaren gunea saihesten dute. Ihesaldi horietan, 1.000 edo 2.000 km-ko distantziak egiten dituzte eta hainbat egun edo astez egoten dira beren ugal-eskualdeetatik kanpo. Gurasoak kanpoan dauden bitartean habian gelditu diren txitak lozorro moduko batean erortzen dira. Beren gorputz-tenperatura eta tasa metabolikoa jaitsi egiten da eta egoera horretan astebetez-edo janaririk gabe bizirik irauteko gai dira. Portaera horri esker, aireko intsektuak ia guztiz desagertarazten dituzten ekaitzak saihestea eta oso latitude altuetan (Eskandinavian, adibidez) ugaltzea lortzen dute sorbeltzek.

Dena den, gure artean hegabera da, seguraski, ihes-mugimenduak egiten dituen espezierik ezagunena. Hegazti zuri-beltz honek ia Europa osoan eta Asiako zati handi batean egiten du habia, baina ez da Euskal Herrian ugaltzen. Hala ere, migratzailea da eta Britainia Handian, Irlandan, Frantzian, Iberiar penintsulan eta Mediterraneo itsasoaren inguruko hainbat lekutan pasatzen du negua, bestek beste. Euskal Herriko hainbat lekutan ere arrunta izaten da negu partean, batez ere azaroa eta otsaila bitartean, baina askoz ere arruntagoa izaten da eguraldi txarra egiten duenean. Neguko ekaitz eta elurte gogorrek hegaberaren negutze-eskualdeak jotzen dituztenean, hegoalderantz ihes egiten dute hegaberek eta Euskal Herrian bukatzen dute askok. Hori dela eta, oso normala izaten da Euskal Herrian elurteak ditugunean, normalean hegaberarik ikusten ez den lekuetan hegazti hauez osatutako talde bat edo beste topatzea.

2.11. Sakabanatze-mugimenduak

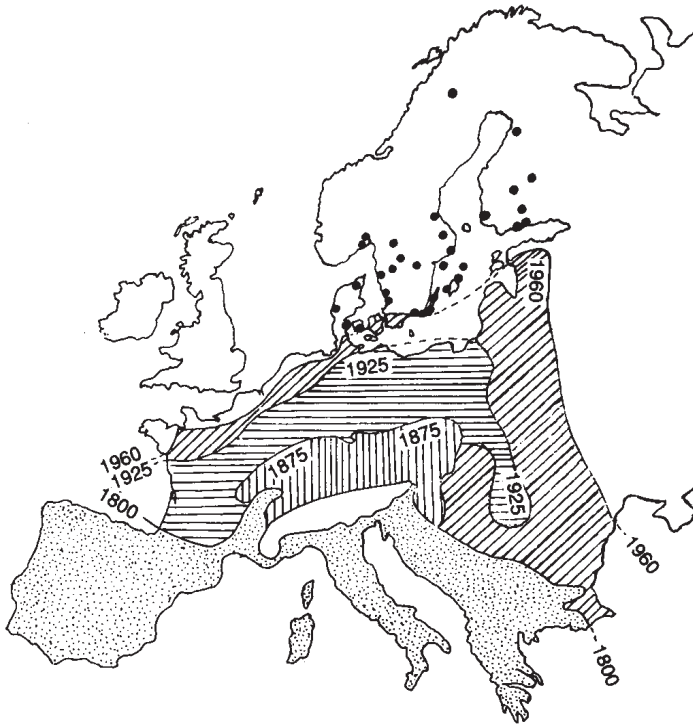
Espezie gehienetako ale batzuek, espeziearen banaketa-esparrua behin-behinerako edo behin betirako hedatzen duten mugimenduak egiten dituzte noizbehinka. Mugimendu horiei esker, ugal-eskualde berriak lortzen dituzte normalean, baina sarritan, espeziearen negutze-eskualdea zabaltzeko ere balio izaten dute.

Espezie ez-migratzaileen kasuan sakabanatze-mugimenduen kausa nagusia espeziearen populazioa asko haztea izaten da. Horrelakoetan, gazteek dispertsio luzeak egin behar izaten dituzte ugaltzeko leku egokien bila eta, era horretan, leku berriak kolonizatuz joaten dira. Erroia, adibidez, hedatzen ari den espezie ez-migratzaile tipikoa da. Orain dela gutxi arte jasan zuen jazarpena zela eta, asko gutxitu zen hegazti hau Europako eskualde askotan, baina bere ehiza galarazi denetik ugaltzen ari da eta Europako eskualde askotara hedatzen ari da.

Dena den, guretzat askoz ezagunagoa da, seguraski, usapal turkiarraren kasua. Espezie hau indiarra da jatorriz, baina mende honetan Europa osora hedatu da. 1930 aldera, Hungariara heldu zen Turkian barrena; 1943an Vienan aurkitu zen eta 1950ko hamarkadan Alemanian ugaltzen hasi zen jada. Azken urteotan, Europa guztira eta Islandiara hedatu da. Euskal Herrira 1960ko hamarkadan heldu zen eta gaur egun, hainbat hiri eta herri handiko lorategi eta parkeetan ikus daiteke, hala nola, Irun, Tolosa, Donostia, Areeta, Algorta eta Iruñean. Antza denez, usapal honen arrakastaren koska oso ingurune gizatartuetan bizitzera ohitu izanean datza. Gizakiongandik gertu bizita, urte guztian zehar aurki dezake janaria eta, gainera, harraparietatik salbu dago, harrapari gehienek ihes egiten baitiote jende-ari. Ondorioz, ia urte guztian zehar ugal daitezke eta txita-kopuru handiak (bikoteko 5 txita batzbestek) jaiotzen dira urtero. Zenbait autoreren ustez, mutazio genetikoak izan dira portaera-aldaketa hori eta ondorengo sakabanatze arrakastatsua eragin dituztenak.

Hegazti migratzaileen artean, aldiz, ez dira horren arruntak aipatutakoa bezalako espantsio handiak, baina kasu aipagarriak ere gertatzen dira. Hegabera, esaterako, mende honetan, 1960ko hamarkadan, hasi zen Finlandian ugaltzen. Txirriskil arrunta 1800 aldera hasi zen Europako hegoaldetik iparralderantz hedatzen, 1925an Alemaniara heldu zen, 1960 aldera Suedia eta Finlandiara eta, gaur egun, Ingalaterran ere ugaltzen da (ikus 2.8. irudia). Durdula 1940ko hamarkadaren bukaeran iritsi zen Groenlandiara eta orduz geroztik sarri ugaltzen da bertan eta murgilari mottoduna eskualde mediterraniarraren mendebalderantz hedatzen ari da.

Hegazti horiek guztiak beren banaketa-esparrua hedatzera bultzatu dituzten kausei dagokionez, berriz, ezer gutxi esan daiteke. Ikerlariak hainbat hipotesi darabilte buruan, baina gaur egun arte ez dago onar litekeen azalpenik. Nolanahi ere, ingurunean gertatutako aldaketak (klima-aldaketak eta janari-eskuragarritasunaren aldaketak, batez ere) eta hegaztietan gertatutako aldaketak (portaera aldatu duten edo moldapen desberdinak sortu dituzten mutazioak, adibidez) dira gehien aipatzen diren kausa posibleak.



2.8. irudia. Txirriskil arrunta hedatuz joan da Europan 1800 urteaz geroztik. Iparraldeko puntuek 1969. urte-tik aurrera espezie hori ugaltu den Eskandinaviako lekuak adierazten dituzte. Azken datuen arabera, txirriskil arrunta askoz gehiago hedatzen ari dela dirudi, azken urteotan Ingalaterran ere ugaltu baita. (Iturria: Berthold 1993).

2.12. Muda-migrazioak

Hegaztien lumak urratu egiten dira kolpeen eta marruskaduraren eraginez eta beren propietateak galduz joaten dira denbora pasa ahala. Hori kaltegarria izan daitekeenez, hegaztiek aldatu egiten dituzte gehiegi urratu baino lehen (urtean behin, eskuarki) eta prozesu horri muda esaten zaio⁵.

Espezie gehienek pixkanaka-pixkanaka aldatzen dute lumajea. Luma zahar gutxi batzuk galtzen dituzte lehenik, luma berriz ordezkatzeko gero eta orduan soilik, ordezkatzear gelditzen zaizkien beste hainbat luma galdu eta berritzen

⁵ Lumak aldatzeko moduak eta uneak garrantzi handia dute hegazti guztientzat, baina hegazti migratzaileentzat bereziki. 6. atalean sakonago aztertuko dugu mudarekin zerikusia duen hainbat arazo.

dituzte. Era horretan, ez zaie inoiz luma gehiegi falta izaten eta hegan egiteko gai dira beti. Hala ere, badaude aldiro-aldiro luma gutxi batzuk galdu eta ordezkatu ordez, luma guztiak bapatean galdu eta aldi bakar batean ordezkatzan dituzten espezieak. Azken estrategia hori oso egokia da luma guztiak oso denbora laburrean aldatzeko, baina, lehentxeago esan dugunez, nahikoa arazo larria sortzen die hegaztiei, luma berriak garatu bitartean ez baitira hegan egiteko gai. Ahateek, antzarek, beltxargek eta beste zenbait espezie urtarrek, hala ere, horrela aldatzen dute lumajea eta, hegan egiteko gai ez diren bitartean harraparietatik salbu egoteko eta nahikoa janari aurki dezaketen lekuetan egoteko, bidaia bereziak egiten dituzte lumak berritzeari ekin aurretik⁶.

Espezie bakoitzak muda-migrazioa gauzatzeko bere modu propioa du. Gehien aztertu dena paita arruntarena dugu. Urtero, Britainia Handitik, Herbehereetatik, Frantziatik, Eskandinaviatik eta Baltiko ingurutik joandako 200.000 paita inguru elkartzen dira mudatzeko Elba ibaiaren bokalean, Iparraldeko Itsasotik gertu. Paita horiek urte horretan izandako kumeak berriz, ugal-eskualdean gelditzen dira eta 100 kume inguruko taldeak osatzen dituzte. Hala ere, kumeak ez dira bakarrik gelditzen, hainbat heldu ere gelditzen baita beraiekin. Heldu horiek kumeekin ugal-eskualdean dauden bitartean aldatzen dituzte lumak. Beste hainbat espeziek (ahate, antzara, kaio, aliota, flamenko eta abarrek) antzeko migrazioak egiten dituzte eta, sarritan, askoz kontzentrazio handiagoak osatzen dituzte. Ipar Amerikan, Utahko Laku Gazi Handian, milioi eta erdi txilinporta urrebelarri elkartzen da, adibidez.

Ipar hemisferioko hegazti gehienek iparralderantz migratzen dute mudatzeko eta askok artikorainoko bidaia egiten dute. Oso latitude altuetara joateak hainbat abantaila bide ditu. Alde batetik, argi-ordu gehiago izaten dituzte udako egunek eta ondorioz, janari bila aritzeko denbora gehiago izaten dute hegaztiak. Horri esker, errazago ase ditzakete hegaztiak mudaren elikagai-eskakizunak. Bestetik, harrapari-presioa eta lehia txikiagoak direla dirudi. Beste zenbaitetan, muda-migrazioak egitearen kausa nagusia elikagai nutritibo asko aurkitzeko erraztasuna dela dirudi. Hainbat antzara-espeziek, adibidez, larre artikoetara migratzen dute eta bertan nahi adina belar fresko eta nutritibo jan dezakete. Batzuetan, hain izaten dira oparoak hegaztiak aukeratutako lekuak mudatzen ari diren bitartean gizendu egiten direla.

Muda amaitutakoan, negutze-eskualderako bidea hartzen dute espezie gehienek eta, normalean, ez dira ugal-eskualdetik pasatzen.

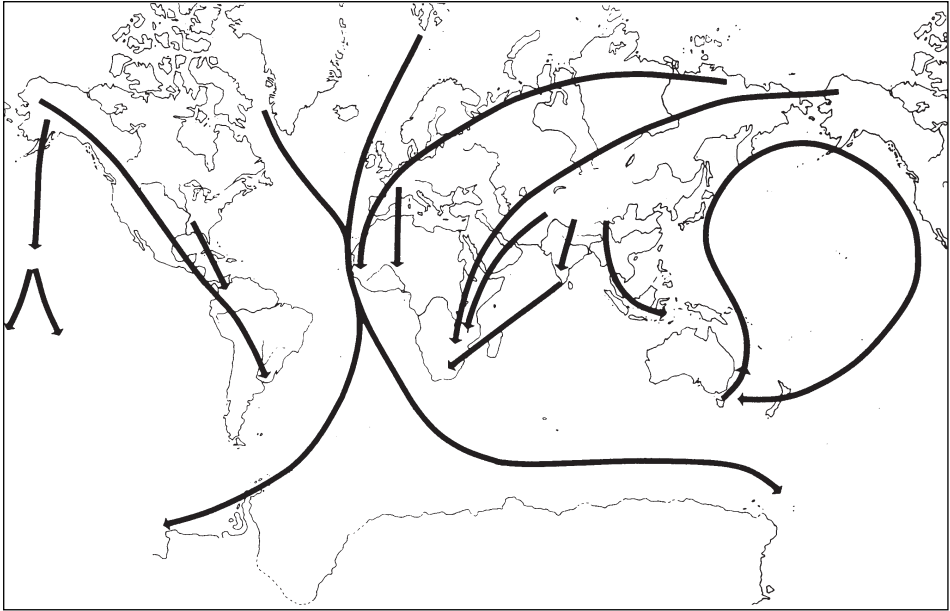
⁶ 6. atalean ere aipatuko dugunez, mudatzen ari diren hegaztientzat oso garrantzitsua da ongi elikatzea eta, batez ere, nahikoa proteina jatea. Lumak proteinaz osatuta daude eta muda-garaian proteina gutxiegi janean gero, luma ahulak hazten zaizkio hegaztiari.

NONDIK JOAN: MIGRAZIO-NORABIDEAK ETA MIGRAZIO-BIDEAK

Beren migrazioetan eskualde batetik bestera joateko, hegaztiak ez dira besterik gabe zuzen-zuzenean joaten. Gehienek mendikateak, itsasoak, lakuak, basamortuak eta antzeko beste oztopoak aurkitzen dituzte beren migrazio-bidean eta oztopo horiek zuzenean zeharkatzeko gai ez diren espezie askok buelta handiak emanaz saihestu behar izaten dituzte. Leku egokietan jatera gelditu beharrak ere eragina izaten du espezie askoren ibilbidean, oso gutxi baitira ugal-eskualdetik negutze-eskualderako bidea gelditu gabe egiten duten hegaztiak. Gehienek energi metakinak berritzera gelditu beharra dute eta askok bereziki oparoak diren lekuetatik pasatzea ahalbidetzen duten bideak segitzen dituzte horretarako. Klimak ere eragin handia izaten du hegaztien ibilbidean. Hegaztiak nahiago dute haizea alde dutela migratzea eta, horretarako, lerro zuzenetik urrundu behar izaten dute askotan. Beraz, ugal-eskualdearen eta negutze-eskualdearen kokapenaz gain, gurutztatu beharreko eremuaren ezaugarri topografikoek, klimatikoek eta ekologikoek ere badute eragina hegazti migratzaileen ibilbidean eta, gainera, ez dugu ahaztu behar sarritan espeziearen historia ebolutiboarekin zerikusia duten arrazoiak ere egoten direla bide bat edo beste aukeratzearen atzean.

Jarraian, hegaztiak egiten dituzten ibilbideak nolakoak diren aztertuko dugu. Ikusiko dugunez, espezie askok ez dute oso ibilbide zehatzik segitzen, beste askok aipatu berri ditugun faktoreen eta urte askotako tradizioaren ondorio diren migrazio-korridore estuak segitzen dituzte; batzuek tarteko zerbait egiten dute eta

beste batzuek, aipatu berri ditugunak baino kausa konplexuagoen ondorio diren bide aldrebes samarretan barrena egiten dituzte beren urteroko joan-etorriak.



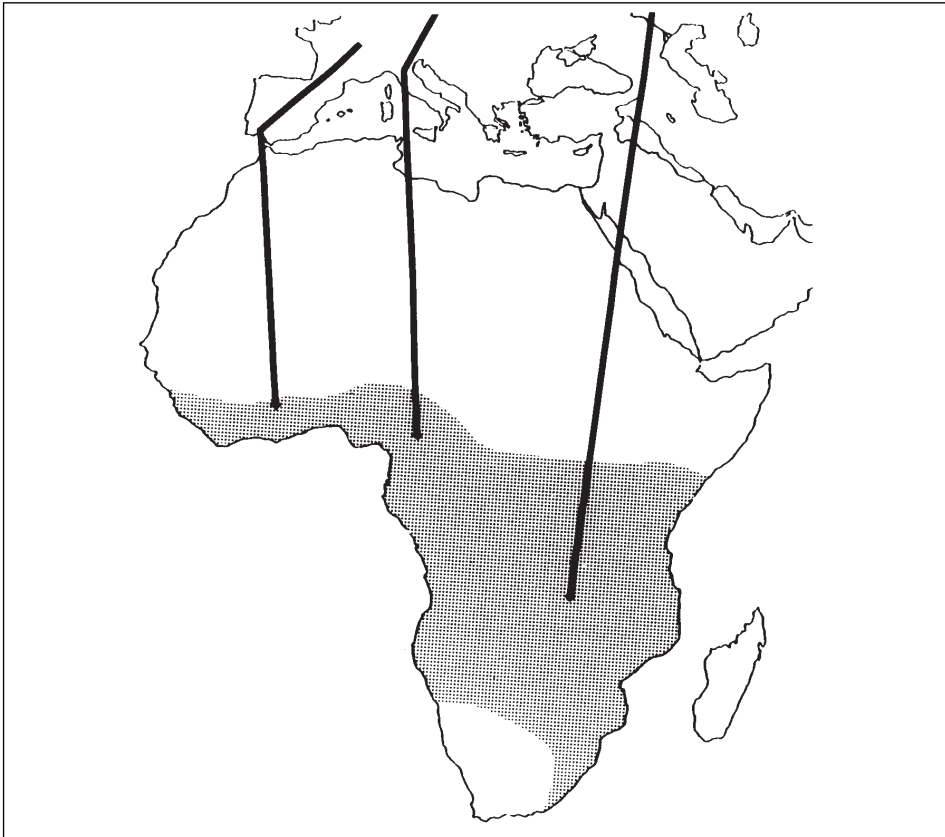
3.1. irudia. Migrazio luzeak egiten dituen hainbat hegaztiren migrazio-bideak. Munduan zehar espezie desberdin askotako ale ugari erabiltzen dituen hainbat migrazio-korridore edo migrazio-bide dago. Bide nagusi horietan atseden hartzeko bereziki egokiak diren hainbat gun e dago normalean eta, migrazio-sasoi etan, espezie desberdinetako ale asko elkartzen dira gun e horietan. (Iturria: Berthold 1993).

3.1. Fronte zabaleko migrazioak

Espezie migratzaile gehienek fronte zabalak eratzen dituzte migratzen dutenean, hau da, leku desberdinetatik irtendako aleek, jatorritik zekarten norabidea gehiegi aldatu gabe zeharkatzen dituzte beren bideetan topatzen dituzten oztopo guztiak (mendiak, ibaiak, lakuak etab.) eta, ondorioz, populazio bakoitzak bere bide propioa jarraitzen du (fronte zabalean migratzen ari diren ale guztien bidea mapa batean irudikatuko balitz, bide horiei legezkiekeen lerroek mapa guztia estaliko lukete). Bide horiek, paraleloak dira gutxi gorabehera, baina ez guztiz, populazio desberdinetako aleek nahikoa norabide desberdinetan migratzen baitute.

Portaera-mota hori ageri duen espezieetako bat, baso-txinboa da. Europako erdialdeko baso-txinboek Afrikako erdialdean pasatzen dute negua, baina horreta-

rako hego-mendebalderako norabidea hartzen dute lehenik eta, gero, Iberiar penintsulatik pasa ondoren, hegoalderantz jotzen dute. Eskandinaviako populazioek ere Afrikako erdialdean pasatzen dute negua, baina hara iristeko hegoalderako norabidea hartzen dute bidaia hasi orduko. Hori dela eta, Italiako iparraldea, Mediterraneo itsasoa eta Sahara basamortua zeharkatu behar izaten dituzte beren bidaietan. Asia aldean ugaltzen diren baso-txinboek ere Afrikako erdialdean pasatzen dute negua, baina eskualde horren ekialdean, eta hara joateko, ia hegoalderantz zuzen migratzen dute migrazioaren hasiera-hasieratik. Azkenik, aztertutako hiru populazio horien arteko beste populazioetan bizi diren txinboek deskribatutako hiru bide horien artetik doazen bideak jarraitzen dituzte eta ondorioz, Britainia Handitik Siberiaraino hedatzen den fronte zabala eratzen dute baso-txinboek migratzen dutenean.

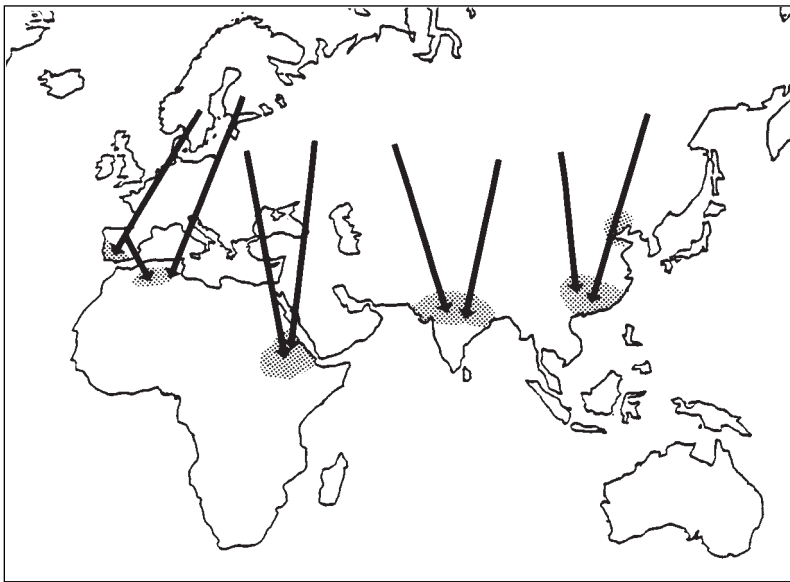


3.2. irudia. Baso-txinboaren migrazio-bideak adierazten dituen mapa. Irudian hiru populazioen bideak soilik adierazi diren arren, tartean gainerako populazioen bideak daudela imaginatu behar da. (Iturria: Berthold 1993).

3.2. Fronte estuko migrazioak, inbutu-itxurako migrazioak eta abaniko-itxurako migrazioak

Espezie batzuek bide estuetan zehar migratzen dute eta bidetik kanpo atsedean hartzeko leku egokiak daudenean ere ez dira bide horietatik ateratzen. Kurrilo arrunta adibidez, Eurasian bizi da eta Espainia eta Txina bitartean sakabanatuta dauden hainbat leku desberdinetan pasatzen du negua. Negutze-eskualde horietarako bidaia bide edo korridore gutxi batzuetan zehar egiten du (ikus 3.3 irudia).

Korridore estuetan zehar migratzen duten hegaztiak egunez migratzen dute oro har eta askok planeatuz egiten dute hegana¹. Beste askok gaztez eta helduz osatutako taldeak eratzen dituzte (antzarrek adibidez) eta belaunaldiz belaunaldi kontserbatu diren bideak erabiltzen dituzte.

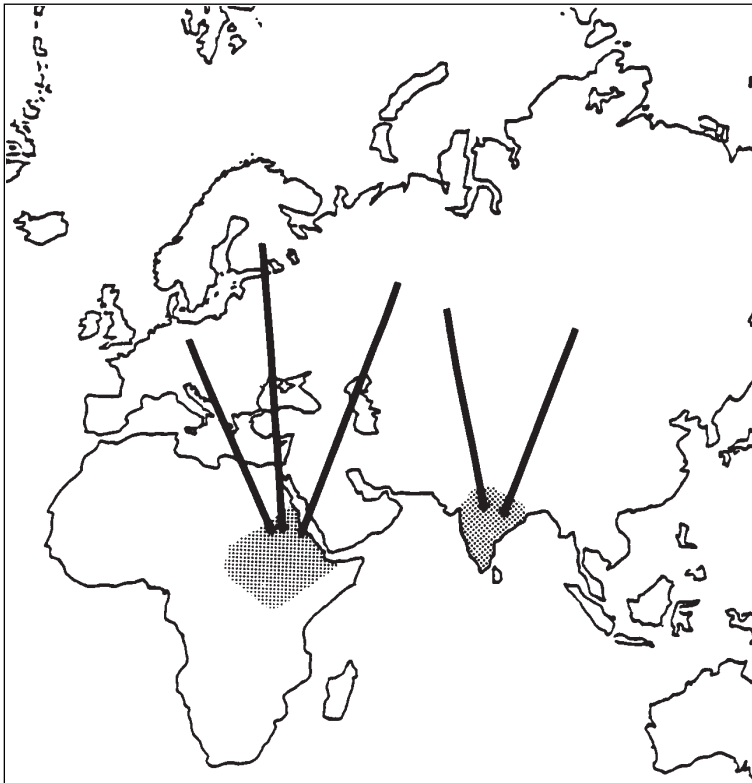


3.3. irudia. Kurrilo arruntaren hainbat populazioen migrazio-bideak eta negutze-eskualdeak adierazten dituen mapa honetan ikus daitekeenez, kurrilo arruntek Espainia eta Txina bitarteko hainbat eskualde desberdinetan pasatzen dute negua eta negutze-eskualdeetara joateko korridore edo bide gutxi batzuetan barrena migratzen dute. (Iturria: Mead 1983).

¹ Aurrerago ikusiko dugunez, planeatuz migratzen duten hegazti gehienek ezinbestekoak dituzte aire-korronte termikoak eta ezin dute itsaso gainetik denbora luzean hegana egin, itsasoan ez baita horrelako korronterik sortzen, normalean behintzat. Espezie horiek erabiltzen dituzten bide edo korridoreak korronte termiko ugari sortzen diren eta oztopo geografikoak (itsasoak edo laku handiak, adibidez) erraz gaintzea ahalbidetzen duten bideak dira.

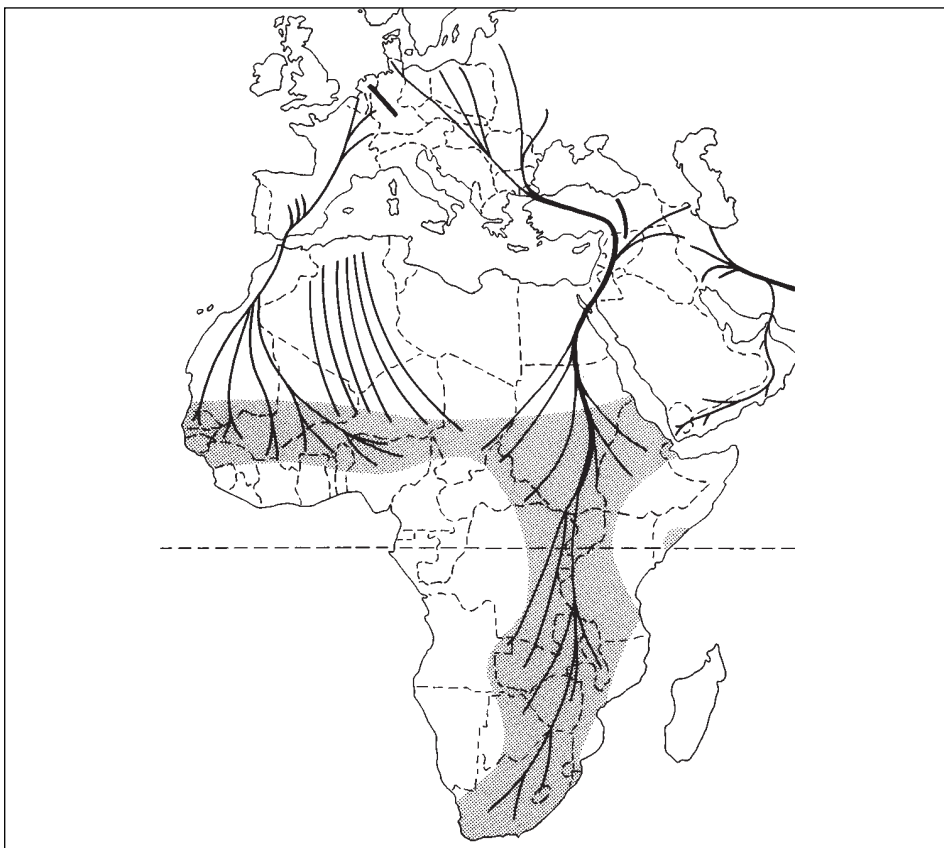
Beste espezie askotako aleak, nahikoa eremu zabalean hasten dira migratzen, baina elkartuz joaten dira ugal-eskualdetik urrundu ahala eta azkenean korridore nagusi bakar bat eratzen dute. Migratzeko modu horri *inbutu-itxurako migrazioa* edo *kontzentrazio-migrazioa* esaten zaio eta horrela migratzen dutenak oso ugal-eskualde handiak izan arren, neguan eskualde txikian kontzentratzen diren hegaztiak dira. Horrela migratzen duen espezieetako bat sasi-txinbotxo da. Hegazti horrek ia Eurasia osoa hartzen duen ugal-eskualdea du eta Afrikako ekialdean eta Indian pasatzen du negua. Hori dela eta, beren migrazio-bideek Afrikako ekialdean eta Indian amaitzen diren inbutu bana eratzen dute (ikus 3.4. irudia).

Ugal-eskualdea baino zabalagoa den negutze-eskualdea duten espezieek, berriz, kontrakoa egiten dute. Espezie horien migratzeko moduari *abaniko-itxurako migrazioa* edo *sakabanatze-migrazioa* esaten zaio.



3.4. irudia. Sasi-txinbotxoek bi eskualde desberdinetan pasatzen dute negua: Afrikako ekialdean eta Indian. (Iturria: Mead 1983).

Azkenik, hegazti gutxi batzuek migratzeko bi mota horien arteko konbinazioa ageri dute. Portaera horren adibiderik ezagunena, zikoina zuria dugu. Zikoina zuri guztiek Afrikan pasatzen dute negua, baina bide desberdinetan barrena iristen dira hara (ikus 3.5. irudia). Iberiar penintsulatik eta Europako mendebaldeko erdialdetik irteten diren aleak Iberiar penintsulan elkartzen dira; Gibraltarreko itsasartetik itsasoa zeharkatu eta Afrikara heldu eta gero berriro sakabanatzen dira. Europako ekialdetik irtendako zikoinak, berriz, Bosforo itsasartean elkartzen dira, handik zeharkatzen dute itsasoa eta, Turkia, ekialde hurbila eta Egipton barrena Mediterraneo inguratu eta Afrikara heldutakoan, kontinente horretako ekialde guztian zehar sakabanatzen dira.



3.5. irudia. Zikoina zuriaren migrazio-bideen irudi eskematikoa. Europako mendebaldeko zikoinek Iberiar penintsulan barrena migratzen dute eta Europako ekialdekoek eta Asiakoek Mediterraneo itsasoaren ekialdeko ertzetik. Esperimentu batean, migrazioa hasi baino lehen, Alemaniako mendebaldera eraman ziren Alemaniako ekialdean jaiotako zenbait zikoina eta, migrazioa hasi zenean, hego-ekialderantz migratzen hasi ziren zikoina horiek eta Alpeen gainetik eta Italiatik pasatzen ikusi ziren azkeneko aldiz. Hori dela eta, bi populazio horietako aleak egiten dituzten bideak genetikoki determinatuta daudela uste da. (Iturria: Berthold 1993).

Zikoinek horrelako migrazio-bideak izatearen kausa nagusia, beren hegan egiteko modua da. Hegazti horiek, beste hainbat hegazti handik bezala, planeatuz egiten dituzte joan-etorri migratorioak eta horretarako, eguzkiak lurra berotzean sortzen diren korronte termikoez baliatzen dira. Korronte termiko horietako bat aurkitutakoan, horren barruan sartzen dira eta altuera handia hartzen dute ia hegoak astindu gabe. Nahikoa altuera hartu dutenean, korronte termikotik ateratzen dira eta migrazioaren norabidean planeatzen dute. Korronte termikoak bata bestearen atzetik horrela lotuz, Europa eta Afrika bitarteko joan-etorriak oso energia gutxi gas-tatuz egiteko gai dira zikoinak, baina migratzeko modu horrek ere badu bere alde txarra: itsasoan ez da korronte termikorik sortzen eta, ondorioz, zikoinek ezin dute Mediterraneoan nonahitik zeharkatu. Horretarako itsasarte estuetara joan behar dute, Gibraltarrera eta Bosforora hain zuzen ere, eta itsasarte horien ertzean ahalik eta altuera handiena hartu eta gero, ahalik eta altuera gutxien galduz beste alderaino planeatzen iristen saiatu behar dute. Bistakoa da teknika horrek zeharkatu beharreko itsaso-zatia nahikoa laburra denean soilik balio duela eta ezinbestekoa dela eguraldia ona izatea eta oso altu heltzen diren korronte termikoak sortzea.

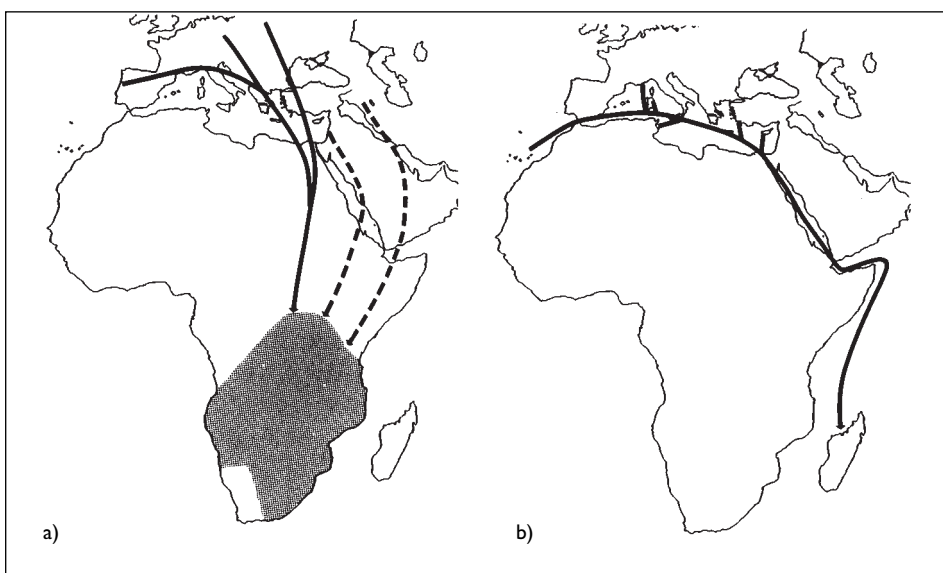
3.3. Historiak baldintzatutako bideak

Ikusi dugunez, oso gutxi dira ugalezko negutze-eremuetatik bitarteko bidaian bide posible guztietan motzeta jarraitzen duten hegaztiak. Europako hegazti askok, esaterako, nahiago izaten dute Alpeak saihestea zeharkatzea baino eta beste askok dezentez luzeagoa egiten dute Afrikarako bidaia Mediterraneoan Gibraltarra itsasartetik edo Bosforotik gurutzatzeagatik. Hala ere, zenbait espezie-tako hegaztiak, ohikoa baino bitxiagoak eta luzeagoak diruditen joan-etorriak egiten dituzte migrazio-sasoian.

Horrelako portaera bitxia duten hegaztien artean, Iberiar penintsulan habia egiten duten antzandobi arruntak daude. Saharatik hegoaldera migratzen duten Iberiar penintsulako hegazti gehienek (galeperrek, kukuek, erlatxoriek, enarek eta buztanikara horiek, adibide batzuk jartzearen) Espainiako hegoalderantz abiatzen dira, itsasoa Gibraltartetik zeharkatzen dute eta, Afrikara heldu eta gero, Sahara basamortua zeharkatu edo Ozeano Atlantikoko itsasertza jarraitzen dute hegoalderako bidaian. Antzandobi arruntek ere Afrikako hegoaldera migratzen dute, baina, beren bidaiaren hasieran, ez dira hegoalderantz joaten, ekialdera baizik eta, Italiako iparraldea, Jugoslavia zena eta Grezia zeharkatu ondoren, ekialdetik gurutzatzen dute Mediterraneo itsasoa, Europako ekialdeko beren espeziekiek gurutzatzen duten leku berberetik.

Kanarietako Eleonor belatzek eta Siberian habia egiten duten borrokalariak ere antzeko portaera ageri dute: Eleonor belatzek Afrikako ipar-mendebaldeko itsasertz atlantikoan eta Mediterraneo itsasoko ertzean egiten dute habia eta Madagaskarren pasatzen dute negua. Kanarietako belatzentzat, Afrika zeharkatzea litzateke Madagaskarrera heltzeko biderik laburrena, baina hala ere, espezieko ale guztiek egiten duten bide bera jarraitzen dute eta Afrikako itsasertz atlantikoa, mediterraneo eta Indiakoan barrena migratzen dute Madagaskarrera. (ikus 3.6. irudia). Siberiako borrokalarien kasua ere esanguratsua da. Siberian habia egiten duten espezie askok Asiako hegoaldean negutzen duten arren, Siberiako ipar-ekialdeko borrokalariak Afrikako mendebaldean pasatzen dute negua eta haraino joateko 12.000 km inguru egin behar izaten dituzte. Teorian behintzat, Siberiako borrokalariak ez lukete Asiako hegoaldean negua pasatzeko arazorik izan behar eta, gainera, hori egitea askoz errentagarriagoa litzateke beraientzako.

Jokabide berezi horien zergatia espezie bakoitzaren historian aurki dezakegu. Antzandobi arrunta Europako ekialdean babestu zen azken glaziazioan zehar eta glaziazioa amaitu eta gero, mendebaldean hedatu zen. Itxura denez, Iberiar penintsulako antzandobiak ez dira Afrikako hegoaldera joateko bide laburrago bat hartzeko edo beste lekuren batera migratzeko posibilitateaz "ohartu" eta historian zehar antzandobi arruntaren migrazio-bidea izan dena erabiltzen jarraitu dute. Kanarietako Eleonor belatzaren eta Siberiako borrokalarien jokabidearen kausa ere



3.6. irudia. Antzandobi arruntaren (a) eta Eleonor belatzaren (b) migrazio-bideen irudi eskematikoak. Lerro jarraiek ugaltza ondorengo migrazioa adierazten dute eta etenak ugaltza aurrekoa. (Iturria: Mead 1983).

horixe dela dirudi. Hala ere, portaera migratorioa aldakorra da eta ez da jokabide horiek betirakoak izango direla pentsatu behar. Etorkizunean espezie horietako ale batzuek negutze-eskualde berriak aurkitzea edo beren betiko negutze-eskualdeetara bide desberdinetatik migratzen hastea bazter ezin daitekeen posibilitatea da.

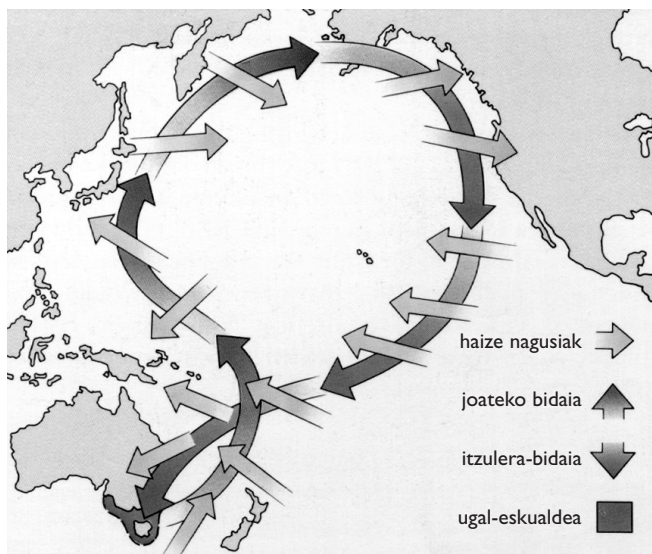
3.4. Begizta-migrazioak

Ugal-eskualdearen eta negutze-eskualdearen arteko joan-etorrietan, hegazti askok bide desberdina erabiltzen dute joateko eta etortzeko eta ibilbide zirkularra egiten dute bidaian zehar. Migratzeko modu horrek begizta-migrazio du izena.

Europako hegaztien artean nahikoa arrunta da portaera hori. Britainia Handiko uhalde-enarek, adibidez, Frantziako mendebaldean eta Iberiar penintsulan barrena migratzen dute Afrikako ipar-mendebaldera, baina itzulera Italiatik eta Europako erdialdetik egiten dute. Antzandobi arruntek ere antzeko portaera dute. Lehenxeago ikusi dugunez, udazken aldera, Grezia eta Mediterraneo itsasoko ekialdea eta Afrikako ipar-ekialdea zeharkatzen dituzte hegazti hauek eta Afrikako erdialdean edo hegoaldean amaitzen dute ugaltu ondorengo migrazioa. Itzultzeko berriz, ekialderago jotzen dute eta Arabiar Penintsula zeharkatzen dute (ikus 3.6. irudia). Galeperrek, txinbo-espezie askok, enara arruntak eta beste hainbat espeziek ere antzera jokaten dute. Guztiek zirkulu moduko bidea egiten dute eta guztiek erlojuaren orratzenaren kontrako norantzan migratzen dute.

Hala ere, portaera horren adibiderik aipagarrienak ez dira lehorrean zehar migratzen duten hegaztiak, hegazti itsastarrak baizik. Hegazti horiek itsasertzean ugaltzen dira, baina gero, ugal-eskualdetik urrutira alde egiten dute, gehienetan, eta itsas zabalean pasatzen dute gainerako denbora guztia. Denbora horretan, ugal-eskualdean hasi eta amaitzen diren arku handiak egiten dituzte hegazti horietako askok.

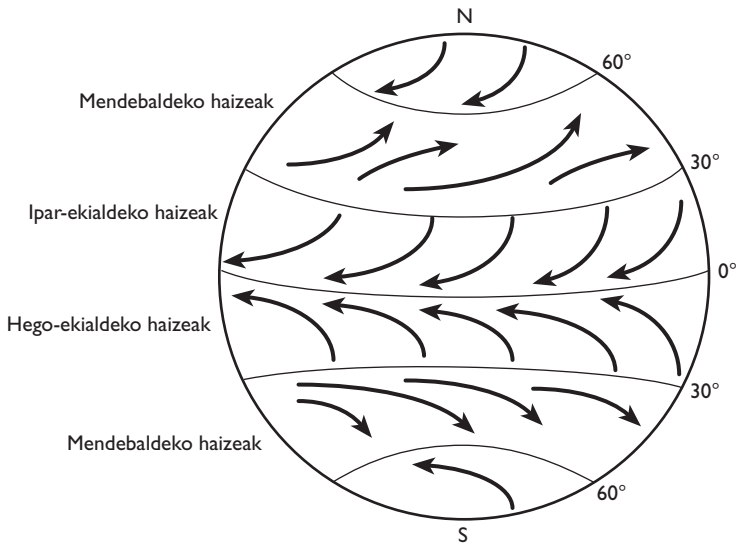
Portaera horien guztien zergatia guztiz argitu gabe dago oraindik, baina indar handia du adituen artean begizta-migrazioak haize nagusiez baliatzeko eboluzio-natu duten migratzeko moduak direlako hipotesiak. Izan ere, lurrazaleko leku guztiek ez dute energi kopuru berbera jasotzen eguzkitik eta, ondorioz, atmosfera guztia ez da berdin berotzen. Eguzkitiko energia gehien tropikoetara heltzen da eta zenbat eta gehiago hurbildu poloetara hainbat eta energia gutxiago iristen da. Horren ondorioz, nahikoa tenperatura-gradiente garbia dago poloetatik tropikoe-



3.7. irudia. Begizta-migrazioen adibiderik adierazgarriena *Puffinus tenuirostris* gabaiaarena dugu. Hegazti hau Australia eta Tasmaniako itsasertzeko hainbat irlatan ugaltzen da eta ugal-sasoitik kanpo itsaso zabalean pasatzen du denbora guztia. Denbora horretan, ugal-eskualdean hasi eta amaitzen den 11.000 km baino gehiagoko begizta egiten du Ozeano Barearen inguruan. (Iturria: Burton 1992).

tara. Gradiente horrek eta lurra etengabe biraka aritzeak nahikoa ezaugarri finkoak dituen haize-sistema bat sortu dute atmosferan. Bi hemisferioetako eskualde epeletan, 30° eta 60° bitarteko latitudeetan, haizeak mendebaldetik jotzen du nagusiki eta bi haize-gerriko horien eta ekuadorearen artean, beste bi haize-gerriko garrantzitsu daude. Ekuadorretik iparralderako gerrikoan ipar-ekialdeko haizea da nagusi eta ekuadorretik hegoalderakoan hego-ekialdekoa (ikus 3.7. irudia). Horrek, noski, ez du esan nahi lau gerriko horietan haizeak beti leku beretik jotzen duenik. Guztietan, epe laburreko aldaketa asko gertatzen dira eta, beraz, edozein norabideko haizeak jo dezake edozein lekutan, baina joera nagusia ares-tian aipatutakoa da. Hegaztiak, aldeko haizeak lagunduta, hegan egiten saiatzen direnez, ez da harritzekoa espezie migratzaileek deskribatu berri dugun erregular-tasuna aprobetxatzeko balio duten portaera bereziak garatu izana.

Hala ere, gaur egun ezin baztertu daiteke begizta-migrazioetako asko ugal-eskualdeetara goiz iristeko beharrari erantzuteko estrategiaren baten ondorio direnik. Hipotesi horren arabera, bide luze baina eroso jarraituko lukete hegaztiekin negutze-eskualdera joateko, baina ugal-eskualdera itzultzeko, nahiago lituzkete neketsuagoak izan arren, ugal-eskualdeetara lehenago heltzea ahalbidetzen duten bideak.



3.8. irudia. Lurrazaleko haizeen norabide nagusiak. Irudian ikus daitekeenez haizeak ipar-ekialdetik jotzen du ekuatorearen iparraldean eta hego-ekialdetik hegoaldean. Haize horiek indar ertaina dute (4 m/s eta 10 m/s bitartekoa) eta oso egonkorak dira. Tropikoetan, topo egiten dute haize horiek eta bertan oso ahulak izaten dira haizeak eta itsasoa oso bare egoten da. 25° eta 30° bitarteko latitudean ere oso makalak izaten dira haizeak eta arruntak dira ia haizerik gabeko egunak. 30° eta 60° bitarteko latitudeetan mendebaldeko haizea da nagusi. Haize horiek indartsuak izaten dira hego hemisferioan, hemisferio horretan ez baitago haizearen abiadura moteldu dezakeen lur-masa handirik. Ipar hemisferioan indar gutxiago izaten du haizeak, oro har, eta aldakorragoa izaten da norabideari dagokionez. Poloen inguruan, azkenik, ekialdeko haizeak dira nagusi.

Itsasoak belauntziz zeharkatzen ziren garaietako marinelek ongi asko zekiten hori guztia eta erregulartasun hori erabiltzen ikasi zuten. Hegaztiekin ere hori egiten dutela dirudi. (Iturria: Alerstam 1990).

NOLA MIGRATU: LOKOMOZIOA MIGRAZIOAN ZEHAR

Badaude hegan egiteko gaitasunik ez duten arren, migratu egiten duten hegaztiak. Pinguinoak esaterako, itsaso zabalean bizi dira, baina, hegazti guztiak bezala, lehorrean ugaltzen dira eta, sarritan, kostaldetik urruti samar gainera. Hori dela eta, urtero itsaso zabalaren eta ugaltzen diren lekuaren arteko joan-etorria egin behar izaten dute eta benetako migrazioak egiten dituzte beraz. Joan-etorri horiek, igerian eta oinez egiten dituzte batik bat, baina elurrez estalitako eskualdeak zeharkatu behar dituzten pinguinoek bularraren gainean irrist eginaz ere mugitzen dira. Batzuetan, errazago edo azkarrago irrist egitearren, lasterraldi laburrak egiten dituzte pinguinoek jauzi egin eta bular gainean etzan baino lehen eta, sarritan, hegats bilakatutako hegoekin “arraunean” ere egiten dute. Ostruka batzuek eta emuek ere oinez migratzen dute eta badaude, hegan egiteko gai diren arren, migrazio-bidaia zati batzuk igerian egiten dituzten hegaztiak ere, ahate, antzara, zanga, kaio, murgil, txilinporta eta aliotak, esate baterako. Oinez migratzea berriz, oso arraroa da hegan egiteko gai diren hegaztien artean, baina zenbaitetan ikusi denez, hegazti batzuk negutze-eskualderako norabidean oinez ibiltzen dira janari bila hegaldi baten ondoren atsedean hartu eta jatera lurreratzen direnean. Aipatutako adibide hauek guztiak, dena den, salbuespentzat hartu behar dira, hegazti gehienek hegan eginez soilik migratzen baitute.

Hegan egitea alde batetik bestera joateko modurik azkarrena da, baina, horregatik akaso, oinez ibiltzea edo igerian egitea baino neketsu eta “garestiagoa” ere

bada. Izan ere, masa beretsuko hegaztiekin kontsumitzen dutena konparatu denean, hegan egiten dutenek, abiadura maximoan korrika edo igerian egiten dutenek baino 2,5 aldiz energia gehiago kontsumitzen dutela ikusi da. Hori dela eta, edozein hegalditan eta bereziki hegaldi migratorioetan gastatzen den energiaren kopurua optimizatzearen aldeko presio ebolutiboa egon dela pentsa genezake.

Energiaren kontsumoa optimizatzeko, hau da, ahalik eta energia gutxien gastatuz ahalik eta distantzia luzeena egiteko, bi parametro kontrolatu behar dituzte, batez ere, hegaztiekin: abiadura eta altitudea¹. Atal honetan, hegaztiekin zein abiaduraz eta zein altitudetan hegan egiten duten eta optimizazioa zenbatekoa den aztertuko dugu, baina ez da hori izango atal honen helburu bakarra. Aski ezaguna da gure artean hegazti askok multzoak eratzen dituztela migrazio-garaian eta ikerlari askoren ustez, energia aurrezteko da portaera horri esker lortzen dutena. Atalaren amaieran, multzoan hegan egitearen abantaila posibleak ere eztabaidatuko ditugu. Hala ere, hori guztia aztertzei ekin baino lehen, hegaztien pisuak hegan egiteko orduan ezartzen dituen mugak eta hegan egiteko modu edo teknika nagusiak aztertuko ditugu. Azken bi arazo horiek oso erlazionatuta daude elkarren artean eta zerikusi handia dute hegaztien bizi eta migratzeko moduarekin ere.

4.1. Hegan egitearen printzipio mekanikoak

Hegaztiekin hegoak gora eta behera astinduz eta inguruko airea behearantz bultzatuz hegan egiten dutela pentsatu izan da antzinatean, baina, gaur egun, uste hori baztertuta dago erabat, hegaztiak airean mantentzen dituen printzipioa, hegaztiek hegan egitea ahalbidetzen duen printzipio berbera dela frogatu da eta. Ikus dezagun zein den printzipio hori.

Hegazkin-hegoen profil berezia dute: ahurrak dira behealdean, ganbilak goialdean, zabala dute aurrealdea eta estua atzealdea (ikus 4.1 irudia). Motorrek bultzata hegazkina aurrerantz mugitzen denean sortutako aire-korronteak² hegoen aurreko muturrekin, *eraso-muturrekin*, topo egiten du eta hegoaren goialdetik edo behealdetik pasa behar izaten du. Hegoen goialdea ganbila eta behealdea

¹ Ez dira bi horiek hegaztiak kontrolatu behar dituen parametro bakarrak. Zein eguraldirekin hegan egin behar duen, zein norabide hartu behar duen, noiz eta non gelditu behar den, etab. migrazioaren osotasunean garrantzi handia duten faktoreak dira eta garrantzitsuak dira, halaber, hegaztiaren tamaina, pisua eta bere gorpuzkera. Hala ere, hegaztia airean dagoela, altuera eta abiadura dira hegaldiaren ekonomian garrantzi handiena dutenak.

² Egia esan, normalean ez da airea izaten mugitzen dena, hegoa baizik eta, beraz, ez da guztiz zehatza aire-korronteek hitz egitea. Hala ere, hegoa aire geldian zehar mugitzeak edo geldirik dagoen hegoa aire-korronte batean jartzeak ondorio berbera duenez, geldirik dagoen hegoak aire-korronte batekin topo egiten duela suposatuko dugu azalpenak erraztearen.

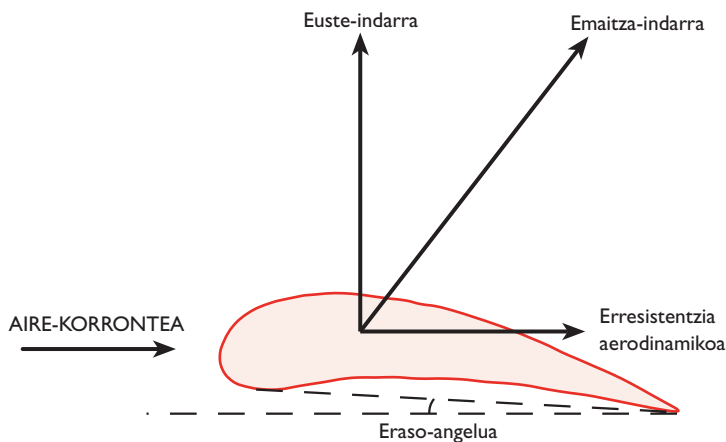
ahurra direnez, hegoen goialdetik igarotzen den aireak behetik igarotzen denak baino bide luzeagoa egin behar du eta, ondorioz, azkarrago pasatzen da airea hegoaren goialdetik behealdetik baino. Bestalde, Bernouilliren legeak dioenez, presio zinetikoaren eta presio estatikoaren batura konstantea da beti. Beraz, aire-korrontearen abiadura handitu ahala, handitu egiten da aireak sortzen duen presio zinetikoa, baina txikitu egiten da presio estatikoa eta aire-korrontearen abiadura txikituz gero, ordea, kontrakoa gertatzen da. Hori guztia dela eta, aireak presio handiagoa egiten du hegoaren behealdean goialdean baino eta, presio-desberdintasun horren ondorioz, hegazkina airean mantentzen duten goranzko indar edo euste-indarrak sortzen dira hegoetan. Nolabait esatearren, hegoen goialdeko presio baxuek gorantz tiratzen dutelako eta hegoen behealdeko presio handioek gorantz bultzatzen dutelako mantentzen da airean hegazkina edo, gure kasuan, hegazia³.

Ez da hori, dena den, hegoetan eragiten duen indar bakarra. Aire-korronteak hegazi migratzaileen hegoen diseinuan eragin handia duen bigarren indar bat ere sortzen du: *erresistentzia aerodinamikoa*. Horrek aire-korrontearen norabide eta norantza berberak ditu eta, beraz, hegoaren aurreranzko mugimendua oztopatzen du.

Erresistentzia aerodinamikoa hainbat kausaren ondorio denez, hainbat erresistentzi nota desberdin bereizten da. *Erresistentzia aerodinamiko induzitu* deritzona aipatu berri dugun presio-desberdintasunaren ondorioz hegoen muturretan sortzen diren bortize edo zurrunbiloen ondorio da eta nolabait esatearren, euste-indarrarengatik ezinbestean ordaindu behar den prezioa da. Erresistentzia aerodinamiko induzituari aurre egiteak energia asko erabiltzea eskatzen duenez, oso garrantzitsua da bortize horiek txikitu eta erresistentzia aerodinamiko induzitua txikitzea. Aurrerago ikusiko dugunez, hegazi-hegoen diseinua arazo horren ondorio da neurri handian eta multzoan hegan egiteari egozten zaizkion abantailak ere hegoen muturretan sortzen diren bortizeekin erlazionatuta daude.

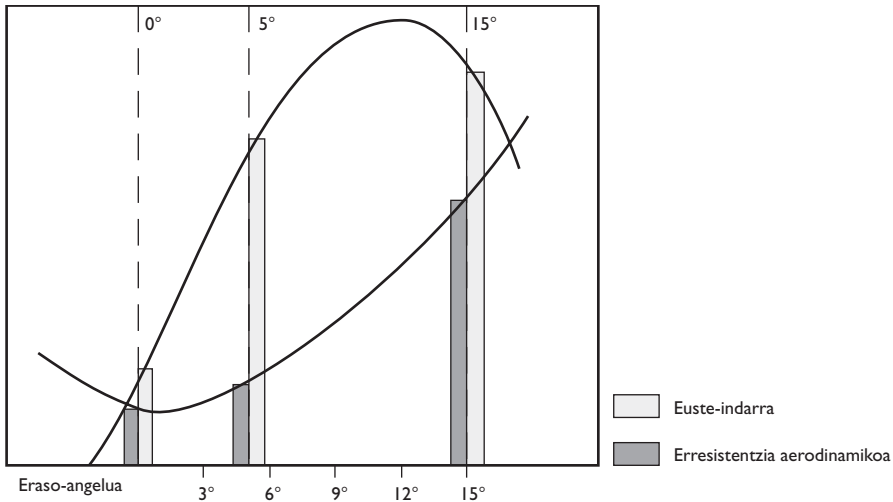
Erresistentzia aerodinamiko induzitua abiadura txikitzen da handien, baina badaude abiadura handitu ahala handitzen diren beste bi erresistentzi mota, *erresistentzia aerodinamiko parasittoa* eta *hego-profilak eragindako erresistentzia aerodinamikoa*. Lehena aireak gorputzarekin topo egitearen ondorio da eta hegazi guztiek antzeko gorputz luzesak izatearen arrazoi nagusia da. Bigarrena airearen eta hegoen gainazalaren arteko marruskaduraren ondorio da eta erresistentzia aerodinamiko induzitua bezala, hegoen diseinua baldintzatzen duen faktoreetako bat da.

³ Egia esan, handiagoa da hegoen goialdeko presio baxuaren eragina behealdeko presio altuarena baino. Goialdeko presio baxuak euste-indarraren bi heren sortzen ditu eta behealdeko presioak bakarra.

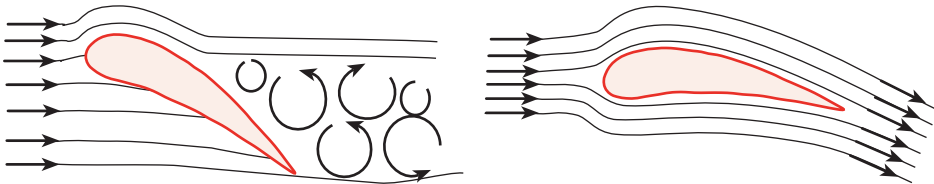


4.1. irudia. Hegoetan eragiten duten indarrak. Aire-korronteak hegoen goialdetik eta behealdetik pasatzera-koan euste-indarra eta erresistentzia aerodinamikoa sortzen ditu. Lehenak gorantz eragiten du eta bigarrenak aire-korrontearen norantzan, hau da, hegaztiaren mugimenduaren kontrako norantzan. Bi indar horiek batu egiten dira eta gorantz eta atzerantz egiten duen emaitza-indarra sortzen dute. Oso garrantzitsua da hegoak aire-korrontearekiko osatzen duen angelua, eraso-angelua, egokia izatea. Angelu hori egokia izanik euste-indarra erresistentzia aerodinamikoa baino askoz handiagoa izatea lortzen da eta alderantziz, eraso-angelua desegokia denean, oso erresistentzia aerodinamiko handia eta oso gorantzko bultzada txikia sortzen dira.

Euste-indarraren eta erresistentzia aerodinamiko totalaren arteko erlazioari *euste/erresistentzia ratio* esaten zaio eta hegoaren propietate aerodinamikoaren adierazgarri da. Edozein hegaztiri aipatutako ratio hori ahalik eta handiena izatea komeni zaio, hau da, ahalik eta erresistentzia gutxien sortuz ahalik eta euste-indarririk handiena sortzea. Hori lortzeko moduetako bat hegaztiaren gorputzak eta hegoek ahalik eta itxurarik lirainena izatea da (hizkera arruntean ere itxura aerodinamiko deritzona izatea, alegia), baina askoz ere garrantzitsuagoa da hegoaren *eraso-angelua*, hegoak aire-korrontearekin osatzen duen angelua, beti kontrolpean izatea. Hegoa aire-korrontearekiko horizontal dagoenean, euste-indarrak eta erresistentzia aerodinamikoak antzeko balioak izaten dituzte. Eraso angelua handituz gero, handiago egiten da hegoaren goialdetik igarotzen den aire-korrontearen abiadura ere eta ondorioz, baita euste-indarra ere, baina eraso-angelua balio kritiko jakin batetik gorakoa bilakatuz gero (12° - 16° -tik gorakoa, eskuarki), turbulentziak sortzen dira hegoaren goialdean eta ondorioz, txikitu egiten da euste-indarra, izugarri handitzen da erresistentzia aerodinamiko eta hegaztia erortzen hasten da. Gorantzko bultzadaren eta erresistentzia aerodinamikoaren arteko konpromezurik onena eskaintzen duen eraso angelua 3° - 4° bitartekoa da eta hegaztiei hegoak angelu hori mantenduz hegan egitea komeni zaie (ikus 4.2. irudia).



4.2. irudia. Euste-indarraren eta erresistentzia aerodinamikoaren arteko ratioa eraso-angeluaren menpe dago. Irudian ikus daitekeenez, erresistentzia aerodinamiko txikia da eraso-angelua 0° -koa denean, baina nahikoa txikia da euste-indarra ere. Eraso-angelua handitu ahala, askoz ere gehiago handitzen da hasieran euste-indarra erresistentzia aerodinamiko baino, eta eraso-angelua 5° -koa denean maximoa da euste-indarraren eta erresistentzia aerodinamikoaren arteko ratioa. Hortik aurrera azkarrago handitzen da erresistentzia aerodinamiko eta txikitu egiten da euste/erresistentzia ratioa. 15° inguruko angelutik gora jaitsi egiten da euste-indarra eta eraso-angelua gehixeago handituz gero desagertu egiten da indar hori. (Iturria: Burton 1990).



4.3. irudia. Eraso-angelua oso handia ez den bitartean, hegoaren goialdeko gainazala segitzen du aire-korronteak, baina eraso-angelua oso handia denean, turbulentziak sortzen dira hegoaren goialdeko gainazalean eta horren ondorioz, asko txikitzen da euste-indarra. (Gill 1990etik moldatuta).

Kontuan hartu beharreko beste bi parametro *hego-karga* eta *luzera/zabalera ratioa* ditugu. Lehen, hegaztiaren pisuaren eta bere hegoen azaleraren arteko ratioa da. Zenbat eta handiagoa hego-karga askoz azkarrago mugitu behar du hegaztiak hegan egiteko bezainbeste euste-indar lortzeko eta alderantziz, hego-karga txikia duten hegaztiak oso astiro egin dezakete hegan lurrera erortzeko arriskurik gabe (ikus 4.1. taula). Izenak dioenez, luzera/zabalera ratioa hegoaren

luzeraren eta zabaleraren arteko zatidura da. Luzera/zabalera ratio handiko hegoek, hego luze eta estuek, azalera handia izaten dute eta euste-indar handia sortzen dute, baina erresistentzia aerodinamiko txikia, beren hego-mutur estuetan bortize txikiak sortzen dira eta.

<i>Espeziea</i>	<i>Hego-karga (g/cm²)</i>	<i>Luzera/zabalera ratioa</i>	<i>Planeatze abiadura minimoa (km/h)</i>
Euli-txoria	0,13	5,9	13,7
Txepetxa	0,24	6,9	18,4
Belatz gorria	0,35	7,7	22,3
Fragata	0,50	12,6	26,6
Usoa	0,52	6,3	27,3
Sai arrea	0,70	6,2	31,7
Faisaia	1,04	4,6	38,5
Basahatea	1,20	9,0	41,4
Albatrosa	1,37	18,7	44,3

4.1. taula. Hainbat hegazti-espezieren hego-kargaren, luzera/zabalera ratioaren eta planeatze-abiadura minimoaren arteko erlazioa (planeatze-abiadura minimoa hegaztiak planeatzekotan eraman beharko lukeen gutxieneko abiadura da; hori baino astiroago joanez gero, ez litzateke airean irauteko adina euste-indarrik sortuko bere hegoetan). Taula honek hainbat iruzkin interesgarri egitea ahalbidetzen du. Interesgarria da, adibidez, basahatea eta fragata konparatzea. Lehenak oso karga handia du (hego txikiak eta gorputz astuna ditu) eta, ondorioz, oso azkar hegan egin behar du; fragatak, berriz, oso karga txikia du, luzera/zabalera ratio handia du eta oso astiro planea dezake ezaugarri horiei esker. Albatrosa eta sai arrea ere planeatzaileak dira, baina taulak aditzera ematen duenez, era desberdinetan planeatzen dute. Albatrosak, hego-karga eta luzera/zabalera ratio oso handiak ditu. Horri esker, oso azkar egin dezake hegan. Sai arreak, berriz, albatrosak baino astiroago egin dezake hegan, hego-karga eta luzera/zabalera ratio txikiagoak baititu. Gorpuzkera hori oso komenigarria da saia-rentzat, maniobrak egiteko gaitasun handiagoa eskaintzen duenez, korrante termikoetan bira itxiak egitea ahalbidetzen dio eta. Euli-txoriari eta txepetxari dagokionez, biek antzeko pisua izan arren, lehenak bigarrenak baino askoz karga txikiagoa du. Horri eta luzera/zabalera ratio txikiagoari esker, airean manio-bra azkarrak egiteko gaitasun handiagoa du eta, gaitasun hori dela medio, airean harrapa ditzake intsektuak. Azkenik, faisaiak hego-karga handia eta luzera/zabalera ratio txikiak ditu. Ezaugarri horiek eta hegan egiteko bere muskulu sendoak basoan bizitzeko moldapenak dira. (Iturria: Burton 1990).

Hala ere, hegazti guztiek ez dituzte luzera/zabalera ratio handiko hego luze, estu eta zorrotzak. Egia da oso hegalaria trebetzat ditugun eta airean denbora asko pasatzen duten hegazti askok, albatrosek, zangek, enarek, sorbeltzek, belatzek, etab., horrelako hegoak dituztela, baina hegalaria trebeak diren eta sarritan oso migrazio luzeak egiten dituzten beste hegazti askok nahikoa hego labur, zabal eta biribilduak dituzte. Zer dela eta desberdintasun horiek? Zergatik ez dituzte hegazti guztiek hego luze, estu eta zorrotzak?

Hego estu eta luzeak izan ordez, hego laburrago eta zabalagoak izateko arrazoi asko dago. Hegazti handiek, adibidez, ezin dituzte oso hego luzeak izan, ahulegiak eta kontrolatzen zailegiak izango lirateke eta. Arrazoi horregatik, saiek, arranoek, zikoinek, kurriboek eta beste hainbat hegazti handik nahikoa hego zabalak dituzte, luzera berdina izanik, hego zabalek hego estuek baino euste-indar handiagoa sortzen baitute. Bestalde, hego luzeak oso egokiak dira leku irekietan hegan egiteko, baina oztupo izan daitezke zuhaitz artean ziztu bizian hegan egin behar izanez gero. Horregatik, basoetan bizi diren hegaztien hegoak leku irekietan ibiltzen direnenak baino laburragoak eta zabalagoak dira, zuhaitz artean maniobra azkarrak egiteko egokiak. Desberdintasun hori oso nabaria da gainera-koan antzeko bizimodua izan arren, basoan edo basotik kanpo bizi diren hegaztiak konparatuz gero. Belatzek, adibidez, aire zabalean harrapatzen dituzte jateko behar dituzten hegaztiak eta hego estu eta zorrotzak dituzte, airean denbora luzez egoteko eta azkar hegan egiteko aproposak direnak. Aztore eta gabiraiek, aldiz, basoan egiten dute ehizan eta hego labur eta zabalak dituzte. Oro har, hego labur eta zabalak dituzten hegaztiak maniobra azkarrak egiteko gaitasun handiagoa dute, baina askoz energia gehiago gastatu behar dute hegan egiteko. Arrazoi horregatik, hego labur eta zabalak dituzten hegaztiak ez dute denbora asko pasatzen airean, ahal badute behintzat (ikus 4.2. taula).

<i>Espeziea</i>	<i>Egunero airean pasatako denbora (ordutan)</i>	<i>Hegan egitearen kostua</i>
Txantxangorria	0,5	22,6
Belatz gorria	1,7	16,2
Araba-zozoa	2,5	8,1
Enara	9,1	4,8
Sorbeltza	16,6	3,4

4.2. taula. Hainbat espeziek egunero airean pasatzen duen denbora, hegan egitearen kostuarekin konparatuta. Hegan egitearen kostua adierazten duten zenbakiak hegaztiak pausatuta egotean gastatzen duen energiaren multiploak dira, hau da, txantxangorriak pausatuta dagoenean baino 22,6 aldiz energia gehiago gastatzen du hegan, belatz gorriak 16,2 aldiz energia gehiago, etab. Taulan ikus daitekeenez, erlazio garbia dago hegan egitearen kostuaren eta hegaztiak airean pasatzen duen denboraren artean eta zenbat eta "garestiagoa" izan hegan egitea, hainbat eta denbora gehiago egoten da pausatuta egunean zehar. Badaude, gainera, hegan egiteko gai izan arren txantxangorriek baino askoz gutxiago hegan egiten duten hegaztiak. Eperrak, adibidez, oinez edo korrika ibiltzen dira normalean eta ia ez dute hegan egiten. Arriskuan daudenean ere, korrika ihes egiten dute askotan eta arriskua oso gertu sumatzen dutenean, eta orduan soilik, oso hegaldi azkar baino laburrak egiten dituzte. (Iturria: Burton 1990).

Lehentxeago aipatu ditugun arrazoi berberak direla eta, migratzeko, luzera/zabalera ratio handiko hegoak edukitzea da onena, baina ikusi dugunez, hegazti guztientzat ez da hori eguneroko bizitzarako hego-diseinurik egokiena. Bistakoa da, beraz, hegazti migratzaile askok behar kontrajarriak dituztela urteko sasoi desberdinetan. Migratzeko garaian hego luze, estu eta puntadunak izatea komeni zaie eta gainerako urte-sasoietan, hego laburrago eta biribilduak.

Hegazti migratzaile gehienetan, erdiko bidetik joaz konpondu du eboluzioak interes-gatazka hori. Mendi-erregetxoaren hegoek, adibidez, ongi islatzen dute basoan bizitzearen beharrei zein migratzearen beharrei aurre egiteko lortutako konpromezua. Hegazti txiki hori konifero-basoetan eta baso mistoetan bizi da eta zuhaitzen hostoen artean aurkitzen dituen intsektu txikiak jaten ditu, baina nahikoa migrazio luzeak ere egiten ditu eta, zenbaitetan, itsaso gainetik pasa behar izaten du. Ondorioz, koniferoen adaburu dentsoetan zehar, alde batetik bestera astiro-astiro hegan egiteko egokiak diren hego labur eta zabalak ditu mendi-erregetxoak, baina bere hegoen muturrak ez dira biribilduak, puntadunak baizik, bidaia migratorio luzeetan energia aurrezteko egokiagoak.

Beraz, hegazti migratzaileek ez-migratzaileek baino hego luze eta puntadunagoak dituzte, oro har. Desberdintasun horiek oso argi ikus daitezke, oso antzekoak diren espezie edo ale ez-migratzaileak eta migratzaileak konparatuz gero. Europako iparraldean habia egiten duten txinbo kaskabeltz migratzaileek, adibidez, Europako hegoaldean habia egiten duten espezieekide ez-migratzaileek baino hego luzeago eta puntadunagoak dituzte. Bestalde, hainbat ornitologok emandako datuen arabera, Suediako txio hori arrek emeek baino hego puntadunagoak dituzte. Horren zergatia ar eta emeen arteko portaera desberdina izan liteke. Udaberrian, txio arrak lehenbailehen itzultzen dira ugal-eskualdeetara, ahalik eta lurralderik onena hartzearen, eta, horretarako, azkar hegan egin behar izaten dute. Emeek, aldiz, ez dute ugal-eskualdera heltzeko presarik eta landaredi trinkoan zehar habia egiteko material bila edo txitak bazkatzeko janari bila ibiltzeko hobeak diren hego biribilduak garatu dituzte.

4.2. Tamaina, pisua eta hegan egiteko gaitasuna

Hegazti txikien eta handien hegan egiteko gaitasuna konparatuz gero, bistakoa da hegazti handienak direla galtzaile, airean mugitzen diren erraztasunari dagokionean behintzat. Hegazti txikiak, kolibriak, trebetasun handiz mugitzen dira airean eta ez dute inolako arazorik airean geldirik egoteko edo atzerantz

hegan egiteko. Hegazti handixeagoak, gure txantxangorri, txonta edo enarak, adibidez, ez dira airean geldirik egoteko edo atzerantz hegan egiteko gai, baina oso trebeak dira airean eta ez dute inolako arazorik izaten aireratzeko edo lurreratzeko orduan. Beltxargak kontrako muturrean daude. Oso azkar egiten dute hegan, normalean 60 km/h abiaduran edo azkarrago eta kolibriek eta hegazti txiki gehienek baino askoz azkarrago beti, baina beren maniobratzeko gaitasuna hutsaren hurrengoa da. Ez dira norabide-aldaketa azkarrak egiteko gai eta ezta airean geldirik egoteko gai ere. Beste espezieetako hegazti handiek, kondor, albatros, zikoina, kurrilo, basoilo, etab.ek arazo berbera dute.

Horren zergatia hegaztiaren tamaina eta pisuarekin lotuta dago neurri handi batean, oso estuki erlazionatuta baitaude hegaztiaren pisua, hegoak mugitzen dituzten muskuluen potentzia eta muskulu horien tamaina. Izan ere, muskuluen zabalera bikoiztean, laukoiztu egiten da bere gainazala eta laukoiztu egiten da muskulu horrek gara dezakeen potentzia ere (azken hau gainazalaren menpekoa da eta), baina askoz gehiago handitzen da muskuluen pisua, zortzi aldiz hain zuzen. Praktikan, zera esan nahi du horrek: muskuluak egin dezakeen indarra bikoizteko, laukoiztu egin behar dela bere pisua. Hori guztia dela eta, hegaztiak ezin dute oso handiak izan, hegan egiteko gai izango badira behintzat⁴.

Naturan ikus daitekeenez, 10-15 kg inguruan dago pisu-muga, hori baita kondor, albatros, zikoina, kurrilo, basoilo, beltxarga eta hegoak astinduz hegan egiteko gai diren hegazti handienek pisatzen dutena. Muga hori askogatik gainditzen duten hegaztiak ezingo lukete hegoak astinduz hegan egin eta hegan egitekotan, planeatu egin beharko lukete, horretarako ez baitago horren pisu-muga esturik. Izan ere, planeatzeko garrantzitsuagoa da hegoen diseinua eta eguraldia ona izatea, muskulu indartsuak izatea baino, muskuluen eginkizuna hegoak zabalik mantentzea baita. Horregatik, airean denbora asko pasatzen duten hegazti handienek ez dute ia inoiz hegoak astinduz hegan egiten eta planeatu egiten dute beti.

4.3. Hegan egiteko teknikak

Hegan egitearen printzipio mekanikoak hegazti guztientzat berdinak diren arren, espezie guztiek ez dute berdin hegan egiten. Hau energia asko kontsumitzea eska-

⁴ Hainbat kalkuluk erakutsi dutenez, hegaztiak gutxienez 10 watt sortu behar dituzte kilogramoko hegan egin ahal izateko. Hau da, 100 g-ko hegazti batek aski du watt bat baino gehixeagoko potentzia garatzea hegan egiteko; 1 kg-ko hegazti batek 10 watt sortu beharko lituzke gutxienez eta 10 kg-ko hegazti batek 100 watt edo gehiago. Hegazti txikiak ez dute inolako arazorik hori lortzeko, baina handiek bai.

tzen duen iharduera denez gero, energi kontsumoa optimizatzea (ahalik eta energia gutxien kontsumitzea) helburu duten hainbat estrategia edo teknika garatu dute hegaztiak. Orain artean ikusitakoaren ondoren pentsa daitekeenez, teknika horiek oso erlazionatuta daude hegaztien tamainarekin eta gorpuzkerarekin eta zerikusi handia dute, halaber, espeziearen habitatarekin eta, oro har, bizimoduarekin. Gainera, modu desberdinean baldintzatzen dute migrazioa eta, ondorioz, hegan egiteko teknika nagusien funtsa ulertzeak fenomeno migratorioaren bitxikeria asko ulertzen lagun gaitzake.

Guztiok dakigunez, hegazti gehienek hegoak astinduz egiten dute hegan. Era horretan, airearen erresistentzia gainditzea eta aurrerantz mugitzea ahalbidetzen duen bultzada lortzen dute eta, bide batez, altituderik ez galtzeko edo altitudea hartzeko beharrezkoa den euste-indarra ere lortzen dute.

Abiadura handiko argazkilaritza eta filmazio-teknika bereziak erabiliz ikusi denez, hegaztiak oso mugimendu konplexua egiten dute hegoak astintzen dituzten bakoitzean eta, gainera, espezie bakoitzaren mugimendua desberdina da. Hala ere, bi fase bereiz daitezke, funtsean, hegazti guztiengan. Lehen fasean, hegaztiak beherantz eta atzerantz mugitzen ditu hegoak eta norabide berean bultzatzen du haizea. Horrela, hegaztia aurrerantz bultzatzen duen indarra sortzen dute hegoak eta indar horren ondorioz hegaztiak aurrera egitean, euste-indarra ere sortzen da hegoetan. Bigarren fasean, gorantz eta aurrerantz mugitzen ditu hegoak. Horrela, hegoak azkarrago mugitzen dira airearekiko eta aurreko fasean baino euste-indar gehiago sortzen da eta, bide batez, lehen fasea hasten den puntura itzultzen dira hegoak.

Aipatu ziklo hori errepikatzen den maiztasuna (eta hegoak mugitzen diren abiadura, beraz) bi faktoreren menpe dago, batik bat: hegaztiak daraman abiaduraren menpe, alde batetik, eta hegaztiaren pisuaren menpe, bestetik. Abiaduraren eta astintze-maiztasunaren artean erlazio zuzena dago, baina alderantzizko erlazioa dago pisuaren eta astintze-maiztasunaren artean. Azken horrek zera esan nahi du, hegazti handiek txikiak baino astiroago astintzen dituztela hegoak. 4.3. taulan horren hainbat adibide ikus daiteke.

Hegan egiteko modu honek muskulu-potentzia eta -erresistentzia handia eskatzen du, baina hegaldiaren abiadura, altitudea eta norabidea kontrolatzeko aukera handia eskaintzen du halaber. Hala ere, hegoak etengabe mugitzen aritzea energia asko kontsumitzen duen iharduera da eta, esan dugunez, hegaztiak ahalik eta energia gutxien kontsumitu behar dute.

Espeziea	Astintze-maiztasuna (hego-astintzeak/s)
Lertxun hauskara	2
Kaio hauskara	2,8
Araba-zozoa	5,1
Faisaia	9
Kaskabeltzak	25-27
<i>Archilochus colubris</i> kolibria	80

4.3. taula. Hainbat espeziek hegan egiterakoan hegoak astintzen dituen maiztasun maximoa. Bertan, argi ikus daiteke hegazti txikiak handiek baino maiztasun handiagoaz astintzen dituztela hegoak. (Burton 1990etik moldatuta).

Hori lortzeko moduetako bat maizago planeatzea da. Planeatzerakoan, energia gutxi kontsumitzen dute hegaztiak (hegoak astinduz gastatzen denaren hogeirena edo gutxiago), hegoak zabalik mantentzeko eta estabilitatea mantentzeko behar diren mugimendu txikiak egiteko soilik behar baitute energia. Abantaila horretaz baliatzeko, hegoak astintzen dituzten uneak eta hegoak zabalik utzita planeatu egiten duten uneak tartekatzen dituzte hegazti askok presarik ez dutenean. Planeatze-faseak irauten duen denbora, hegaztiaren planeatzeko gaitasunaren menpe eta ingurune-baldintzen menpe (haizearen menpe batez ere) egoten da, baina beti ere, gorabehera txikiak egiten dituzte hegaztiak teknika hau erabiltzen dutenean, planeatzerakoan galtzen duten altitudea hegoak astintzerakoan berreskuratzen baitute.

Bigarren teknika hau, hegoak astinduz astiro hegan egitea baino hobe da energi kontsumoari dagokionean. Oso astiro hegan eginaz, ez da behar bezain modu eraginkorrean erabiltzen muskuluek gastatuko energia eta, hegoak astinduz gero, hobe da azkarxeago hegan egitea. Teknika hau erabiliz, berriz, astiro baina energia gutxi kontsumituz hegan egin dezake hegaztiak, hegoak ezinbestekoa denean soilik astintzen baititu. Era horretan hegoak etengabe astinduz gastatuko luketenaren % 10 edo % 20 aurrez daiteke, kalkulu teorikoek diotenez behinik behin.

Honela hegan egiten duten hegaztien artean espezie txiki samar asko dago (araba-zozoak, erlatxoriak, enarak eta sorbeltzak, adibidez), baina oro har, planeatuz soilik hegan egiteko gai ez diren hegazti ertain edo handiak (140 g baino gehiagokoak normalean) dira teknika hau gehien erabiltzen dutenak. Horien artean, fulmar, kaio eta beleen moduko hegazti ertainak eta lertxun eta kurriiloak

bezain hegazti handiak ditugu, baina hegazti harrapariak dira, zalantzarik gabe, horrela hegan egiten maisu.

Hegoak atsedetik gabe astinduz hegan egiten duten espezieak, aldiz, proportzioan pisu handia eta hego-zabalera txikia duten espezieetakoak dira. Hauetako gehienak hegazti urtarrak dira, hegoak urpean igerian egiteko erabiltzen dituztenak. Ura airea baino askoz dentsuagoa denez, ur azpian ibiltzeko aproposagoak dira hego txiki eta sendoak hego luze eta lirainak baino, baina hego horiek ez dira batere onak planeatzeko. Hegazti urtar askok, beraz, hegan egiteko trebezia galdu dute ur azpian igerian egiteko trebeziaren truke.

Hegazti txikienek, dena den, ez dute ia inoiz planeatzen eta, ondorioz, ez dute aipatu berri dugun teknika hori erabiltzen, baina horrek ez du esan nahi energia aurrezteko teknika berezirik garatu ez dutenik. Txinboek, kaskabeltzek, txontek, buztanikarek, txolarreek eta antzeko neurria duten txori askok, hegoak astintzen dituzten faseak eta hegoak itxita eramaten dituzten faseak tartekatzen dituzte. Era horretan, gorabehera handiak egiten dituzte airean eta, arrazoi horregatik, jauzika hegan egiten dutela esaten da. Dena den, hegan egiteko teknika hori ez da txori txikien hegan egiteko modu bakarra. Azaldu berri dugun moduan, nahikoa astiro hegan egiten dute eta, horregatik, hegaztiak atsedetik gabe astintzen dituzte hegoak ihes egiteko.

Hirugarren teknika honen kasuan ere, argi dago energia aurrezteko dela hegaztiak lortzen duena. Arrazoi anatomikoak direla eta, muskuluen potentzia erregulatze-ko gaitasun eskasa dute txori txikiek eta beren hegaldia askoz eraginkorragoa da (energia gutxiago gastatzen dute proportzioan) hegoak azkar samar astintzen dituztenean. Hori dela eta, hobe dute astintze indartsuak eta atsedenaldira laburrak tartekatzea. Hala ere, ez dago guztiz argi zergatik ixten dituzten hegoak guztiz, hegoak zabalik eduki eta planeatu beharrean. Oraindik frogatzeke dagoen teoria batek dioenez, hegazti txiki gehienek erresistentzia aerodinamiko handia gainditu beharko lukete hegoak zabalik dituztela planeatzen saiatuz gero, hego zabal eta biribilduak baitituzte normalean, eta hobe dute une batez hegoak itxi eta beren burua erortzen uztea eta, gero, hegoak azkar astinduz altitudea eta abiadura berreskuratzea.

Hegazti handienek, bestalde, ia inoiz ez dute hegoak astinduz hegan egiten. Aurreko atalean ikusi dugunez, horrela hegan egitearen energi kostua hegaztiaren gorputz-masarekiko alderantziz proportzionala da, hau da, hegoak astinduz hegan egitea "garestiagoa" da proportzioan hegazti handientzat txikientzat baino. Hori dela eta, hegazti handi gehienek planeatuz egiten dute hegan ahal duten gehienez.

tan eta egoera larrian daudenean soilik (korronte termikorik aurkitu ez dutelako edo haizearen abiadura behar bezain handia ez delako) astintzen dituzte hegokak. Planeatuz migratzea migratzeko modu arrunta bilakatu da, beraz, hegazti askorentzat. Zikoina zuriek eta zapelatz liztorjaleek, adibidez, planeatuz egiten dituzte Europa eta Hegoafrika bitarteko joan-etorriak.

Planeatuz hegan egiten duten hegazti gehienak korronte termikoez baliatzen dira altitudea hartzeko. Korronte horietako bat aurkitutakoan, barrura sartzen dira, ahalik eta goranzko bultzada gehien lortzeko hegokak eta isatsa guztiz zabalik dituztela, eta biraka hasten dira korrontetik ez ateratzeko. Korrontearen baitan, gorantz egiten dute pixkanaka-pixkanaka eta nahikoa altitude hartu dutenean edo korrontea ahuldu denean, hortik atera eta aukeratutako norabidean planetatzen hasten dira. Nahikoa altitude galdu dutenean, beste korronte bat bilatzen dute eta prozesua errepikatzen dute. Era horretan, sekulako distantzia handiak egin ditzakete hegokak astindu gabe eta ia energiarik gastatu gabe.

Mendi-hegaletan, korronte termikoekin zerikusirik ez duten, baina planeatzeko erabil daitezkeen bestelako aire-korronteak ere sortzen dira. Haizeak nahikoa gogor jotzen duenean, haizeak gorantz egiten du mendi-hegalen kontra jotzean eta goranzko aire-korronteak sortzen dira mendien haizaldean. Hegazti planeatzaile asko korronte horietaz baliatzen dira mendi-lerroetan zehar nekerik gabe planeatzeko. Hala ere, ez da hau izaten hegazti planeatzaileek erabiltzen duten baliabide nagusia, normalean korronte termikoez baliatzen dira eta.

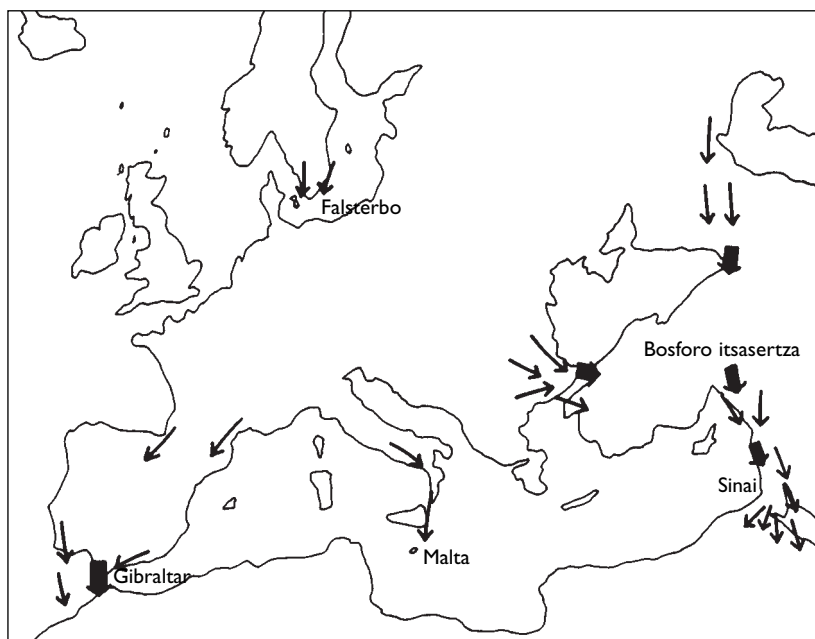
Energi kostuari dagokionez, korronte termiko batetik bestera planeatzea da migratzeko modurik onena da eta, ondorioz, ez da harritzekoa espezie asko horretara moldatu izana. Hegazti horiek (harrapari asko edo zikoinak, adibidez) diseinu bereziko hego luze eta zabalak dituzte eta beren hego-muturretako lumak, luma primarioak, elkarren artetik aldendu samar eta hatzak diruditela gelditzen zaizkie hegokak zabal-zabalik dituztenean. Azken ezaugarri hori abiadura txikitan errazago planeatzeko eta norabidearen kontrol finagoa lortzeko moldapena dela dirudi. Bestalde, korronte termikoez baliatuta migratu beharrak portaera migratorioan ere izan du eragina: hegazti horiek egunez soilik migratzen dute, gauetz ez baita korronte termikorik sortzen⁵.

Hala ere, planeatuz hegan egiteak baditu bere desabantailak. Egun goibeletan ez da korronte termikorik sortzen eta, ondorioz, hegazti handiek ezin izaten dute

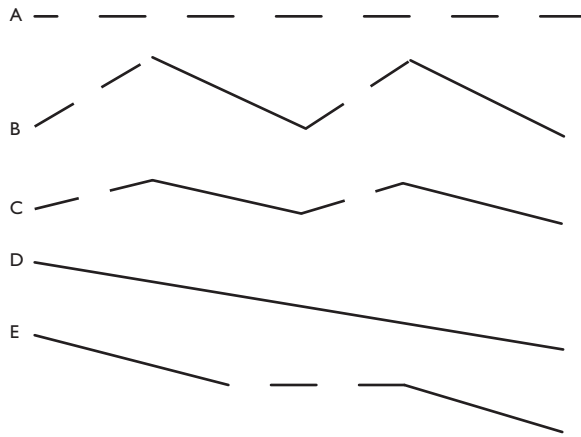
⁵ Planeatuz hegan egiteko eta migratzeko ordurik onenak eguerdi partekoak dira, orduan izaten baitira korronte termikoak indartsuen.

hegan egin. Gainera, itsasoan ere ez da korrante termikorik sortzen, normalean behintzat, eta horrek asko baldintzatzen du hegazti planeatzaileen migrazioa. 3.3. atalean esan dugunez, hegazti planeatzaileek ezin dituzte ur-masa handiak zeharkatu eta, itsasoa zeharkatzekotan, itsasarte estuak aprobetxatu behar dituzte derrigor. Europako espezie migratzaile handiek, zikoina zuriek, adibidez, Gibraltarreko itsasartetik eta Bosforotik zeharkatzen dute Mediterraneoa eta Falsterbotik (Suediako hegoaldean) Baltiko itsasoa. Horretarako, zeharkatu behar duten itsasartera heldutakoan, ahal duten altuen igotzen dira eta beste alderaino planeatzen saiatzen dira gero.

Beste batzuetan, korrante termiko ahulak soilik sortzen dira eta horrek asko moteltzen du migrazio-abiadura, hegaztiak altuera hartzen duen abiadurak eragin handia baitu migrazioaren batez besteko abiaduran (zenbat eta indartsuagoa korrante termikoa, hainbat eta azkarrago hartzen dute altuera hegaztiak eta, ondorioz, askoz denbora gutxiago galtzen dute korrantearen barruan bueltaka). Arazo horri aurre egiteko, kurriloek eta beste zenbait hegaztik hegoak astintzen dituzten aldiak eta planeatu egiten duten aldiak tartekatzen dituzte korrante termiko bate-tik besterako bidean. Era horretan, planeatuz soilik baino azkarrago hegan egiten dute eta ez dute hegoak astinduz soilik bezain beste energia gastatzen.



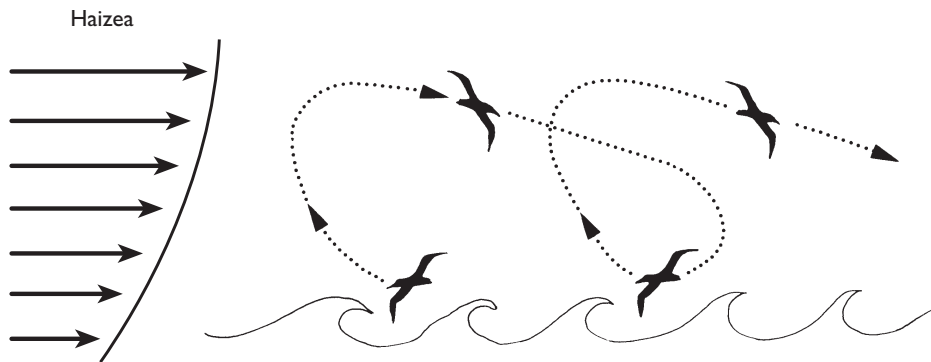
4.4. irudia. Europako hegazti planeatzaileek Afrikara joateko erabiltzen dituzten bide nagusiak. (Iturria: Elkins 1988).



4.5. irudia. Hegan egiteko hainbat teknikaren irudikapen eskematikoa. Lerro etenak hegaztiak astinduz egindako zatiei dagozkie eta lerro jarraiak planeatuz edo hegaztiak itxita egindakoei. A lerroa hegaztiak etengabe astinduz hegazte teknika erakusten du. B lerroa hegaztiak astintzen diren faseak eta hegaztiak itxita edukitzen diren faseak tartekatzen diren hegazte teknika erakusten du. C lerroa planeatzeko faseak eta hegaztiak astintzen diren faseak tartekatutako hegazte teknika erakusten du. Irudian ikus daitezkeenez, lehen kasuan bigarren baino nabariagoak dira altitude-aldaketak. D lerroa planeatuz egindako hegaldiei dagokien teknika erakusten du eta E lerroa kurriloek erabiltzen duten teknika mistoari dagokien teknika erakusten du. (Iturria: Kerlinger 1989).

Azkenik, albatrosek, gabaiek, ekaitz-txoriek, eta beste hainbat hegazti itsastarrek, *planeatze dinamiko* deritzen hegazte teknika erabiltzen dute. Horretarako, itsas azaletik gertu jotzen duen haizearen energiaz eta ezaugarri berezietatik baliatzen dira. Haizeak izaera laminarra du, hau da, haizearen eta uraren arteko marruskaduraren ondorioz, uretik gertu pasatzen den haizea goraxeago pasatzen dena baino astiroago mugitzen da. Ondorioz, abiadura-gradiente garbia egon ohi da itsas mailatik gorako lehen 15 edo 20 metroetan. Haizeak astiro jotzen du uretik gertu eta indartsuago altituden igo ahala. Planeatze dinamikoaren teknika erabiltzen duten hegaztiak ezaugarri horretatik baliatzen dira ahalik eta esfortzu txikiarekin hegazte teknika erabiltzeko.

Teknika horren funtsa bi mugimendu desberdin konbinatzean datza. Lehenik, haizea alde dutela planeatuz, abiadura hartzen dute hegaztiak eta gero, olatuetatik gertu daudenean eta gehiago planeatzeko aukerarik ez dutenean, giratu egiten dira bat-batean, haizearen kontra jartzen dira eta haizearen energiaz eta beren energia zinetikoaz baliatuz altituden hartzen dute. Haizearen kontra jarri orduko, abiadura galtzen dute hegaztiak, baina abiadura gehiegi galdu baino lehen hainbat metroko altituden egon daitezke jada eta berriro buelta hartu eta planeatzen has daitezke. Mugimendu horiek etengabe errepikatuz, ehundaka kilometro egin ditzakete hegaztiak ia energiarik gastatu gabe.



4.6. irudia. Planeatze dinamikoaren funtsa haizearen energia erabiltzean datza. Haizearen kontra jartzen denean eta gorantz egiten duenean, bere energia zinetikoa energia potentzial bilakatzen du hegaztiak. Haize-gradientetik ez balego, hegaztiak abiadura asko galduko luke altitudea irabazi ahala eta buelta hartu beharko luke hegan segi ahal izateko, baina abiadura-gradientea dagoenez eta haizearen abiadura handiagoa denez itsas mailatik urrundu ahala, hegaztiaren urarekiko abiadura moteldu egiten den arren, airearekiko mantendu egiten da neurri handi batean eta hegaztiak bere airearekiko energia zinetikoa ere kontserbatzen du. Horrela gradientetik ez balego gorago igo daiteke. Bere abiadura asko moteldu denean eta altitude handiagoa hartzeko gai ez denean, buelta hartzen du hegaztiak eta haizearen alde planeatzen hasten da. Planeatzerakoan energia potentziala energia zinetiko bilakatzen du eta gainera, haizearen energia aprobetxa dezake bere abiadura (eta energia zinetikoa) handitzeko, itsas mailara hurbildu ahala haizearen abiadura txikiagoa denez, hegaztiaren haizearekiko abiadura handiagoa bilakatzen baita. Uretik gertu dagoenean hegaztiak buelta hartzen du berriro, haizearen kontra jartzen da eta gorantz egiten du berriro. (Iturria: Alerstam 1990).

Teknika hau hobekien erabiltzen duten hegaztiak albatrosak dira. Hegazti hauek, hego-hemisferioko itsasoetan bizi dira, haizeak ia etengabe jotzen duen eskualdeetan. Sateliteen laguntzaz egindako segimenduek erakutsi dutenez, albatrosek 15.000 km inguruko joan-etorriak egin ditzakete janari bila abiatzen direnean (egunean 1.000 km inguru egiteko gai dira) eta haize egokiak aurkituz gero, 80 km/h abiaduran hegan egiteko gai dira. Bestalde, kalkulu teorikoek erakutsi dutenez, 20 metro inguruko altitudea har dezakete albatrosek 10 m/s-ko haizea izanez gero eta, haizearen alde hegan egiteko gai izateaz gain, sigi-sagak eginaz haizearekiko zeharka edo haizearen kontra ere hegan egin dezakete. Hala ere, teknika hau erabiltzen duten hegazti gehienek, albatrosa barne, haizearen alde hegan egiten dute normalean.

Planeatze dinamikoaren teknika erabili ahal izateko, hego luze eta estuak behar dira eta denbora luzean hegoak guztiz irekita izateko gaitasuna ere behar da. Albatrosek, muskuluek indarrrik egin gabe hegoak guztiz zabalik izatea ahalbidetzen duen egitura berezia dute hegoetan eta, horri esker, ez dute ia energiarik behar metro eta erdi baino gehiagoko beren hegoak denbora luzez guztiz zabalik izateko.

Dena den, horrela hegan egiteko espezializatu izanak baditu bere desabantailak. Albatrosek ia derrigor behar dute haizea hegan egiteko. Haizea bare dagoenean olatuek sortutako aire-korrante txikiez balia badaitezke ere, itsasoa guztiz bare dagoenean hegoak astintzea beste erremediorik ez dute, eta ez daude horrela hegan egiteko egoki prestatuta, beren hegoak luzeegiak baitira. Horregatik guzti-gatik, hego-hemisferioko itsasoetan bizi dira albatrosak, han oso arraroak baitira haizerik gabeko egunak. Aldiz, oso gutxitan ikusten dira albatrosak ipar hemisferioan, ekuatore inguruko itsaso bareak ia oztopo gaindiezinak baitira beraientzako. Hain da handia albatrosen espezializazioa, arazo larriak izaten dituztela lehorrean egon eta gero aireratzeko eta, sarritan, hainbat metroko lasterraldiak egin behar izaten dituzte horretarako.

4.4. Zein abiaduratan hegan egin

Aurreko ataletako batean ikusi dugunez, energi kontsumoa optimizatzeko moduetako bat gorpuzkera eta hegoen forma egokia izatea da, beste moduetako bat teknika egokia erabiltzea da eta badago, gutxienez, jarraian aztertuko dugun hirugarren modu bat ere: abiadura kontrolatzea. Ikusiko dugunez, abiadura egokian migratuz gero, migrazioaren iraupenaren eta energi kontsumoaren arteko konpromezu egokia lor dezakete hegaztiak.

Hegan egiteko modua eta horrekin erlazionatutako beste hainbat arazo ikertu dituen zientzialari bakanetako bat Colin J. Pennycuick ornitologoa izan da. Ikerlari honek, abiadura desberdinetan⁶ hegan egiteko hegaztiak garatu behar duen potentzia kalkulatzeko balio duen eredu teoriko bat garatu du. Eredu horrek, airearekiko abiadura desberdinetan hegaztiak kontsumituko lukeena kalkulatzeko ahalbidetzen du, potentzia denbora-unitatean kontsumitzen den energi kopurua baita

⁶ Hegaztien abiaduraz hitz egiterakoan lurrarekiko abiaduraren eta airearekiko abiaduraren artean bereiztea komeni da. Lehena, erreferentzia gisa lurra hartuz neurtzen da eta, bigarrena, erreferentzia gisa hegaztia inguratzen duen airea hartuz. Airea bera lurrarekiko mugitu ohi denez, airearekiko abiadurak eta lurrarekiko abiadurak ez dute zertan berdinak izan behar. Aipatu bi abiadurak eta haizearen abiadura erlazionatzen dituen formula ondokoa litzateke:

$$\text{Lurrarekiko abiadura} = \text{airearekiko abiadura} + \text{haizearen abiadura}$$

Hau da, hegaztiak haizea alde baldin badu lurrarekiko abiadura haizearen abiaduraren eta airearekiko abiaduraren arteko batura izango da. Adibidez: hegaztiaren airearekiko abiadura 40 km/h baldin bada eta haizeak 20 km/h abiaduraz jotzen badu, lurrarekiko abiadura 60 km/h izango da, hau da, hegaztiak 60 km egingo ditu orduan. Haizeak kontra jotzen duenean, aldiz, airearekiko abiaduraren eta haizearen abiaduraren arteko kenketa izango da lurrarekiko abiadura. Aurreko adibidean, 20 km/h izango litzateke lurrarekiko abiadura.

Testu honetan abiadura hitza soilik erabiliz gero, airearekiko abiadura ulertu beharko da. Gainerakoan lurrarekiko abiadura dela azpimarratuko dugu.

(1 Watt = 1 Joule/segundo). Atal honetan eredu hori aztertuko dugu, gaur arte garatu den bakarra izateaz gain, oso ondorio interesgarriak ateratzeko balio baitu.

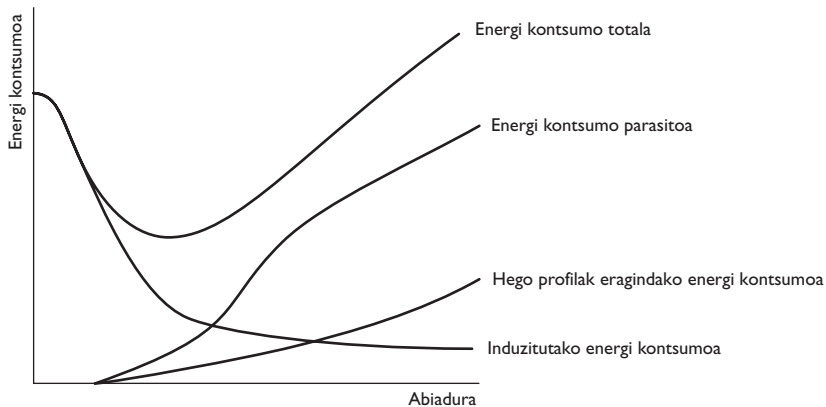
Pennycuickek esandakoaren arabera, hainbat helburu desberdinekin erabiltzen dute energia hegaztiek hegan egiten ari direnean. Alde batetik, lehenago aipatu dugunez, hegaztiek ezinbestekoa dute hegoen gainazaletik haizea pasatzea eta haize handia dabilenean edo planeatzen ari direnean izan ezik, hegoak astindu behar izaten dituzte hori lortzeko. Eginkizun horretan kontsumitzen den energia-ri, hau da, euste-indarra lortzeko behar den energi kontsumoari, *induzitutako energi kontsumoa* esaten zaio. Kontsumo hori, noski, ez da beti berdina izaten. Oso handia izan ohi da hegaztia airean geldirik dagoenean edo hegaldi mantsoetan eta txikitu egiten da hegaztiaren abiadura handitu ahala. Airean geldirik egoteko edo oso astiro hegan egiteko, hegaztiak abiadura handiz mugitu behar izaten ditu hegoak aurrera eta atzera, hori egin ezean ez baita pasatzen hegoetan zehar nahikoa euste-indarra sortzeko adinako aire-korronterik eta, hegoak horren azkar mugitzeko, energia asko kontsumitu behar du hegaztiak. Hegaztiaren abiadura handitu ahala, handitu egiten da hegoetan zehar pasatzen den aire-korrontearen abiadura eta, ondorioz, handitu egiten da euste-indarra ere. Hori dela eta, hegaztiak ez ditu hegoak horrenbeste mugitu behar eta, beraz, ez du horrenbeste energia erabili behar. Hortaz, zenbat eta handiagoa hegoen gainazaletik pasatzen den airearen abiadura hainbat eta txikiagoa induzitutako energi kontsumoa edo, beste era batera esanda, zenbat eta azkarrago hegan egin hegaztiak hainbat eta energia gutxiago erabili beharko du euste-indarra lortzeko⁷.

Hala ere, horrek ez du esan nahi hegaztiak energia gutxiago behar duenik azkar hegan egiteko astiro hegan egiteko baino. Hegan egiteko, airearen erresistentzia gainditu behar dute eta horretarako energia erabili behar dute. Pennycuicken teoria bi erresistentzia aerodinamiko desberdin bereizten dira. Alde batetik, hegaztiaren gorputzak airearekin topo egitean sortzen den erresistentzia dago, *erresistentzia parasittoa* deritzona. Erresistentzia hau handitu egiten da hegaztiaren abiadura handitu ahala eta horren ondorioz, handitu egiten da erresistentzia hori gain-

⁷ Pennycuicken ereduak abiadura eta energi kontsumoa erlazionatzen ditu eta arrazoi horregatik, induzitutako energi kontsumoan abiadurak duen eragina soilik aipatu dugu. Dena dela, ez dugu ahaztu behar beste hainbat faktorek ere eragin handia dutela energi kontsumoan. Horietako bat hegaztiaren pisua dugu. Ikusi dugunez, zenbat eta handiagoa izan hegaztiaren pisua hainbat eta handiagoa izango da hegazti horrek airean mantentzeko beharko duen energia. ere Hegoen luzerak, luzera/zabalera ratioak zehazkiago, ere eragin handia du energi kontsumoan. 4.1. atalean ikusi dugunez, zenbat eta luzeagoak hegaztiaren hegoak hainbat eta handiagoa hego horiek sortzen duten euste-indarra eta zenbat eta estuagoak txikiagoa hegoak aurrerantz mugitzea oztopatzen duen erresistentzia aerodinamikoa. Ondorioz, gainerako baldintza guztiak berdinak izanik, hego luze eta estudun hegaztiek hego labur eta zabalak dituztenek baino energia gutxiago erabili behar izaten dute airean egoteko. Azken faktore garrantzitsua airearen dentsitatea dugu. Gainerako faktore guztiak berdinak izanik, zenbat eta handiagoa izan airearen dentsitatea hainbat eta handiagoa da hegoetan sortzen den euste-indarra eta, ondorioz, energia gutxiago gastatu behar du hegaztiak hegan egiteko.

ditzeko beharrezkoa den energia edo *energi kontsumo parasitua* ere. Bestetik, hegoen gainazalaren eta airearen arteko marruskadurak sortzen duen erresistentzia edo *hego-profilak eragindako erresistentzia* dugu. Erresistentzia hori ere abiadurarekin handitzen dela uste da, baina bere emendioa oso txikia denez, konstantetzat hartzen da sarritan eta erresistentzia hori gainditzeko gastatzen den energia ere, *hego-profilak eragindako kontsumoa* deritzona, beti berdina dela suposatzen da. Hegaztiak hegan egiteko behar duen energia, *energi kontsumo totala*, aipatutako hiru energi kontsumo horien eta metabolismo basalaren batura da.

Energi kontsumo totala abiaduraren arabera nola aldatzen den grafikoki adieraziz gero, U-itxurako kurba bat sortzen da (ikus 4.7. irudia). Horrek zera adierazten du: oso astiro eta oso azkar hegan egiteko energia asko behar dutela hegaztiek eta energia gutxien abiadura ertainetan hegan eginez gero kontsumitzen dutela.

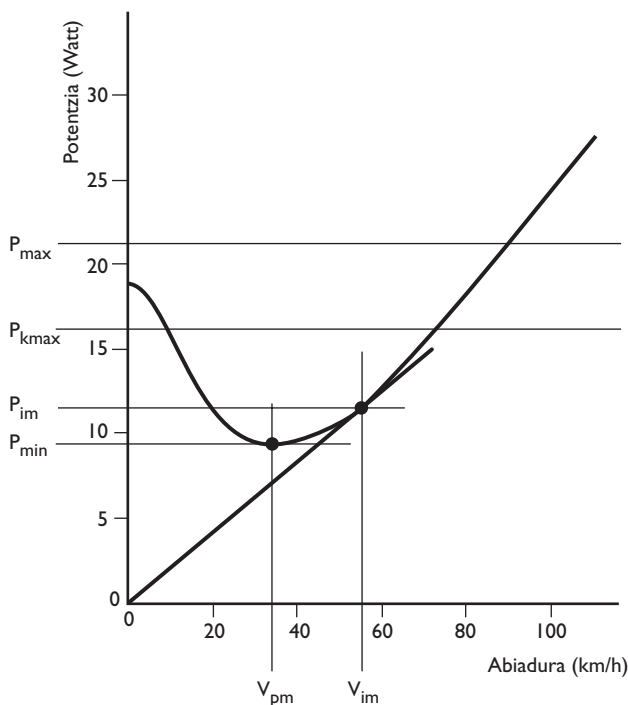


4.7. irudia. Hegaztiekin hegan egiten dutenean kontsumitzen duten energia adierazten duen kurba. (Iturria: Burton 1990).

Pennycuicken ereduak hegoak astinduz hegan egiten duen edozein hegaztiren-tzako balio du. Aukeratutako hegaztiaren energi kontsumoa adierazten duen kurba irudikatzeko, aski da eredu orokorra hegazti horren gorputz-masa eta hego-luzerara moldatzea. Kurba hori lortutakoan, hegaztiari zein abiaduratan hegan egitea komeni zaion kalkulatzeko balio duten bi puntu bereiz daitezke bertan (ikus 4.8 irudia):

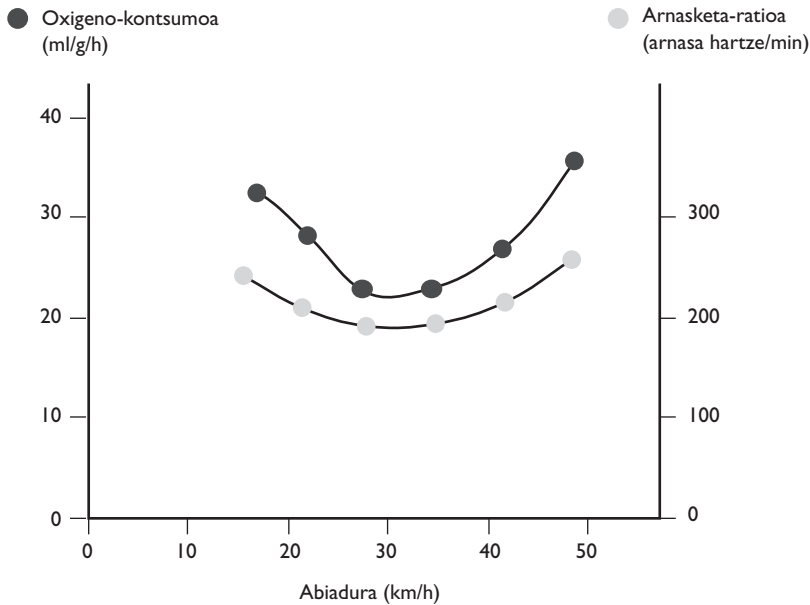
- 1) Lehena, *energi kontsumo minimoko abiadurari* (V_{pm}) dagokion puntua da. Izenak berak dioenez, hegaztiak abiadura horretan egin behar izaten du hegan dabilela ahalik eta energia gutxien gastatzeko eta, beraz, airean ahalik eta denbora gehien irauteko hori litzateke abiadurarik egokiena.

- 2) Bigarren puntua *irismen maximoko abiadurari* (V_{im}) dagokio. Energi erreserba jakin batekin ahalik eta distantziarik luzeena egin behar izanez gero, hori da abiadurarik egokiena. Abiadura horretan hegan eginez gero, lehenago bukatuko litzazkioke hegaztiari energi metakinak, baina beste edozein abiaduran (iraupen maximoko abiadura barne) hegan eginez baino urrutirago helduko litzateke.



4.8. irudia. 0,5 kg-ko pisua eta 75 cm-ko hego-luzera duen pagausoarentzat Pennycuicken ereduaren arabera kalkulaturako potentzi kurba. Kurba honetan abiadura jakin batean hegan egiteko pagausoak zein potentzia garatu behar duen adierazita ageri da. Kurba hori erabiliz, energi kontsumo minimoko abiadura (V_{pm}) eta irismen maximoko abiadura (V_{im}) kalkula daitezke. Lehena kurbaren minimoari dagokio eta, bigarrena kalkulatzeko, aski da jatorritik pasatzen den kurbaren ukitzailea marraztea. Kontsumo minimoko abiaduran hegan egiteko hegaztiak garatu behar duen potentziari P_{min} deritzo eta irismen maximoko abiaduran hegan egiteko gas-tatu beharrekoari P_{im} . Grafikoan hegaztiak une labur batez gara dezakeen potentzia maximoa (P_{max}) eta denbora luzez gara dezakeen potentzia maximoa (P_{kmax}) ere adierazi dira.

Abiadura jakin batean energi kontsumoa zein izango litzatekeen kalkulatzeko, muskuluaren efizientzia % 23koa dela izan behar da kontuan, hau da, hegaztiak metabolizatutako energiaren % 23 soilik bilakatzen duela mugimendu eta gainerakoa bero gisa galdu egiten dela. Hegaztiak garatu beharreko potentzia 10 Wattekoa balitz, adibidez, 43 Wattekoa izango litzateke energi kontsumoa ($10/0,23 = 43$) edo, beste era bate-ra esanda, 43 Joule kontsumituko litzuzke airean legokeen segundo bakoitzeko (aipagarria da, bestalde, hegaztien eraginkortasun energetikoa automobilenaren antzekoa dela, azken hauena % 25aren ingurukoa da eta). (Iturria: Alerstam 1990).



4.9. irudia. Haize-tuneletan egindako hainbat esperimentuk Pennycuicken kalkulu teorikoak berretsi ditu. Goiko grafikoan perikitoekin egindako saiakuntza baten emaitzak ageri dira. Saiakuntza egiteko, buruan mozo-rra berezi bat jarrita zutela haize-tuneletan hegan egiteko trebatuta zeuden perikitoak erabili ziren. Haize-tunelean abiadura desberdinetako korranteak sortuz hegaldi-abiadura desberdinak simulatu ziren eta energi kontsumoaren berri izateko, perikitoek buruan zeramaten mozo-rraren bidez oxigeno-kontsumoa eta arnasketa-erritmoa neurtu ziren. Oxigeno-kontsumoa zein arnasketa-erritmoa grafikoan adieraziz gero, kalkulu teorikoekin bat datozen U-itxurako kurbak lortzen dira. (Iturria: Alerstam 1990).

Naturan egindako neurketak bat datoz, oro har, kalkulu teorikoekin. Neurketa gehienek erakutsi dutenez, migratzen ari diren hegaztien abiadura, energi kontsumo minimoko abiadura baino handiagoa izaten da, baina irismen maximoko abiaduraren antzekoa (ikus 4.4. taula). Horrek zera adieraziko luke: hegaztiak, daukaten energi erreserbarekin, ahalik eta distantziarik luzeenak egiten saiatzen direla.

Baina, gainera, hegaztiak abiadura erregulatzeko gaitasun handia dutela erakutsi duten beste esperimentu asko egin da. Horietako bat sorbeltz arruntarekin egindako neurketak ditugu. Sorbeltzek airean pasatzen dute gaua, ehundaka metro batzuetako altitudetan hara eta hona hegan eginez. Hegaldi horietan neurtutako batazbesteko abiadura 23 km/h izan da, hau da, migratzen ari direnean eramaten dutena baino geldoagoa eta energi kontsumo minimoko abiaduraren nahikoa antzekoa (ikus 4.4. taula). Bistakoa denez, gauez hegan egiten dutenean, ahalik eta energia gutxien kontsumitzea da sorbeltzek behar dutena (ez dugu ahaztu

behar noraezean ibiltzen direla, inora joateko asmo zehatzik gabe) eta beren abiadura nahikoa aproposa da helburu hori lortzeko.

Espezia	Masa (kg)	Hego-luzera (m)	V_{pm} (km/h)	V_{im} (km/h)	Neurtutako batez besteko abiadura (km/h)
Txonta	0,020	0,30	18	34	39
Sorbeltza	0,043	0,45	19	34	40
Birigarro txikia	0,065	0,40	24	41	46
Pagausoa	0,50	0,75	34	57	60
Itsas mika	0,55	0,80	34	57	50
Eiderra	2,0	1,1	45	73	74
Antzara hankahoria	3,5	1,6	45	73	72
Kurrikoa	5,5	2,4	42	70	67
Beltxarga oihularia	10	2,4	52	85	60

4.4. taula. Teorikoki kalkulaturako abiaduren (V_{pm} eta V_{im}) eta radar bidez neurtutako migrazio-abiduren arteko konparaketa. Abiadura teorikoak kalkulatzeko Pennycuick metodoa erabili da eta espezie bakoitzaren kurba ahalik eta zehatzena izatearren, hegaztiaren masa eta hego-luzera hartu dira kontuan. Ikus daitekeen, espezie gehien kasuan radarrez neurtutako abiadura irismen maximoko abiaduratik (V_{im}) hurbilago dago energi kontsumo minimoko (V_{pm}) abiaduratik baino. Salbuespen bakarra beltxarga oihulariarena da. Horren zergatia beltxargaren tamaina handia izan liteke; itxura denez hain da handia beltxarga (kurrikoaren hego-luzera berbera du baina bikoitza pisatzen du, 10 kg), ez duela azkarrago hegan egiteko adinako potentziarik. (Iturria: Alerstam 1990).

Zonotrichia albicollis espezieko txolarreekin egindako beste esperimentu batek ere antzeko datuak eman zituen. Esperimentuko txolarreak globoz igotzen ziren gauetz eta, askatu eta gero, radar bidez jarraitzen ziren beren joan-etorriak. Oskarbi zegoen gauetan askatzen ziren txolarreek segituan aurkitzen zuten migratzeko norabide egokia eta 33 km/h batez besteko abiaduraz, irismen maximokoaren antzeko abiaduraz, hasten ziren migratzen. Gau lainotuetan askatutako txolarreek aldiz, arazoak izaten zituzten orientatzeko eta zirkuluak egiten edo noraezean ibiltzen ziren. Horrelakoetan 24 km/h batez besteko abiaduran egiten zuten hegan, energi kontsumo minimoko abiaduratik gertu. Datu horiek ere aurreko adibidekoen moduan interpreta daitezke. Hegaztiak, une oro, ahalik eta energia gehien aurrezteko ahalbidetzen dion abiadura bilatzen du; nora joan badakienean, ahalik eta urrutien heltzea ahalbidetzen dion abiadura aukeratzen du eta, nora joan ez dakienean, airean ahalik eta denbora gehien irauteko egokiena den abiaduran hegan egiten saiatzen da.

Bestalde, kalkulu teorikoek diotenez, irismen maximoko abiadura aldatu egiten da haizearen arabera; haizeak hegaztiaren atzetik jotzen duenean txikiagoa izaten da eta haizeak aurretik jotzen duenean, handiagoa. Horrek zera esan nahi du: haizea alde izanez gero, hegaztiari astiroago hegan egitea komeni zaiola ahalik eta energia gutxien gastatuz ahalik eta distantzia luzeena egiteko eta haizea aurka izanez gero, ohi baino azkarrago hegan egitea komeni zaiola (ez dugu ahaztu behar airearekiko abiaduraz ari garela; haizea alde dutenean, hegaztien lurrarekiko abiadura normalean baino handiagoa izaten da airearekiko abiadura txikiagoa izan arren eta, haizea aurka dutenean, kontrakoa gertatzen da).

Kasu honetan ere, kalkulu teorikoekin bat datorren hainbat datu enpiriko lortu da. Radarra erabiliz egindako hainbat behaketak erakutsi duenez, *Zonotrichia albicollis* txolarreen airearekiko abiadura 30-40 km/h ingurukoa izaten da haizea kontra dutenean eta 25-30 km/h-koa haizeak alde jotzen duenean. Txontek ere 40 km/h baino mantsoago hegan egiten dute haizea alde dutenean eta azkarrago haizea kontra dutenean. Dena den, oraindik ez da behar adina behaketa egin eta ezin esan daiteke behin betikoz hegazti guztiek airearekiko abiadura horrela kontrolatzen dutenik. Ez litzateke batere harrigarria izango, adibidez, hegazti askok, haizea alde dutenean, irismen maximoko abiadura baino azkarrago hegan egitea. Egia da hegaztiak energia gehiago gastatuko luketela horrela, baina egia da migrazio-bidaia modu horretan lehenago amai lezaketela ere eta horrek hainbat abantaila dituela (harraparitza-arriskua murriztea, eguraldi ona ahal den gehiena aprobe txatu eta eguraldi txararekin hegan egin beharrik ez izatea edota ugaltzeko lehenago iristearekin erlazionatutako abantailak, adibide batzuk jar-tzearren). Gainera, ez da ahaztu behar hegaztiei haizea alde dutela hegan egitea komeni zaiela beti. Hori dela eta, askok ez dute hegan egiten haizea kontra dutenean eta beste askok haizea alde izateko aukera eskaintzen duten bideetan zehar migratzen dute.

Azkenik, kalkulu teorikoen arabera, airearen dentsitateak, hegaztiaren pisuak eta multzoan edo bakarka hegan egiteak ere eragina dute irismen maximoko abiaduran. Airearen dentsitateari dagokionez, irismen maximoko abiadura handitu egiten da dentsitatea txikitu ahala eta, beraz, baita altitudea handitu ahala ere. Kalkuluek diotenez, ahalik eta energia gehien aurrezteko, hegaztiak % 5 handitu beharko lukete beren abiadura igotzen diren 1.000 m-ko eta, beraz, zenbat eta altuago hegan egin hainbat eta azkarrago joatea espero liteke. Gantz-metakin handiak daramatzatenean ere azkarrago hegan egitea komeni zaie hegaztiei (6. atalean ikusiko dugunez, hegazti askok gantza metatzen dute larruazalaren azpian migrazio-bidaia-energi eskakizunei aurre egiteko eta horrek handitu egiten ditu hegaztiaren pisua eta erresistentzia aerodinamikoak), baina multzo handitan hegan

eginez gero astiroago hegan egitea komeni zaiela dirudi. Hala ere, orain artean ez da kalkulu horiek baieztatzen duen nahikoa datu esperimental bildu eta zenbaitzuetan bildutako datuak aurreikuspen teorikoekin kontraesanean daudela ikusi da. Hori dela eta, oraingoz behintzat ezin ziurta daiteke aipatutako hiru faktore horiek benetako eragina dutenik migrazio-abiaduran.

Beraz, hegazti migratzaileen abiadurari buruzko atal hau amaitzeko bi konklusio nagusi aipa ditzakegu. Lehen, hegaztien benetako migrazio-abiadurak eta energi kontsumoa optimizatzeko hegaztiak zein abiaduratan hegan egin behar duten jakiteko egin diren kalkulu teorikoak neurri handian bat datozela, nahiz eta oraindik ez dakigun hegaztiak abiadura horietan hegan egitearen benetako kausa energia aurrezte ote den. Guztiz posible litzateke abiadura horiek aukeratzearen kausa migrazioaren iraupena laburtzea, harraparitza-arriskua txikitzea edo beste edozein faktore ezezagun izatea eta gu horretaz ohartu ez izana. Dena den, autore gehientsuenak bat datoz garrantzi gehien izan lezakeen kausa energia aurrezte dela kontsideratzean.

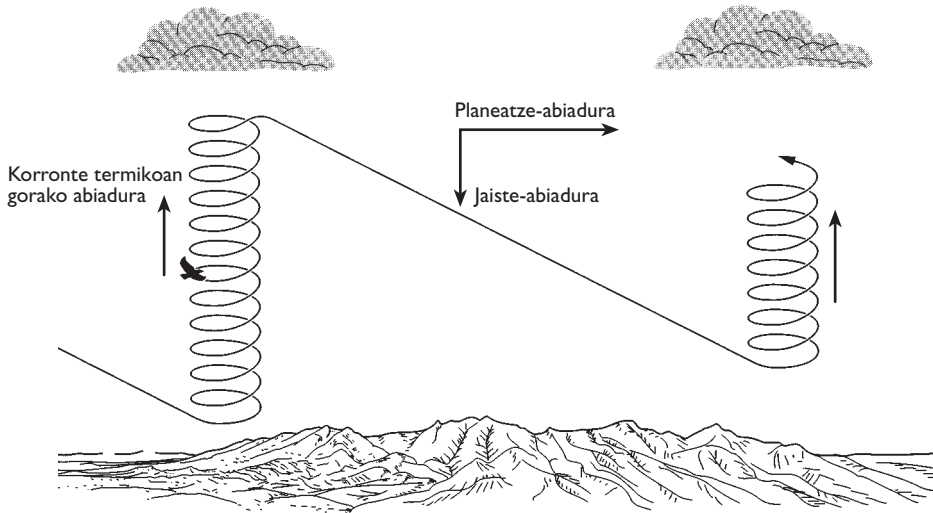
Bigarrenik, ez dugu ahaztu behar hegazti handiek txikiek baino azkarrago migratzen dutela oro har. Kalkulu teorikoek diotenez, gorputz-masa 100 aldiz handituz gero bikoiztu egiten da hegaztiaren migrazio-abiadura optimoa eta kasu honetan ere datu enpirikoak kalkulu teorikoekin bat datoz. Naturan, 30 eta 60 km/h bitarteko batez besteko migrazio-abiadurak neurtu zaizkie txoriei eta 50 eta 80 km/h bitartekoak zangaluze eta hegazti handiei.

4.5. Zein abiaduratan planeatu

Hegazti planeatzaileek grabitatearen erakarpen-indarra erabiltzen dute erresistentzia aerodinamikoa gainditu eta hegan egiteko. Muskulu-indarra erabili ordez, altitudea galtzen dute eta, horri esker, aurrerantz mugi daitezke eta euste-indarra sor daiteke beren hegoetan. Dinamikaren ikuspegitik azalduta, energia potentziala erabiltzen dute erresistentzia aerodinamikoa gainditzeko. Beraz, planeatzean aurrerantz eta beherantz mugitzen dira hegaztiak eta norabide horietako bakoitzean daramaten abiadura (planeatze-abiadura eta jaiste-abiadura, hurrenez hurren) erlazionatuta daude.

Oro har, azkar planeatu nahi duen hegaztiak azkar galdu behar du altitudea. Azkar hegan egiterakoan oso handia izaten da erresistentzia aerodinamikoa eta hau gainditzeko hegaztiak altitudea galdu behar duenez, zenbat eta handiagoa

erresistentzia hainbat eta azkarrago galdu beharko du altitueda. Astiro hegan egiteko, berriz, astiro galdu behar izaten du altitueda hegaztiak, abiadura txikietan erresistentzia aerodinamiko ere txiki samarra izaten denez, energia potentzial gutxiago galdu behar baitu. Hala ere, hegaztiak ezin du nahi bezain astiro hegan egin, planeatze-abiadura txikiegi bilakatuz gero, ez bailuke hegan jarraitzeko adina euste-indarrrik lortuko.

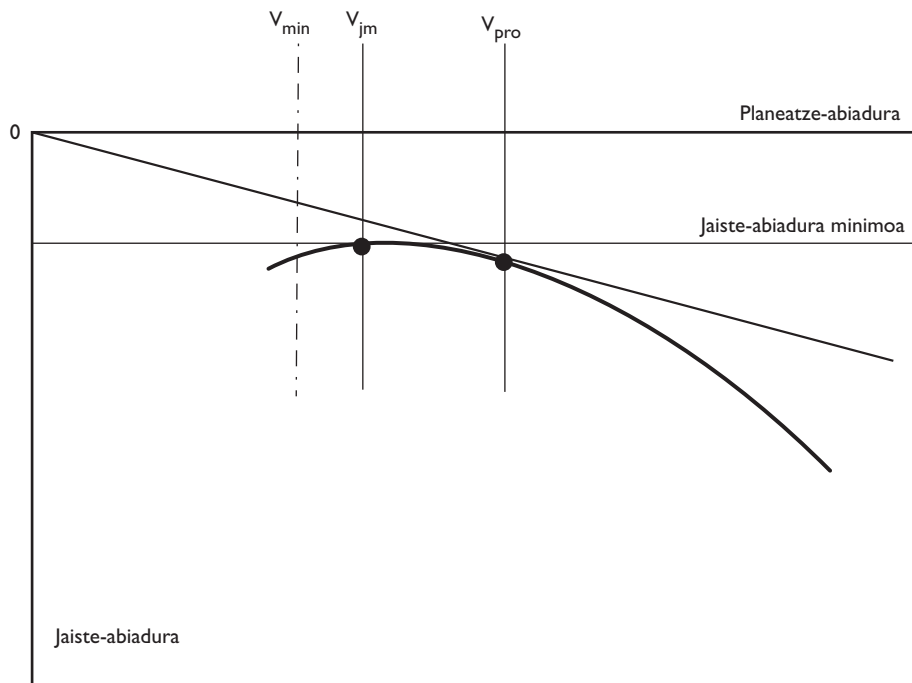


4.10. irudia. Planeatuz migratzen duten hegaztien dinamika aztertzerakoan kontuan izan behar diren abiadurak. (Gill 1990tik moldatuta).

Hegazti planeatzaileen dinamika ulertzeko modurik onena, *planeatze-kurba* deritzona aztertzea da. Kurba horrek planeatze-abiaduraren eta jaiste-abiaduraren arteko erlazioa irudikatzeko balio du eta hegaztiaren planeatze-gaitasunaren berri ematen digu (ikus 4.11. irudia). Kurba horren bidez edozein hegaztiren planeatze-gaitasuna aztertzerakoan kontuan izan behar den ezaugarrietako bat hegaztiaren planeatze-abiadura minimoa ($V_{\min}$) da. Esan berri dugunez, hegaztiak ezin dute nahi bezain astiro planeatu, abiadura batetik behera ez baita hegan jarraitzeko adina euste-indar sortzen beren hegoetan. Planeatze abiadura minimoa lurrera ez erortzeko hegaztiak eraman behar duen gutxieneko abiadura da. Garrantzi handikoak dira halaber, jaiste-abiadura minimoa eskaintzen duen planeatze abiadura (V_{jm}) eta planeatze-ratiorik⁸ onena lortzeko, eraman behar den abiadura (V_{pro}). Lehen, airean denbora gehien pasatzea ahalbidetzen duen abiadura da eta biga-

⁸ Planeatze-ratioa planeatze-abiaduraren eta jaiste-abiaduraren arteko zatidura da eta hegazti metro bat jaitsitakoan horizontalean egindako distantziaren baliokide da.

rrena, lurrera heldu baino lehen distantzia luzeena egitea ahalbidetzen duen abiadura da.



4.1.1. irudia. Planeatze-kurbak planeatze-abiaduraren eta jaiste-abiaduraren arteko erlazioa erakusten du. Hori dela eta, hainbat kalkulu garrantzitsu egiteko erabil daiteke. Alde batetik, jaiste-abiadura minimoa eskaintzen duen abiadura (V_{jm}) kalkulatzeko balio du. Abiadura hori planeatze-kurbaren maximoaren abzisari dagokio eta airean ahalik eta denbora gehien egoteko hegaztiak eraman beharko lukeen abiadura da. Oso garrantzitsua da, planeatze-ratiorik onena eskaintzen duen abiadura ere (V_{pro}). Abiadura horretan hegan eginez, azkarxeago jaisten da hegatzia lurrerantz, baina distantzia luzeagoa egiten du horizontalean jaisten den metro bakoitzeko eta arrazoi horregatik, hori da urrutien heltzea ahalbidetzen duen abiadura. Abiadura hori kalkulatzeko aski da ardatzen jatorritik pasatzen den kurbaren ukitzailea marraztea. Planeatze-ratiorik onena eskaintzen duen abiadura ukitze-puntuaren abzisari dagokio. Bestalde, ongi ikus daiteke grafikoan planeatze-abiadura handitu ahala handitu egiten dela jaiste-abiadura. Horren zergatiak erresistentzia aerodinamikoarekin du zerikusia. Hegaztiaren abiadura handitu ahala handitu egiten da erresistentzia aerodinamikoa eta hegaztiak altitude asko galdu behar izaten dute (energia potentzial asko erabili behar izaten dute) erresistentzia hori gainditzeko. Horren ondorioz, handitu egiten da jaiste-abiadura. (Iturria: Alerstam 1990).

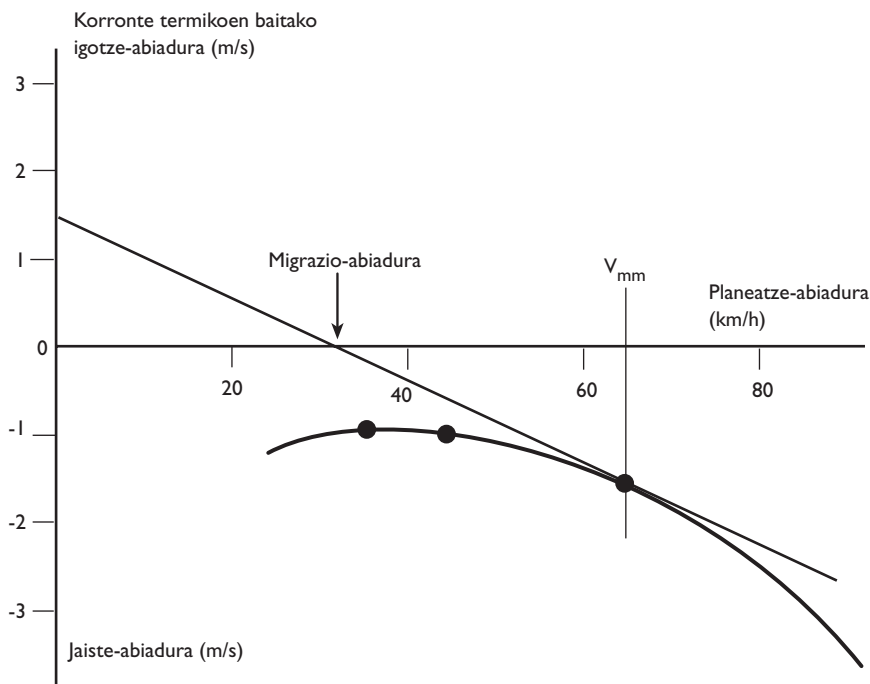
Bestalde, planeatze-ratioa hegoen luzera/zabalera ratioarekin erlazionatuta dago. Planeatze-ratiorik onena duten hegoak hego luze eta estuak dira (luzera/zabalera ratio handia dutenak), eta bestalde, zenbat eta laburragoak eta zabalagoak izan hegoak hainbat eta txikiagoa izango da planeatzeko gaitasuna.

Hego-kargak ere eragin handia du planeatzeko gaitasunean. Oro har, zenbat eta txikiagoa izan hegaztiaren hego-karga, hainbat eta txikiagoa izaten da bere planeatze-abiadura minimoa (ikus 4.1 taula 69. orrialdean) eta txikiagoak izaten dira jaiste-abiadura minimoa eta planeatze-ratiorik handiena eskaintzen duten abiadurak ere. Ondorioz, astiro planeatzeko hobe da hego-karga txikia izatea eta azkar planeatzeko egokiagoak dira hego-karga handiak. Bestalde, hego-karga handia duten hegaztientzat zailagoa izaten da korronte termikoetan gora igotzea eta hego-karga txikia dutenek, aldiz, askoz korronte termiko ahulagoak aprobetxa ditzakete edo askoz azkarrago igo daitezke korronte berean gora.

Beraz, hego-karga handia edo txikia era desberdinetan planeatzeko moldapenak dira. Oso azkar planeatzea komeni denean eta haizearen indarra oztopo ez denean, hego-karga handia eta hego luze eta estuak izatea da onena, baina, abiadurak garrantzi handirik ez duenean eta garrantzitsuena edozein eguraldirekin airean denbora asko pasatzea denean (zapelatz, sai, miru eta beste hainbat hegazti harra-pairen kasuan, esate baterako), hego-karga txikia izatea komeni da.

Mota bateko edo besteko hego-karga izatearen abantaila eta desabantailak adibide baten bidez ikus daitezke hobekien. Kurriloen eta zapelatzen hegoek antzeko luzera/zabalera ratioa dute, baina kurriloen hego-karga zapelatzena baino handiagoa da. Ondorioz, korronte termiko indartsuak dauden egunetan zapelatzen baino azkarrago migratu dezakete kurriloek. Korronte termiko indartsuei esker, hegaztiak 3 m/s-ko abiaduran igo daitezkeen egunetan, adibidez, 50 km/h-ko abiaduran migratu dezakete kurriloek eta 30 km/h abiadura soilik lortzen dute zapelatzen. Horrek ez du esan nahi, dena den, zapelatzen arintasuna kaltegarria denik. Zapelatzak oso korronte termiko ahuletan gora egiteko eta oso astiro planeatzeko gai dira eta, horri esker, denbora asko pasa dezakete harrapakin bila hegan, baita korronte termikoak oso ahulak edo urriak diren egunetan ere.

Planeatze-kurbak korronte termiko batetik bestera planeatuz migratzen duten hegaztien dinamika hobe ulertzen lagun gaitzake gainera. Migrazio abiadura (distantzia jakin bat egiteko behar duten denbora eta ez korronte termiko batetik bestera eramanean ohi duten abiadura soilik) korronte termikoan gora igotzen diren abiaduraren eta korronte horietako bat utzitakoan, hurrengo korronterainoko bidean eramaten duten abiaduraren menpekoa da. Korronte termikoetan gora hegaztia zein abiaduratan igotzen den jakinda (edo suposatuta), migrazio-abiadura maximoa zein izan litekeen kalkula daiteke planeatze-kurba erabiliz eta, migrazio-abiadura kalkulatuak hori edo beste edozein izateko, hegaztiak korronte termiko batetik bestera zein abiaduratan planeatu beharko lukeen ere jakin daiteke (ikus 4.12. irudia).



4.12. irudia. Planeatze-kurba korrante termiko batetik bestera planeatuz migratzen duten hegaztiei zein abiaduran migratzea komeni zaien kalkulatzeko erabil daiteke. Horretarako, korrante termikoaren baitan hegaztia zein abiaduratan igotzen den jakin beharra dago lehenik, eta hori jakinda, aski da abiadura horri dagokion ordenatu-ardatzaren puntutik pasatzen den planeatze-kurbaren ukitzailea marraztea. Ukitzaileak planeatze-kurba ukitzen duen puntuaren abzisak migrazio-abiadura handiena eskaintzen duen planeatze-abiadura (V_{mm}) adierazten du. Hegaztiak abiadura horretan planeatu behar du korrante termiko batetik bestera ahalik eta abiadura handienaz migratzeko. Era horretan, migrazio-abiadura maximoa zein izan daitekeen ere jakin daiteke. Abiadura horren balio ukitzailea eta abzisa ardatza ebakitzen diren puntuaren abzisa da. (Iturria: Alerstam 1990).

Grafiko horiek erakusten dutenez, migrazio-abiadura handiena eskaintzen duen planeatze-abiadura (V_{mm}) planeatze-ratio handiena eskaintzen duen abiadura (V_{pro}) baino handiagoa da beti (abiadura hori aldatu egiten da korrante termikoen indarraren arabera, baina V_{bg} baino handiagoa da beti) eta ondorioz, jaiste-abiadura handiagoa eraman beharko du hegaztiak ahal duen azkarrena migratu nahi izanez gero. Horrek zera esan nahi du, ahal duen azkarrena migratzeko, korrante termiko bat utzi eta beste korrante baten bila abiatzerakoan, korranterik aurkitu baino lehen altitude gehiago galtzeko eta hegoak astinduz hegan egin behar izateko arrisku handiagoa hartu behar duela hegaztiak eta, alderantziz, arrisku hori ahal den txikiena izateko, denbora luzez planeatzea ahalbidetzen duen abiaduraren bat aukeratu duen hegaztiak, dezentez astiroago migratu behar

duela. Beraz, praktikan muturreko bi estrategia horietako bat edo erdibideko konponbideren bat hartu behar dute hegaztiak.

Orain artean, hegaztiak horrelako zein taktika aukeratzen duten jakitea helburu zuten behaketa gutxi egin da naturan, baina kurriloen behaketek erakutsi dutenez, hauek nahiago izaten dute migrazio-abiadura ahalik eta azkarrena izatea eta horretarako V_{mm} -tik gertuko abiaduratan planeatzen dute. Gainera, korrante termikoak ahulak direnean, planeatze-abiadura jaitsi ordez (horrela korrante termiko egokiak aurkitzeko aukera gehiago izango lituzkete), nahiago izaten dute hegoak astinduz hegan egitea eta migrazio-abiadura altu samar mantentzea.

4.6. Zein altitudetan hegan egin

Hegaztiak oso altitude handitan hegan egiteko gai dira; horren adibide, altitude handitan hegazkinek hegaztiekin egindako talkak ditugu. 1973ko azaroaren 29an, adibidez, Rüppell sai batek 11.000 metroz goitik hegan egiten ari zen hegazkin batekin talka egin zuen Boli Kostan eta 1962ko uztaillean, basahate batek 6.400 metroko altitudetan zihoan hegazkin bat jo zuen Nevada gainean (hegaztiak hegazkinaren fuselajea egin zuen futbol-baloia ren tamainako zuloan basahate-lumak aurkitu zirelako dakigu hori).

Oso altu migratzen ari ziren hegaztiak ere ikusi izan dira. 1967ko abenduan, adibidez, Irlandako iparraldeko radar-operadore batek Hebrida irlen ingurutik hegoalderantz mugitzen ari zen zerbaiten oihartzuna hauteman zuen 8.000 m inguruko altitudetan. Inguruan zebilen hegazkin bat oihartzuna sortzen zen lekura hurbildu zenean, 8.200 m inguruko altitudetan hegan egiten ari ziren hogeita hamarren bat beltzarga oihulari ikusi zituen pilotoak. Dirudenez, Islandiako eguraldi txarretik Irlandara ihesi zihoazen beltzarga haiek. Izan ere, Islandian beltzarga oihulari askok pasatzen du negua, baina oso hotz handiko boladetan hegoaldera ihes egiten dute askok. 1967ko abenduaren 9an, sekulako haize-bolada hotza iritsi zen iparraldetik eta elur-ekaitza ugari sortu zuen. Altuera handitan haizeak oso gogor jo zuen (Hebrida irlen gainean 180 km/h haizeak neurtu ziren) eta tenperatura $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ingurukoa izan zen. Horren altu hegan eginez, elur-ekaitzen gainetik pasa ahal izan ziren beltzargak eta, gainera, altitude horretan zebilen haize gogorraz baliatu ahal izan ziren (haizea 180 km/h ingurukoa izanez gero, beltzargak 200 km/h baino gehiagoko abiaduran hegan egin ahal izan zuten eta Islandia eta Irlanda bitarteko 1.300 km-ak egiteko aski izan bide zituzten zazpi ordu).

Aipatutako adibide horietako gehienak muturreko kasuak baino ez dira, noski, baina hegaztiak zein altitude handitan hegan egin dezaketen azaltzeko adibide egokiak dira. Hala ere, hegaztiak baxuago bidaiatzen dute, normalean, 1.000 metroz beherako altitudetan eskuarki. Radarrez egindako ikerketek aditzera eman dutenez, gauzez migratzen duten hegazti gehienek 400 eta 700 m bitarteko altitudetan egiten dute hegan eta hegazti horien % 10ak soilik egiten du hegan 2.000 m-tik gorako altitudetan. Behaketa zuzen gehienek ere antzeko datuak eman dituzte eta hegazti gehienek ehundaka metro batzuetako altitudetan migratzen dutela pentsa dezakegu beraz.

Hala ere, salbuespen ugari duen araua dugu hori, mendikate altuak edo itsasoak zeharkatzen dituzten hegaztiak askoz altitude handiagoetan egiten baitute hegan. Nahikoa arrunta da, esate baterako, Himalaia zeharkatu behar duten hegaztiak 6.000 metroz gorako altitudetan hegan egitea eta zenbaitetan 8.000 metroz goitik ikusten dira, Everest mendia dagoen eskualdea zeharkatzen. Asian bizi den *Eulabaia indica* antzarak, adibidez, urtero zeharkatzen du Himalaia mendikatea bere migrazioetan eta, normalean, 8.000-9.000 metroko altituderaino igozen da horretarako. Alpeak gurutzatu behar izaten dituzten hegazti askok ere nahikoa altu egin behar izaten dute hegan. Radarrez egindako ikerketek erakutsi dutenez, eguraldi ona lagun dutela, 2.000 eta 2.500 metro inguruko lepoak erabiltzen dituzte hegazti gehienek mendizerra nagusienak zeharkatzeko, baina baldintza txarragoetan ez da arraroa izaten 3.500 eta 5.500 m bitarteko altitudetan hegaztiak aurkitzea. Bestalde, Ipar Amerikatik Hego Amerikarako bidaiari Karibe itsasoa zeharkatzen duten zangaluze gehienek 4.000 m-tik gorako altitudetan zeharkatzen dute Antigua irla eta Puerto Rico 6.000 m-tik gora pasatzen ari ziren hegazti-multzoak ikusi izan dira.

Argi dago, beraz, hegaztiak oso altitude handietan hegan egiteko gai direla, baina normalean ez dutela horren altu hegan egiten. Zein da horren arrazoia? Zerk bultzatzen ditu altitude bat edo beste aukeratzera? Galdera horri erantzuteko modurik onena altitude handitan edo txikitan hegan egitearen abantailak eta desabantailak aztertzea da.

Altuera handitan hegan egiteak abantaila asko ditu, teorian behintzat. Alde bate-tik, izarrak edo eguzkia ikustea oztopatu eta nabigatzea zailago egin dezaketen laino edo harea-ekaitzen gainetik hegan egitearen abantaila dago. Bestetik, korronte termikoen eta mendien inguruetan sortzen diren haize parrastatsuen eragina saihestearena. Altuerarekin batera airearen tenperatura jaistea ere mesedegarri dela uste da. Hegaztien muskuluek bero handia sortzen dute hegan egitean eta gorputza gehiegi berotu ez dadin ura baporatu behar izaten dute hegaztiak arnas

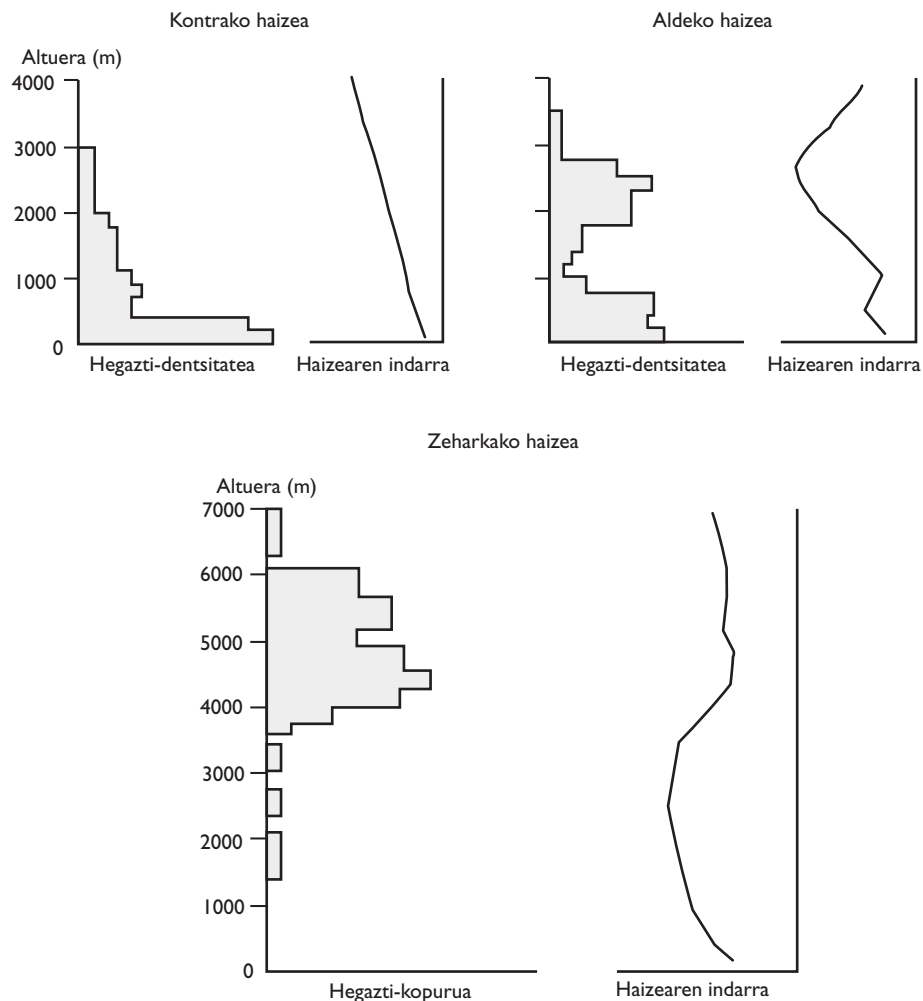
aparatuan zehar. Arazo horrek ez du garrantzi handirik hegaldi laburretan, baina migrazio-sasoiko hegaldi luzeetan hegatzia deshidratatzeko arriskua handia izaten da. Hainbat ikerlariren ustez, altitude handietako hotzak gorputza hozten eta deshidratazio-arriskua txikitzen lagun dezake.

Altu migratzeak energia aurreztearen abantaila ere badu. Aurreko atalean aipatu dugun Pennycuicken eredu teorikoan oinarritutako kalkuluek erakutsi dutenez, airearen dentsitatea txikiagoa izateak energia aurrezteari ahalbidetzen die altitude handitan hegan egiten duten hegaztiei. Izan ere, zenbat eta txikiagoa izan airearen dentsitatea, hainbat eta txikiagoa izaten da erresistentzia aerodinamikoa eta ondorioz gutxiago izaten da abiadurari eusteko hegaztiak gastatu behar duen energia. Bestalde, egia da ere airearen dentsitatea txikiagoa denean handiagoa dela euste-indarra lortzeko hegaztiak gastatu behar duen energia, azkarrago hegan egin behar izaten baitu euste-indar berbera lortzeko eta, gainera, altitudea hartzeko kontsumitu behar den energia ere hartu behar da kontuan; baina osoko balantzea eginez gero, altitude handitan hegan eginez hegaztiak energia gutxiago kontsumitzen dutela ikusten da.

Dena den, ez dirudi airearen dentsitateak energi kontsumoan duen eraginak garrantzi handia duenik migratzeko altitudea aukeratzeko orduan. Kalkulu teorikoek erakutsi dutenez, nahikoa energia gutxi aurrezten da oso altu hegan egin arren (energi kontsumo totalaren % 1 edo % 2 altitudean igotzen den 1.000 metroko) eta, teoriarik behintzat, askoz garrantzitsuagoa dirudi haizearen eraginak⁹. Radarrez egindako behaketek iritzi hori baieztatu besterik ez dute egiten. Behaketa horiek erakutsi dutenez, hegaztiak kontrako haizea ahalik eta txikiena edo aldeko haizea ahalik eta handiena den altitudean egiten duten hegan. Haizearen indarra altitudearekin batera handitzen denez, horrek zera esan nahi du: hegaztiak baxu hegan egiten dutela kontrako haizea dutenean (ehiztariek ongi aski dakite udazkenean hego-haizea dabilen egunetan pasatzen direla usoak baxuen) eta altu haizeak alde jotzen dienean (ikus 4.13. irudia). Hegaztiak haizerik faboragarriena jotzen duen altitudea aurkitzeko erraztasun handia dute eta horri esker, haizearen norabidea zein indarra altitudearen arabera asko aldatzen diren egunetan, espezie bakoitzak bere tamainarentzako egokiena den altitudea aukeratzeko du eta migratzen ari diren hegaztiak altitude desberdinetan zehar banatzen dira. Hortaz, hori-

⁹ Kalkulu teoriko sinple batzuek oso argi utz dezakete arazoa. Suposa dezagun hegazti bat 50 km/h abiaduraz migratzen ari dela eta haizeak kontra jotzen duela 25 km/h abiaduraz. Kasu horretan, hegaztiaren lurrarekiko abiadura 25 km/h baino ez litzateke izango eta, ondorioz, haizerik joko ez balu beharko lukeen denboraren bikoitza beharko luke hegaztiak bidaia amaitzeko eta horretarako gastatu beharreko energi kopuruak ere bikoitza izan beharko luke. Haizeak abiadura beraz baino alde joko balu, berriz, hegaztiaren lurrarekiko abiadura 75 km/h izango litzateke eta haizea bare egonez gero gastatuko lukeen energiaren herena aurreztuko luke hegaztiak.

xe da, seguruenik, oso altitude handitan hegan egiten ari ziren hegazti gehienek portaeraren azalpena.



4.13. irudia. Migratzen ari diren hegaztien banaketa altitudinala asko aldatzen da haizearen arabera. Goiko bi irudiek bi gau desberdinetan Suitzako lautadetan zehar migratu zuten hegaztien banaketa altitudinal desberdina adierazten dute, ezkerrekoa haizeak aurka jo zuen gau bati dagokio eta eskuinekoa haizeak alde jo zuen gau bati. Ikus daitekeenez, hegaztiak aldeko haizea indartsuena eta kontrako haizea ahulena den altituteetan egiten zuten hegan. Beheko irudiak hegazti migratzaileei haizeak albotik jo zien udazkeneko goiz batean Puerto Rico zeharkatzen ari ziren hegaztien banaketa altitudinala adierazten du. Ikus daitekeenez, hegazti gehienek zeharkako haizea ahulena zen altituteetan egin zuten hegan. (Iturria: Alerstam 1990).

Lainoak ere eragin handia du hegaztien altitudetan. Hegaztiak ez dute lainotan hegan egitea atsegin eta, arrazoi horregatik, zerua laino dentsoz estalita dagoen

egunetan, nahikoa baxu hegan egiten dute eta, behe-lainoa dagoen egunetan, berriz, lainoen gainetik migratzen dute. Beste batzuetan, lainoen loditasuna oso handia ez denean, hegazti batzuek lainoen gainetik migratzen dute eta beste batzuek azpitik. Horrek ez du esan nahi hegaztiak inoiz laino artean hegan egiten ez dutenik. Lainoak eta ostarteak tartekatzen diren egun askotan, hegaztiak lainoetan zehar pasatzen direla ikusi da, baina hala ere, hegaztiak ahalik eta gutxienean egiten dute hegan laino tartean, horrek orientazio-arazoak sortzen dizkie eta. Radar-behaketa askok erakutsi dutenez, zerua oso lainotuta egoten den egunetan hegazti migratzaile asko ibiltzen dira noraezean hegan.

Azkenik, migrazio-altitudean eragina duen beste faktoreetako bat hegaztiaren gantz-metakinen pisua da. Atsedean hartzen eta gantza metatzen aritu diren hegaztiak ohi dutena baino pisu handiagoa izaten dute hegaldia hasterakoan eta arazoak izaten dituzte oso altu hegan egiteko. Hegaldia aurrera joan ahala, hegaztiak pisua galtzen dute eta nahi bezain altu igotzeko arazo gutxiago izaten dute.

4.7. Multzoan hegan egitearen abantailak

Gutariko gehienok hegazti-multzoekin asoziatzen ditugu hegazti-migrazioak. Birigarroz edo txori txikiz osatutako multzotxoak, uso-multzo handiak edo V-formako kurrilo-multzoak pasatzen ikustea nahikoa ikuskizun arrunta da Euskal Herriko udazkenetan eta migrazioen ohiko irudi bilakatu zaizkigu. Izan ere, migratzeko garaian multzoak osatzea oso portaera arrunta da txori txikien zein hegazti handien artean eta ez da batere arraroa, urte guztian zehar bakarrik edo beren bikotekidearekin soilik bizi diren hegaztiak migrazio-garaian multzoak eratzea. Hain da arrunta portaera hori, abantailaren bat edo beste baduelako susmoa sortzen duela. Zeintzuk ote dira abantaila horiek? Zein ote da hegazti askok eta askok multzotan migratzearen zergatia?

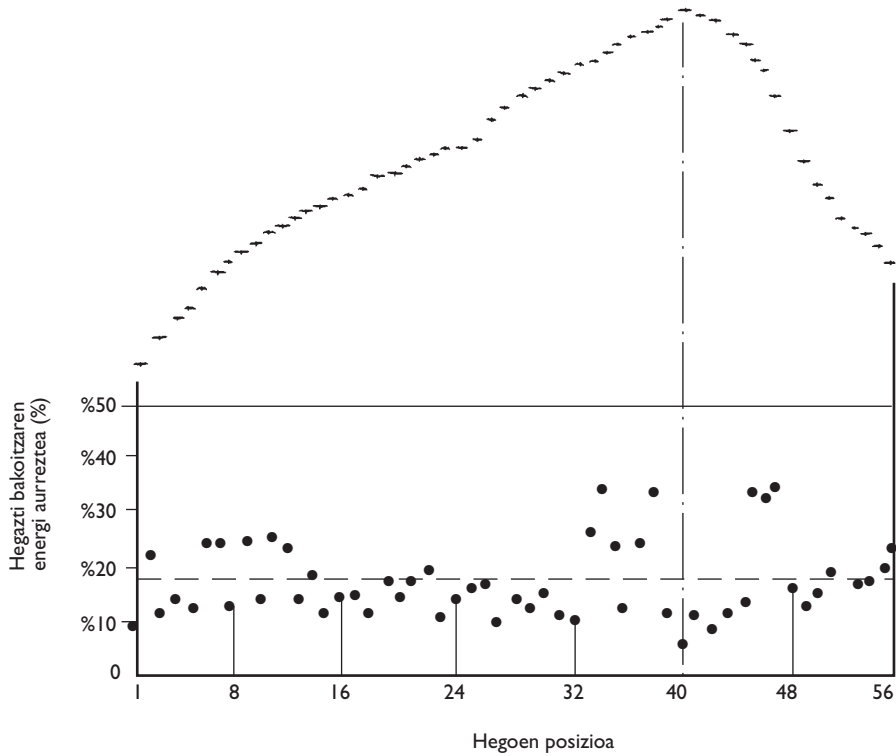
Abantaila posibleetako bat, garrantzitsuena seguruenik, energia aurrezte da. Hegan egiten ari direnean, beheranzko aire-korronteak sortzen dira hegaztien hegoen luzera guztian eta hegoen muturretan korronte horiek konpentsatzen dituzten goranzko aire-korronteak sortzen dira. Mugimendu horien emaitza diren zurrunbiloei bortize esaten zaie eta, dirudienez, hegaztiak aldameneko hegaztien hegoek sortutako bortizeez baliatzeko gai dira euste-indarra lortzeko. Multzoko hegaztiak, beren hego-muturrak elkarren artetik gertu jarritz, bortizearen goranzko korrontea aprobeztatzen dute airean egoteko behar duten euste-indarra lortzeko.

Era horretan aurrez daitekeen energi kopurua faktore askoren menpekoea da, baina hegaztien hegoen arteko distantziaren menpe dago batez ere. Kalkulu teori-koek diotenez, ingurune baldintzak ezin hobeak izanik eta hegoen muturren arteko distantzia minimoa delarik, indusitutako energi kontsumoaren (euste-indarra lortzeko gastatu behar den energi kopuruaren) % 40 inguru aurrez lezake hegazti batek beste bi hegaztiren ondoan hegan eginez eta askoz gehiago (% 60 baino gehiago) multzoa handiagoa izanik. Hegoen arteko distantzia hego-luzera adina-koa izanik, berriz, indusitutako energi kontsumoaren % 10 baino ez luke aurretuko. Beste kalkulu batzuek diotenez, 25 aleko multzotan eta hegoak elkarren kontra dituztela hegan eginez, antzarek energi kontsumo indusituaren % 67 eta energi kontsumo totalaren % 12 aurrez dezakete¹⁰.

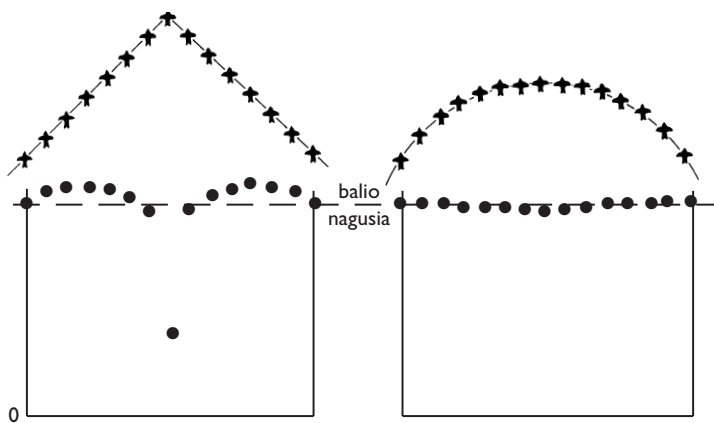
Bestalde, multzoko hegaztiak aurrez dezaketen energi kopurua multzoan duten kokapenarekin erlazionatuta dagoela ikusi da. Energia gehien aurretzea ahalbidetzen duten multzoak maila berean kokatutako hegazti osatutako formazio ordenatuak dira, baina multzo horietan hegazti guztiek ez dute energi kopuru berbera aurretzen. Lerro zuzenaren itxura duten multzoetan, adibidez, energia gutxiago aurretzen dute ertzetako hegaztiak erdikoek baino eta multzoa ixten duten bi hegaztiak izaten dira energia gutxien aurretzen dutenak, alde bakar batean baitituzte euste-indarra lortzen lagun diezaieketen multzokideak. Lerro oblikuo bakar baten itxura duten multzoetan, aurreko muturreko alea izaten da energia gutxien aurretzen duena eta lerroaren barrualdekoak gehien aurretzen dutenak. V-formako multzoetan, antzekoa izaten da energi aurretzearen banaketa. Multzo horietan ere muturreko hegaztiak izaten da energia gutxien aurretzen duena eta diagonalen erdialdekoak gehien aurretzen dutenak. Hala ere, ale bakoitzak aurretzen duenaren arteko desberdintasuna txikiagoa izaten da multzoak osatzen duen angelua irekia denean itxia denean baino eta arku-itxurako multzoetan oso ongi banatuta egoten da energi aurretzea multzoko ale guztien artean. (ikus 4.14 eta 4.15. irudiak)¹¹.

¹⁰ Bi esperimentu horien arteko desberdintasunak azalpen sinplea izan lezakete. Indusitutako energi kontsumoaren energi kontsumo totalaren zati handiagoa izaten da hegazti handietan hegazti txikietan baino (usoen tamainako hegaztietan edo hegazti handiagoetan, adibidez, energi kontsumo indusitua energi kontsumo totalaren seirena inguru da irismen maximoko abiaduran eta txori txikiagoetan hamarrena baino ez) eta ondorioz, hegazti handiek hegazti txikiek baino energia gehiago aurretuko lukete, proportzioan, hipotesi hori egia izanez gero.

¹¹ Hegazti batzuek beste batzuek baino energia gehiago gastatzen dutenean, beti dago hegaztiak tarteka lekuz aldatzen joateko eta bidaiaaren amaieran guztiek antzeko energi kopurua aurretzeko aukera. Hala ere, naturan egindako behaketek ez dute arazoa asko argitu. Hegaztiak lekuz aldatzen direla sarritan ikusi da, baina askotan ikusi da talde-buru izateko joera handia duten aleak ere egoten direla. Gehiago ikertu beharko da arazoa ondorio garbirik atera baino lehen.



4.14. irudia. Branta musubeltzez osatutako multzo bateko hegaztien energi aurrezte. Lerro etenak multzoaren batezbesteko aurrezte adierazten du. Aurrezte hori % 17,6koa da, hau da, hegaztiak bakarrik hegan eginda gastatuko lukeenaren % 17,6 gutxiago gastatzen dute multzo horretan. (Iturria: Berthold 1996).



4.15. irudia. V itxurako multzoetako aurre-muturretan joaten diren hegaztiak askoz energia gehiago gastatu behar izaten dute hegan egitean eta gutxien gastatzen dutenak erdialdeko hegaztiak izaten dira. Itxura erdi-zirkularra duten multzoetan, berriz, hegaztiak antzeko energi kopurua aurrezten dute. (Iturria: Alerstam 1990).

Ale guztiek pilatuta hegan egiten duten multzo dentsuetako hegaztiek aipatu berri ditugun formazio ordenatuetaoek baino energia gutxiago aurrezten dute, baina aurrezten dute zerbait. Teorian, multzo dentsuetako hegaztiek aurrez dezaketen energi kopuruan bi faktorek dute eragina: multzoaren zabalaren eta altueraren arteko erlazioak eta multzoko hegazti-dentsitateak. Formari dagokionez, multzoa ahalik eta zabalena eta baxuena izatea da onena eta dentsitateari dagokionez, multzo dentsuak, hau da, hegaztiak elkarren artean oso gertu dauden multzoak, dentsitate txikiko multzoak baino hobeak dira. Izan ere, aleen arteko distantzia erdira eramanez gero, energi aurreztea laukoiztu egiten dela kalkulatu da.

Beraz, nahikoa argi dago multzoan hegan egiteak energia aurreztea ahalbidetzen duela¹², baina ezin esan daiteke multzo-tamaina eta -forma optimorik dagoenik. Hori baino, hegaztiak ongi kokatuta noiz dauden antzemateko gai direla eta multzoan kokatzeko orduan gaitasun horretaz baliatzen direla dirudi. Gainera, sarritan mesedegarria den arren, ez dirudi multzoan migratzea estrategia onena denik beti, zenbait baldintzatan, atsedeen gabeko hegaldi luzeetan, hain zuzen, estrategiarik onena bakarka hegan egitea dela baitirudi.

Nolanahi ere, ez dirudi energia aurreztea denik hegaztiek lor dezaketen abantaila bakarra. Hainbat autorek, portaera hori hobe azaltzen lagun dezaketen azalpen alternatibo edo osagarriak aurkeztu dituzte. Batzuen ustez, adibidez, multzoan hegan egiteak lehenengo aldiz migratzen duten aleek migrazio-bideak ikasteko ere balio lezake. Hegazti handi askok, antzarek, kurriloez edo zikoinek esaterako, bide bera erabiltzen dute urtero, leku berberetan gelditzen dira atsedean hartzeko eta nahikoa hedadura txikiko negutze-eskualdeak dituzte. Horregatik guztiagatik, lehenengo aldiz migratzen duten aleei bidea ezagutzen duten ale zaharragoekin migratzea komeni zaie eta hori da hain zuzen egiten dutena. Horrelako espezie gehienek multzoka migratzen dute eta, normalean, familiak ez dira desegiten udazken aldera, ugaltu ondorengo migrazio-bidaia elkarrekin egin eta gero baidatzen. Era horretan, ale gazteek helduetatik ikasten dute bidea eta transmisio kultural deritzona gertatzen da.

Beste abantaila posibleetako bat orientazio-gaitasuna hobetzearena litzateke. Hipotesi honen defendatzaileek diotenez, multzotan migratzen duten hegaztiekin bakarka migratzen dutenek baino orientazio-arazo gutxiago izaten dute eta beren

¹² Multzoan hegan egiteak abantaila energetikoak dituela nahikoa argi dagoen arren, ez dago horren argi abantaila horiek nola gauzatzen diren. Teorian, bi aukera daude: bakarrik joanez eramango litzatekeen abiadura berberean egitea eta hegaldia amaitutakoan energia gutxiago gastatzea edo azkarrago hegan egitea eta bakarrik hegan eginez gastatuko litzatekeen energia berbera gastatu arren, hegaldia lehenago amaitzea. Naturan bi kasuen adibideak aurkitu dira.

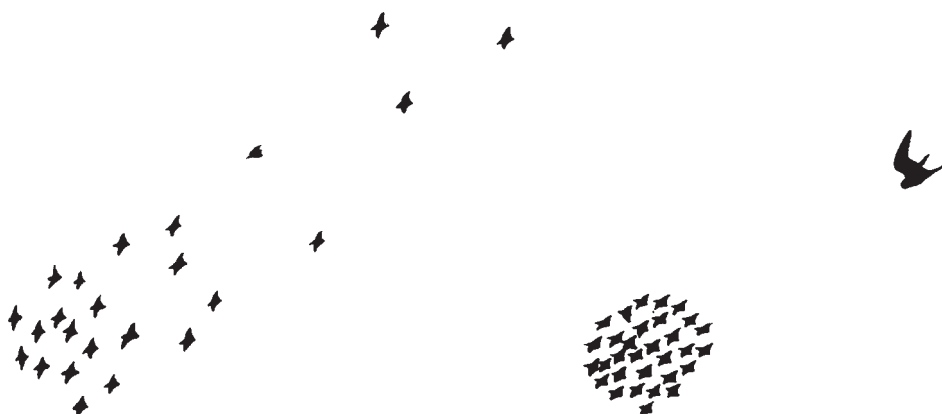
nabigazioa zehatzagoa izaten da. Egundaino ezin izan da horren kausa aurkitu, baina edozein dela ere, hipotesi horrek oso ongi azaltzen du zergatik diren espezie askoren multzoak handiagoak zerua lainotuta dagoenean oskarbi dagoenean baino eta zergatik kantatzen duten gehiago hegaztiek egun goibetan egun garbietan baino.

Janaria aurkitzeko erraztasuna ere aipatu izan da multzotan migratzearen abantailen artean. Ekologoek egindako ikerketek erakutsi dutenez, animali multzoek, hegazti migratzaileen multzoak gure kasuan, ale bakartiek baino errazago aurkitzen dute janaria berau leku gutxi batzuetan kontzentratuta dagoenean. Denboran zein espazioan irregularki banatuta agertzen diren janari-iturriak ustiatzen dituzten espezieentzat, hegazti frugiboro, graniboro eta omniboro askorentzat, adibidez, hobe da janari bila multzotan ibiltzea, multzoak ale bakar batek baino begi gehiago baititu. Janaria aurkitzen duen aleak bere aurkikuntza partitu behar izaten du multzoko gainerako kideekin eta une horretan multzoan ibiltzea kaltegarria izan daiteke ale horrentzat, baina beste uneren batean beste aleren batek aurkitutako janari-iturria ustiatzeko aukera izango du eta, epe luzera, multzoko ale guztiek nahikoa janari izango dutela ziurtatzen du portaera multzokoiak. Arrazoi horrexegatik, espezie askok negutze-eskualdean ere mantentzen dute portaera hori. Espezie desberdinetako alez osatutako multzoak ere eratzen dira sarritan eta, batzuetan, espezie migratzaile eta ez-migratzaileak elkartzen dira multzo berean.

Bestalde, hainbat modelo teorikok erakutsi dutenez, harraparien esku hiltzeko arriskua ere txikiagoa da multzoak osatzen dituzten hegaztientzat. Alde batetik, multzoek errazago ikusten dituzte harrapariak ale bakartiek baino eta ihes egiteko aukera gehiago dute. Bestetik, zailagoa da harraparientzat multzo gutxi batzuetan dauden hegaztiak aurkitzea oso sakabanatuta daudenak aurkitzea baino eta, garrantzitsuena, harrapariak multzoa aurkituta ere, nahikoa txikia izaten da multzoko aleentzat harrapatua izateko arriskua, harrapatua multzoko beste edozein ale izateko probabilitatea askoz handiagoa izaten da eta. Azkenik, harrapariak multzoa erasotzean sortutako nahasmenean errazagoa izaten da multzoko aleentzat alde egitea eta, gainera, multzoak harrapariari eraso egin eta uxatzeko aukera ere badago.

Nolanahi ere, ez dirudi aurreikuspen horiek kasu guztietarako baliagarriak direnik. Suedian egindako ikerketa batek erakutsi duenez, txonten kasuan ez dago desberdintasunik bakarka edo multzoka migratzen duten aleen artean. Udazkenero, txonta migratzaileen % 10 inguru hiltzen dute hegazti harrapariak, baina hiltzeko arriskua berdintsua omen da txonta guztientzat, harrapariak maizago eta arrakasta handiagoz erasotzen baitituzte multzo handiak, multzo txikiak edo hegazti

bakartiak baino. Hori dela eta, janaria aurkitzeko erraztasunak harraparietatik ihes egiteak baino eragin handiagoa duela dirudi txonten kasuan behintzat.



4.16. irudia. Araba-zozoek multzoaren forma aldatzen dute harrapariaren bat ikustean. Normalean multzo ireki samarrak (A) erakusten dituzte, baina elkartu egiten dira eta askoz multzo itxiagoa erakusten dute harrapariak ikustean. Jokabide horrek, harrapariaren erasoak ekiditeko balio duela uste da. Elkarrengandik oso gertu eta abiadura bizian doazen araba-zozoen artean sartzea arriskutsua izan daiteke harrapariarentzat eta honek beste harrapakin errazago bat bilatzea erabaki dezake. (Iturria: Tinbergen 1951).

Planeatuz hegan egiten duten hegaztientzat multzoan hegan egiteak beste abantaila bat gehiago ere baduela dirudi: korronte termikoak aurkitzea erraztearena. Ikusi dugunez, hegazti handi askok nahiago dute planeatuz hegan egitea hegoak astinduz hegan egitea baino, hegan egiteko azken modu hori askoz “garestiagoa” baita energi kontsumoari dagokionez. Baina planeatzeko korronte termikoak aurkitu behar dituzte eta, dirudienez, askoz errazago aurkitzen dituzte korronte horiek multzoan hegan eginda bakarrik doazenean baino.

Azalpenak azalpen, ez dugu ahaztu behar hegaztiak abantaila bat baino gehiago lor dezaketela multzoan hegan eginez. Autore gehienek ustez, energia aurrezteak da multzoan hegan egiteak eskaintzen duen abantailarik nagusia, baina horrek ez du esan nahi hori denik hegaztiak lortzen duten abantaila bakarra. Beste batzuetan, planeatu egiten duten hegaztien kasuan edo, multzoak osatu arren, hegaztiak elkarren artean oso urruti jartzen direnean, aipatu ditugun gainerako kausak garrantzitsuagoak direla pentsa dezakegu.

MIGRATZEKO PRESTATUTAKO GORPUTZA

Migrazioena ez da hegaztien mundura mugatutako fenomeno. Ugaztunek, arrai-
nek, intsektuek, krustazeoek, eta beste hainbat animaliak ere migratu egiten dute,
baina, hala ere, hegaztien artean hedatu da gehien portaera hori. Hasieran esan
dugunez, hegazti-espezie gehienek migratu egiten dute oso aldian behin bada ere
eta, bestalde, oso gutxi dira hegaztiak bezain migrazio luzeak egiten dituzten gai-
nerako izakiak. Hegaztiak badute, beraz, migratzeko gaitasun aparta eskaini dien
ezaugarriren bat, beraien artean migrazioak horrenbeste hedatzea ahalbidetu duen
moldapenen bat.

Moldapen hori hegan egiteko gaitasuna da, zalantzarik gabe. Hegan eginez,
nahikoa denbora eta energia gutxi behar izaten da distantzia handiak egiteko¹ eta
beste gainerako izakiek ezin gaindi ditzaketen oztopoak zeharka daitezke gainera.

Nolanahi ere, ez da pentsatu behar hegan egiteko gaitasuna, besterik gabe,
migrazio luzeak egiteko aski denik. Migrazio luzeak energia asko gastatzea eska-

¹ Esan berri dugun hori aurreko atalean esandakoarekin kontraesanean dagoela dirudi. Nola da posible hegan egitea izatea energia gehien kontsumitzen duen lokomozio-modua eta, aldi berean, hegan egitea izatea migratzeko modurik merkeena? Erantzuna nahikoa sinplea da: hegan eginez, energia asko gastatzen da denbora-unitateko, baina oso azkar egiten dira bidaiaak. Hegaztiak geldirik egonda gastatzen dutena baino hamar edo hamabost aldiz energia gehiago gastatzen dute, batezbeste, hegan egiten dutenean; igerian, oinez edo narrastaka ibiltzen diren animaliek baino askoz energia gehiago, baina beste edozein animaliak baino denbora gutxiago behar dute distantzia berbera egiteko. Bidaia denbora bera iraunez gero, hegan egitea litzateke lokomozio-modurik garestiena, baina hegan eginaz bidaia dezentez azkarrago bukatzen direnez, energia gutxiago gastatzen dute.

Hori guztia ezin esan daiteke, noski, planeatuz hegan egiten duten hegaztiez. Hegazti horiek oso lokomozio-modu merkea erabiltzen dute.

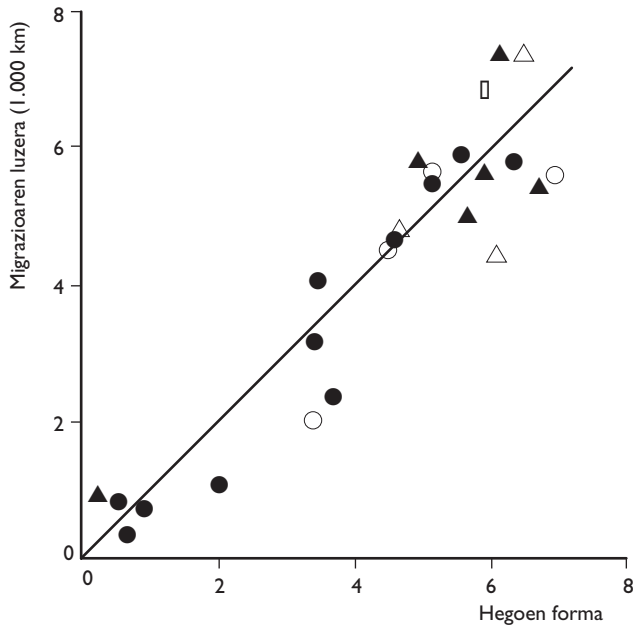
tzen duten iharduera gogor eta neketsuak dira eta, horrelako bidaiak burutu ahal izateko, energi kontsumoa optimizatzeko eta bidean topa ditzaketen oztopoak ganditzeko balio duten moldapen morfologiko, fisiologiko eta etologiko bereziak behar dituzte hegaztiekin. Atal honetan, hegazti migratzaileak horren bidaiari trebe egiten dituzten moldapen horiek aztertuko ditugu.

5.1. Hegoen forma

Hegazti migratzaileek migratzen ez dutenek baino hego luze eta puntadunagoak dituzte oro har. 4.1. atalean aipatu denez, hego luze eta puntadunek hego zabal eta biribilduek baino erresistentzia aerodinamiko txikiagoa sortzen dute eta, ondorioz, energia gutxiago kontsumitzen dute, oro har, hego luze eta puntadunak dituzten hegaztiekin. Hori dela eta, aire zabalean hegan denbora asko pasatzen duten hegaztiekin (enarekin, sorbeltzek, belatzek, hegazti itsastar gehienek...) horrelako hegoak dituzte. Hego labur eta biribilduak, berriz, askoz egokiagoak dira landare artean hegan egin eta norabide-aldaketa azkarrak egiteko eta, arrazoi horregatik, zuhaitz eta sastraka artean ibiltzen diren hegaztiekin aire zabalean ibiltzen direnekin baino hego labur eta biribilduagoak dituzte.

Hegazti migratzaileek era bateko edo besteko hegoak dituzte, beren bizimoduaren arabera, baina arruntagoak dira hego luze eta puntadunak. Gainera, beren bizimodua dela eta hego labur eta biribilduak komeni zaizkien hegazti migratzaileek antzeko bizimodua duten hegazti ez-migratzaileek baino hego puntadunagoak dituztela ikusi da. Oso migrazio luzeak egiten dituzten txori txikietan, adibidez, hegoen luzera totalaren % 40 neurtzen dute hegoen puntak eta migratzen ez duten txori txikietan, hego luzeraren % 20 baino ez dute neurtzen. Kasu honetan, ebo-luzioak erdiko bidetik jo duela eta energi kontsumo txikiaren eta maniobrak egiteko gaitasun handiaren arteko konpromezura jo duela dirudi, beraz.

Oso gauza ezaguna da, bestalde, espezie askotako gazteek helduekin baino hego labur eta biribilduagoak izan ohi dituztela, horiek bezain migrazio luzeak egin arren. Dirudenez, gazteen esperientziarik eza da horren zergatia. Esperientzi faltagatik airean traketsagoak direnez, beharrezkoagoa dute hego labur eta biribilekin eskaintzen duten erraztasuna, hego luze eta puntadunagoen abantaila energetikoak baino. Hala ere, hegan egiten ikasi ahala, garrantzitsuago bilakatzen da energi kontsumoa optimizatzea eta, lumaberritzean, helduenak bezalako lumak hazten zaizkie hegazti horiei.



5.1. irudia. Silbidoen familiako 25 espezieren hegoen formaren eta hegazti horiek egiten duten migrazio-bidaiaaren luzeraren arteko erlazioa (zirkulu beltzek txinbo-espezieak adierazten dituzte, triangelu beltzek lezkariak, zirkulu zuriek txioak, triangelu zuriek benarrizak eta karratu zuriek sasi-txori horizta adierazten du). Abzisan, hegoen forma dioen lekuan, hegoen formaren arabera espezie bakoitzak migratu beharko lukeen distantziaren aurreikuspena adierazi da (aurreikuspen hori egiteko, hegoen puntako azken hezuraren, karpometakarporearen, luzera eta hegoa guztiz luzatutakoan alboetako lumekin guztiz teilakatuta ez dauden luma primarioen kopurua izan dira kontuan) eta aurreikuspen hori espezie horietako bakoitzaren benetako migrazioaren luzerarekin konparatu da. Irudian ikus daitekeenez, aurreikuspenak nahikoa zehatzak izan dira eta hegoen forma eta migratutako distantzia erlazionatuta daudela ondoriozta daiteke beraz. (Iturria: Winkler & Leisler 1992).

5.2. Hegan egiteko muskuluen moldapenak

Hegazti migratzaileen muskuluak ere ez dira nolanahikoak. Migrazio luzeak egiten dituzten hegaztien hegan egiteko muskuluak migratzen ez duten hegaztienak baino handiagoak dira, oro har, eta zenbait espezieetan, pagausoan adibidez, hegazti guztiaren masaren % 35 baino gehiago osatzen dute (hegazti guztien batezbestekoa % 15ekoa da). Muskuluen barne-egitura aztertuz gero ere desberdintasunak ikus daitezke migrazio luzeak egiten dituzten hegaztien eta migratzen ez duten edo hegaldi laburrak soilik egiten dituzten hegaztien artean. Lehenek muskulu-zuntz gorri asko eta muskulu-zuntz zuri gutxi izaten dute (espezie batzuek ezer ere ez) eta hegaldi laburrak soilik egiten dituzten hegaztiekin, berriz, muskulu-zuntz zuri gehiago izaten dute normalean.

Muskulu-zuntz gorriak gantz-azidoak errez denbora askoan lanean aritzera moldatutako zuntzak dira. Diametro txikia dute, baina odol-kapilare ugari inguratuta daude eta, ondorioz, difusio-distantzia txikiak dituzte, hau da, arnasketa aerobikoa burutzeko ezinbestekoa den oxigenoak bide laburra egin behar du (eta denbora gutxi behar du) odol-kapilareetatik muskulu-ehunen barru-barrura heltzeko. Muskuluaren baitan oxigenoa garraiatzen duen proteina, mioglobina, kontzentrazio handitan egoten da halaber eta, horretaz gain, ugariak dira mitokondriak, Krebs zikloan parte hartzen duten entzimak eta gantza. Beraz, laburbilduz, gantza eta oxigenoa kontsumituz, nahikoa intentsitate txikiko baina iraupen handiko esfortzuak egitera moldatuta dauden muskulu-zuntzak dira zuntz gorriak.

Zuntz zuriak, aldiz, uzkuertzeko behar duten energia metabolismo anaerobikoren bidez lortzera moldatutako zuntzak dira, hau da, oxigenorik gabe lan egitera moldatutakoak. Horretarako glikogenoa erabiltzen dute eta, hartzidura laktiko deritzon prozesuari esker, energia lortzen dute eta azido laktikoa sortzen da. Zuntz horiek mioglobina-kontzentrazio txikia eta mitokondria gutxi dute eta beren zeluletako entzima-multzoa zuntz-gorrietakotik nahikoa desberdina da. Zuntz hauek oso uzkuerdura azkarrak egiteko gai dira, baina oso azkar nekatzen dira, azido laktikoa azkar metatzen baita zeluletan. Hori dela eta, beren muskuluetan zuntz zuri asko duten hegaztiak hegaldi azkar baino laburrak egitera moldatuta daude.

Hortaz, hegazti gehienek zuntz gorrien eta zurien arteko konbinazioa dute muskuluetan eta zuntz-mota bakoitzaren proportzioak era bateko edo besteko hegalarizatea eragiten du. Hegazti migratzaileek zuntz gorriak dituzte batez ere eta, horri esker, denbora luzez egin dezakete hegan nekatu gabe, baina aireratzeko, lurreratzeko eta norabide-aldaketa azkarrak egiteko erabiltzen dituzten zuntz zuri batzuk ere izaten dituzte gehienek.

Bestalde, zenbait espezieetan ikusi denez, hegoak astintzen dituzten muskuluak hazi egiten dira migratu aurretik edo migrazioko lehen hegaldien ondoren. Ikertzaileen ustez, denbora luzez eta pisu askorekin hegan egiteko gaitasuna hobetzea da hazkunde horren helburua. Hegazti migratzaile askok, migrazio-sasoietatik kanpo, hegan gutxi egiten dute eta, ondorioz, beren muskuluak ez dira distantzia handiak egiteko prest egoten. Gainera, gantza metatu ohi dute migrazio-bidaien energi beharrak asetzeko eta oso pisu handia izaten dute migrazio-garaian. Argi dago, beraz, migratzea ezohiko iharduera dela eta muskuluak haztea iharduera horrek eskatzen duen esfortzu handia egiteko moldapena dela.

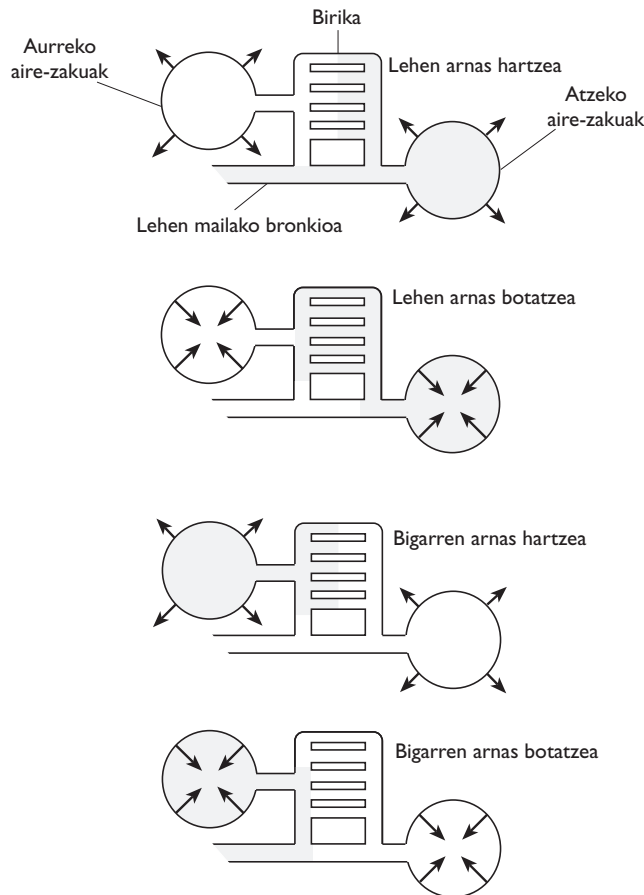
5.3. Altitude handitan hegan egiteko moldapenak

Dakigunez, altitudea handitu ahala txikitu egiten da oxigenoaren presio partziala eta, horren ondorioz, asko jaisten da ariketa fisikoa egiteko gaitasuna, zailagoa izaten baita aktibitate normala mantentzeko adina oxigeno lortzea. Arrazoi berberagatik, oso altitude handitan, heriotza eragin dezake oxigeno-falta edo hipoxiak, batez ere, alde aurretiko giroterik gertatu ez bada. Hala ere, behaketa zuzenak eta presio-ganbaren laguntzaz eginiko esperimenduek erakutsi dutenez, hegazti migratzaile zein ez-migratzaile askok oso ongi jasaten dituzte altitude handietako baldintzak. Askotan ikusten dira, adibidez, 4.000 metroz goitik migratzen ari diren hegaztiak eta beren hegaldietan 8.000 metroak gainditu ohi dituen espezie asko ere badago. Etxe-txolarreak, adibidez, hegan egiteko gai izan ziren 6.100 metroko baldintzak simulatzen zituen presio-ganbara batean egonda ere eta hainbat txonta- eta berdantza-espezieek 10.000 metroko altitudetan normal iharduteko gaitasuna erakutsi zuten. Nabaria da, hortaz, hegaztien altitude handiaren ondorio den hipoxia jasateko hainbat moldapen dutela eta moldapen horiek, altitude handitan ibiltzen diren espezieetan ezezik, altitude txikitzen bizi eta hegan egiten duten hegaztietan ere ageri direla.

Moldapen horietako bat arnas aparatua berezia da. Hegaztien zirkulazio-aparatu ugaztunenaren oso antzekoa den arren, beren arnas aparatua arrunt desberdina da. Arnas aparatua horren berezitasunik nabarmenena biriken egitura da: alde batetik, hegaztien birikak ugaztunenak baino txikiagoak eta trinkoagoak dira eta ez dute albeolorik, izugarri adarkatutako bronkioak baizik eta, bestetik, haxe da ezaugarriarik aipagarriena, birikak aire-zaku deritzen egitura bereziekin komunikatuta daude (ikus 5.2. irudia). Zaku horiei esker, aireak norabide bakarrean eta etengabe zeharkatzen ditu birikak eta gas-trukea gertatzen den kapilarretan odol-fluxuaren norantza haize-fluxuaren norantzaren kontrakoa izaten da. Horren guztiaren ondorioz, askoz eraginkorragoak dira hegaztien birikak ugaztunenak baino.

Altitude handitan hegan egiteko behar duten oxigeno guztia lortzeko hiperbentilazioaz ere baliatzen dira hegaztiak. Hiperbentilazioak, arnasa ohikoa dena baino azkarrago hartzeak, ez die arazorik sortzen hegaztiei, baina arazo handiak sortzen dizkigu ugaztunoi. Hiperbentilazioaren ondorioz, karbono dioxido asko galtzen du odolak eta horrek odolaren pH-a handitzea eragiten du. Horren ondorioz, uzkuritu egiten dira odol-basoak eta odol gutxiago heltzen da garunera. Hiperbentilazioa handia denean, asko txikitzen da garunera heltzen den odol-fluxua eta ugaztuna ez da iharduera fisiko normala mantentzeko gauza izaten eta, hiperbentilazioa oso handia izanez gero, garunera oxigeno gutxiegi heldu eta hiltzea gerta daiteke. Oraindik ezezaguna zaigun arrazoiren bat dela medio, hegaz-

tiek askoz hobe jasaten dute odolaren pH-aren emendioa. Ugaztunak hiltzeko, adibidez, aski da odolaren pH-a 8raino igotzea (ugaztunen odoleko pH normala 7,3 eta 7,4 bitarekoa da), baina hegaztiei ez zaie ezer gertatzen egoera horretan eta, beraz, arazorik gabe hiperbentila ditzakete birrikak altitude handitan hegari egiten ari izateagatik oxigenoa falta zaienean. Are gehiago, sarritan ikusi denez, hipoxiak, oxigeno-faltak, garunera heltzen den odol-kopurua handiagotzea eragiten du hegaztietan eta, ondorioz, garunera heltzen den oxigeno-fluxua konstante mantentzen da edo pixka bat igotzen da.



5.2 irudia. Hegaztiak arnasa hartzen duen bakoitzean barneratzen duen aire-bolumenak (puntuak adierazita irudian) bi arnas-ziklo oso egiten ditu hegaztiaren arnas sistemaren baitan. Lehen arnas hartzean, atzeko aire-zakuetara sartzen da aierik gehiena eta gainerakoa biriketara sartzen da. Ondoren, lehen arnas botatzean, atzeko aire-zakuetan pilatutako aire guztia biriketara joaten da eta orduan pasatzen da oxigenoa aieretik kapilareetako odolera eta karbono dioxidoa odoletik biriketako airera. Hegaztiak arnas hartzen duen bigarren aldian, aurreko aire-zakuetara pasatzen da oxigenorik gabeko aire hori eta, bigarren arnas botatzean, kanpora botatzen da. Era horretan, airea etengabe pasatzen da biriketan zehar eta oso eraginkorra izaten da gas-trukea. (Schmidt-Nielsen 1983tik moldatuta).

Hegaztien aparatu kardiobaskularra ere altitude handitan hegan egiteko moldatuta dago. Bihotza, adibidez, tamaina bereko ugaztunena baino handiagoa da (ugaztunen bihotzek gorputzaren % 0,6 pisatzen dute batezbeste eta hegaztien bihotzek gorputz-pisuaren % 0,8 eta 1,5 bitartean; horretaz gain, hegazti migratzaileek ez-migratzaileek baino bihotz handiagoak dituzte, oro har) eta gainera, ugaztunena baino gehiago uzurtzen da taupada bakoitzean eta ugaztunena baino gehiago betetzen da esfortzua handia denean, hau da, bihotz-taupaden erritmoa azkarra denean. Horren guztiaren ondorioz, odol gehiago ponpatzen du bihotzak taupada bakoitzean eta, bihotz-erritmoa berbera izanik, askoz handiagoa izan ohi da odol-fluxua hegaztien zirkulazio-aparatuan ugaztunen aparatuan baino².

Bestalde, hegaztien bihotza ugaztunen baino egokiago prestatuta dago esfortzu handi eta iraunkorrak egiteko, hau da, altitude handian egindako hegaldi luzeetan zehar erritmo bizian denbora luzez iharduteko. Hegaztien bihotz-bentrikuluek ugaztunen baino muskulu-zuntz gehiago dute, baina zuntz horiek finagoak dira eta mitokondria gehiago dute beren zeluletan. Ondorioz, oxigenoa errazago heltzen da bihotz-muskuluko zuntzen zelula guztietara eta erritmo biziagoan lan egin dezake bihotzak.

Moldapen horiei esker, odol-garraioa oso azkarra izan daiteke eta, odolak altitude baxuetan baino oxigeno gutxiago garraiatu arren, hegaztiaren ehunetara hegan segitzeko adina oxigeno heltzea lor daiteke. Hala ere, moldapen horrek badu bere ordaina. Bihotz-bentrikuluak horren gogor uzurtzearen ondorioz, odola oso presio handian irteten da bihotzetik eta hegaztien presio arteriala oso handia izaten da. Hori dela eta, oso arrunta izaten da hegaztiak aorta arteria hausearen edo bestelako zirkulazio-arazoren baten ondorioz hiltzea.

Horretaz gain, hegazti batzuek murriztu egiten dute hipoxia-egoeran liseri-hodira eta beste hainbat organora doan odol-fluxua eta une horretan beharrezkoago den organoetara bideratzen dute odola. Hala ere, fenomeno hori ez da orokorra.

Orain artean ikusi ditugun moldapen gehienak, hegaztien arnas aparatuen eta bihotzaren egiturari zegozkienak batez ere, altitude handitan hegan egiteko moldapenak baino, normal hegan egitearen behar handiak asetzeko moldapenak direla proposatu izan da, baina gaur egun dakigunaren arabera, ez dirudi hegaztien arnas sistemako eta bihotzeko moldapenak horregatik soilik sortu direnik.

² Hegaztien bihotzaren atsedeneko erritmoa (animalia geldirik dagoeneko bihotz-taupaden maiztasuna) ugaztunena baino askoz txikiagoa da, ia erdia, baina, hala ere, hegaztien bihotzak ugaztunenak bezain beste odol ponpatzen du erritmo horretan. Bestalde, hegan egitean hegaztien bihotzaren erritmoa ugaztunena baino askoz gehiago azkar daitekeela ikusi da.

Saguzarrek ere ongi egiten dute hegan eta askok migratu egiten dute, baina, hala ere, gainerako ugaztunena bezalako arnas eta zirkulazio-aparatuak dituzte. Lehen esan dugunez, hegaztientzat oso komenigarria da, sarritan, altu hegan egitea (aire-rik egokienez baliatzeko, mendikateak zeharkatzeko, korrante termiko onak ongi aprobetxatu ahal izateko...) eta beren arnas eta zirkulazio-aparatu eraginkorrek horretarako moldapenak dirudite.

Argi dago, dena den, hegazti guztiak ez direla berdin moldatzen altitude handitan. Espezie batzuk 8.000, 9.000 edo 11.000 metrotara hegan egiteko gai dira, baina badaude askoz baxuago arazoak izaten dituztenak ere. Gainera, hegazti guztiek ez dute horren altu hegan egin beharrik eta normala litzateke, bereziki altitude handitan bizi edo hegan egiten duten hegaztiak, gainerako espezieek ez dituzten mekanismo bereziak izatea hegazti guztiek dituzten moldapen horiez gain³.

Moldapen horietako bat odoleko hemoglobinarene egitura da. Azken urteotan egingo dako hainbat ikerketak erakutsi duenez, hegazti batzuek oxigenoarekiko afinitate handia duen hemoglobina dute beren globulu gorrietan. Ikerketa horietako baten arabera, beti altitude handitan bizi diren hegazti batzuek, Andeetako *Chlenophaga melanoptera* antzarak, adibidez, bere oxigenoarekiko afinitate handiari esker, oso altitude handitan bizitzea errazten duen hemoglobina dute. Altitude-aldaketa handiak egiten dituzten espezieek, berriz, mota bat baino gehiagoko hemoglobina dute odolean eta dirudienez (oraindik nahikoa gutxi ikertu da arlo hau eta arriskutsua da generalizazioak egitea), hegazti-espezie bakoitzak hemoglobina desberdin horien konbinazio desberdina du: oso altitude handitan hegan egiten duten espezieek oxigenoarekiko afinitate handiko hemoglobina asko dute eta, baxu samar hegan egiten dutenen odolean, ugariagoa da afinitate txikiagoko hemoglobina arrunta. Beren migrazioetan zehar, Himalaia mendikatea zeharkatzeko 9.000 metroko altitudetan hegan egiten duen *Eulabaia indica* antzarak, adibidez, antzara europarrek baino afinitate handiko hemoglobina gehiago duela ikusi da eta Rüppel saiaaren odolean (lehen aipatu dugunez, 11.000 metrotaraino igo diren Rüppel saien berri izan da), hiru hemoglobina-mota desberdin aurkitu dira.

³ Ugaztunen altuera handian bizitzeko moldapen nagusietako bat odoleko globulu gorrien kopurua handitzea da, globulu gorri gehiago izanik, erraztu egiten baita biriketara heldutako oxigenoa gorputzeko gainerako ataletara heltzea. Hegaztiak ere badute mekanismo hori, baina argi dago moldapen horrek bakarrik ez diela hegaztiei bat-bateko altitude-aldaketak jasateko gaitasuna ematen. Odoleko globulu gorrien kopurua handitzeko hainbat denbora behar izaten da eta hegazti gehienek bat-batean oso altu igota ere funtziona dezakeen mekanismoren bat behar dute. *Eulabaia indica* espezieko antzarak, adibidez, ia itsas mailako altitudetan hasten dute beren migrazioa eta 9.000 m inguruko altituderaino igotzen dira ordu gutxi batzuren buruan eta nabarmena da, beraz, antzara horiek egun edo aste batzuetako girotzea eskatzen ez duen beste moldapenen bat dutela. Gainera, globulu gorrien kopurua handitzeak odolaren biskositatea handitzea eragiten du eta horrek hainbat arazo sortzen du (bihotzak, adibidez, askoz gogorrago egin behar izaten du lan odol-fluxu berbera mantendu ahal izateko). Beraz, ez da harritzekoa *Eulabaia indica* antzarak eta antzeko migrazioak egiten dituen beste hainbat hegaztik, akaso, beste moldapenen bat izatea.

BIDAIARAKO PRESTAKIZUNAK

Ibilgailurik azkarrena ez da ezer erregairik gabe eta, erregaia izan arren, ez da berdin ibiliko motorea, gurpilak eta gainerako zatiak puntu-puntuan ez baditu. Hegaztiei gauza bera gertatzen zaie. Beren organismoa bidaia luzeak egiteko ezin hobe den arren, ez lirateke metro bakar bat egiteko gai izango hegaldirako energiarik ez balute eta, energia izan arren, larri ibiliko lirateke bidaia amaitzeko beren hegoak luma zatar eta puskatuz estalita balituzte. Hegaztiek sasoi bete-betean hasi behar dute migrazioa eta horretarako bi gauza dituzte beharrezko: beren gorputzean migrazioko hegaldi luzeak egiteko adina erregai metatuta izatea eta beren lumak, hegan egiteko garrantzitsuenak direnak, behinik behin, egoera onean egotea.

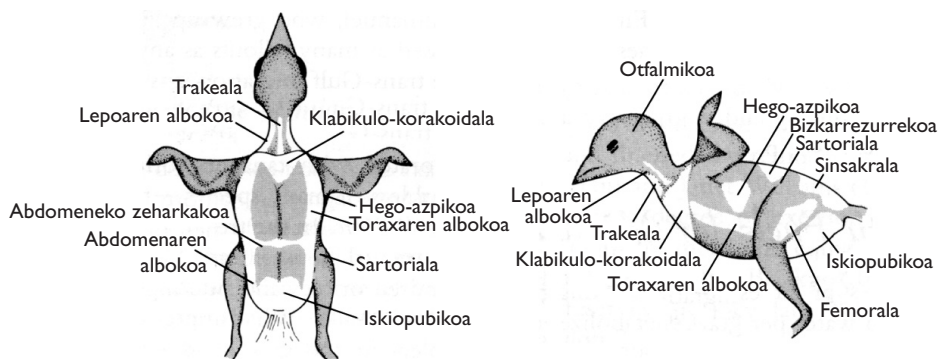
Ondoko atalean, hegaztiak migratzeko nola prestatzen diren ikusiko dugu. Lehenik zein erregai edo energi iturri erabiltzen eta metatzen duten ikusiko dugu; gero, erregai hori metatzea errazten duten moldapenak aztertuko ditugu eta, azkenik, hegoetako lumak bidaiarako prest egotea ahalbidetzen duten estrategia desberdinez arituko gara.

6.1. Gantz-metaketa

Hegazti migratzailek gantza erabiltzen dute, batez ere, energi iturri gisa eta karbohidratoak oso gutxitan erabiltzen dituzte, aireratzean, lurreratzean eta norabide-aldaketa azkarrak egiteko asko jota. Horrek hainbat abantaila du: gantzak karbohidratoek eta proteinek baino energia gehiago ematen du (gantza gramo batek

9 kilokaloria ematen ditu eta karbohidrato gramo batek 4 baino ez) eta arinagoa da, urik gabe meta daiteke eta. Beren energi iturri nagusia karbohidratoak balira, askoz energia gutxiago metatu ahal izango lukete hegaztiek. Glikogenoa, animaliek muskuluetan eta giblean metatzen duten polisakarido edo karbohidrato konplexua, hidratatuta metatu beharra dago eta hidratazio-ur horrek glikogenoak halako hiru pisatzen du, hau da, glikogeno gramo bat metatzeko, beste hiru gramo ur metatu behar dira. Ondorioz, energi kopuru berbera metatuta izan arren, 8 aldiz pisu gehiago garraiatu beharko lukete hegaztiek, metakina gantza izan beharrean glikogenoa balitz.

Hegaztiek ia gorputz guztian meta dezakete gantza, baina azalaren azpian gorde ohi dute gantzik gehien, sabelaldeko eta alboetako azalaren azpiko ehun adiposoetan, nagusiki. Gantz asko metatu duten hegaztietan, oso erraza izaten da gantz-metakinak ikustea, bularraldeko edo sabeleko lumatxen artean putz eginez gero, gantzaren kolore horiska ikusten baita. Bestalde, azalaren azpian metatzen ez den gantza, erraien inguruan, barrunbe abdominalean kokatutako erraieran, bereziki, giblean eta bularreko muskuluetan metatzen da batez ere.

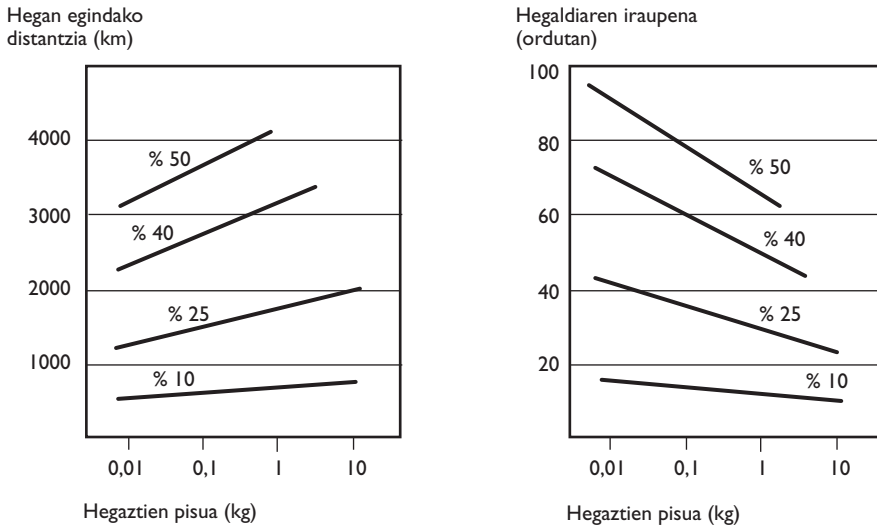


6.1. irudia. Hegaztien azalaren azpiko gantz-metakin nagusiak. (Iturria: Gill 1990).

Gantzaren izaerari dagokionez, ez da desberdintasun adierazgarriarik aurkitu migrazio-garaia baino lehen metatutako gantzaren eta gainerako urte-sasoietan metatutakoaren artean, ezta espezie desberdinek metatutako gantzaren artean ere. Gantz horren osagarriarik ugarietak, erdia edo bi heren, gantz-azidoak izan ohi dira (azido oleikoa, linoleikoa eta palmitikoa, animalia gehienetan ugarien diren gantz azido berberak) eta trigilizerido gisa metatuta egoten dira.

Metatutako gantzari esker, oso distantzia luzeak egin ahal izaten dituzte hegaztiek gelditu gabe. Pennycuicken eredu teorikoa erabiliz, hegaztiak metakin-kopuru

desberdinekin zenbat denboraz eta zein distantzia hegan egiteko gai diren kalkulatu da eta oso emaitza interesgarriak lortu dira. Kalkulu horiek erakutsi dutenez, hegazti handiek ezin dute hegazti txikiek bezain beste denboraz hegan egin gantz-portzentaia¹ berberarekin, baina akoz azkarrago hegan egiten dutenez, distantzia luzeagoak egin ahal izaten dituzte gantza amaitu baino lehen (ikus 6.2. irudia).



6.2. irudia. Pennycuicken ereduaren erabiliz, gantz-portzentaia desberdinak metatuta hegaztiak zein distantzia eta zenbat denboraz hegan egin dezakeen kalkulatu daiteke. Irudi honek horrelako kalkulu batzuen emaitza adierazten du. Kalkuluak egiteko haizerik egongo ez zela eta hegaztiak gantza guztiz amaitu arte hegan egingo zutela suposatu zen. Irudiak erakusten duenez, % 10eko gantz-portzentaia izanda, 10 edo 20 orduz hegan egin dezakete hegaztiak eta, haizea bare egonez gero, 500-750 km inguru egin ditzakete denbora horretan. Beren gorputz-pisuaren adina gantz metatu dezaketzen hegaztiak, aldiz, hiru edo lau egun pasa ditzakete hegan egiten eta 3.000 edo 4.000 km egin ditzakete. (Iturria: Alerstam 1990).

Kalkulu teoriko horietan oinarrituta, migratzerakoan hegaztiak zenbat pisu galtzen duten kalkulatu daiteke, halaber: txori txikiek (paseriforme txikiek) gorputz-pisuaren % 0,7 galtzen dute hegan egiten pasatako ordu bakoitzeko eta kilogramo erdia edo gehiago pisatzen duten hegaztiak gorputz-pisuaren % 1 edo 1,5 galtzen dute orduko. Kalkulu horien emaitzak naturan lortutako datuekin konparatu dira eta, oro har, kalkulu teorikoak eta datu enpirikoak bat datozela ikusi da (ikus 6.1. taula).

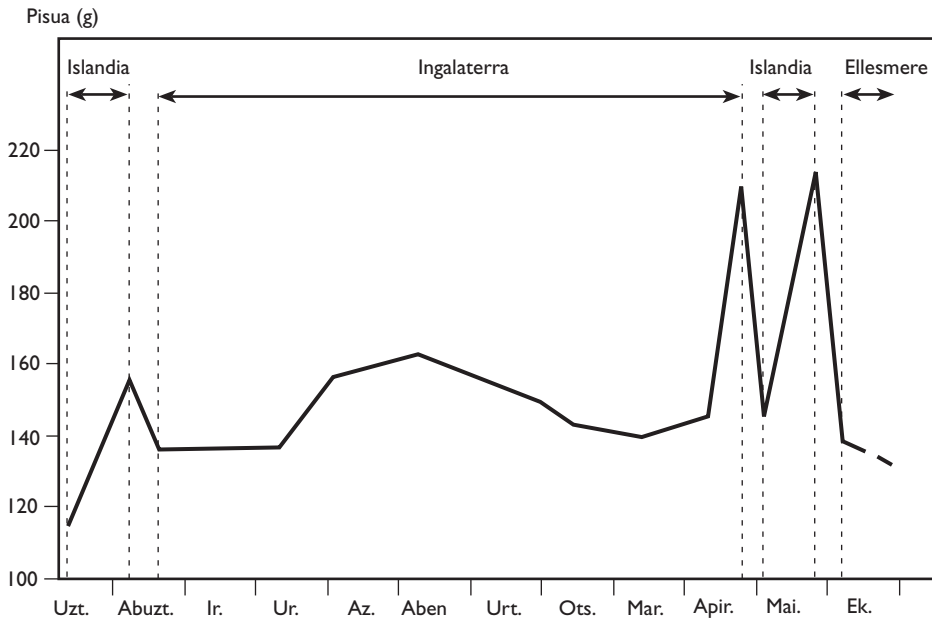
¹ Gantz-portzentaia kalkulatzeko, hegaztiaren pisu totala, gantz eta guzti duena, eta gantz-metakinen pisua izan behar dira kontuan eta gantzaren pisua hegaztiaren pisu totalaren zein portzentaia dagokion kalkulatu behar da. Gantz-portzentaia horrela kalkulatu gero, portzentaia hori bikoizteak ez du esan nahi hegaztiaren gantz-erreserbak bikoiztu egin direnik. % 50eko gantz-portzentaia izateko, adibidez, hegaztiaren pisuaren erdiak gantza izan behar du, hau da, hegaztiaren gantzak gainerakoak bezain beste pisatu behar du, baina gantz-portzentaia % 25ekoa izateko, aski da gantz-metakina aurrekoaren herena izatea.

<i>Espeziea</i>	<i>Pisu-galera (Gorputz-pisua portzentaia orduko)</i>	<i>Kalkuluak egiteko erabilitako datuak</i>
Txantxangorria	0,9	Norvegiatik Eskoziara zuzen hegana egin ondoren egindako kalkulua
Mendi-erregetxoa	0,7	Norvegiatik Eskoziara zuzen hegana egin ondoren egindako kalkulua
Buztanzuri arrunta	0,8-1,3	Groenlandiatik Eskoziara zuzen hegana egin ondoren egindako kalkulua
Larre-buztanikara	0,8	Nigeriako iparraldetik Tripolitaniara (Libiara) zuzen hegana egin ondoren egindako kalkulua
Txonta	2,2	Elkarren artetik 50 km-tara kokatutako bi estazio ornitologikotan neurtutako pisuen arabera egindako kalkulua (hegaztiaren haizearekiko abiadura 40 km/h)

6.1. taula. Migratzen ari diren bitartean hegaztiak galtzen duten pisuari buruzko datu enpirikoak datu teoriakoekin bat datoz, oro har, baina salbuespen deigarriak ere agertzen dira. Taula honetan txontaren kasua da aipagarriena, hegazti horiek kalkulu teorikoen arabera espero zitekeena baino askoz pisu gehiago galdu zutela neurtu baitzen naturan. Ez da erraza hori zergatik gertatu ote zen azaltzea. Arrazoi posibleetako bat airearen tenperatura altuagatik ur asko galdu izana izan liteke, baina ez da baztertu behar txonta hegaldi laburrak egiteko moldatutako hegaztia izatea eta hegaldi luzeak egitean gainerako hegaztiak baino energia gehiago gastatzea. (Alerstam 1990etik moldatuta).

Dena den, hegaztiak ezin dute nahi adina gantz metatu. Gantz asko metatzeak gehiago pisatzea eta erresistentzia aerodinamiko handiagoa izatea dakar eta, agerikoa denez, bi faktore horiek mugatu egiten dute hegana egiteko gaitasuna. Hegaztiak garraia dezaketen gantz-kopuruaren goi-muga muskuluen gaitasunak ezartzen du eta, orokorrean, askoz ere gantz gehiago garraia dezakete hegazti txikiak hegazti handiek baino. Ez da arraroa hegazti txikiak % 40 edo % 50 gantz-portzentaia izatea (hau da, gantzaren ondorioz beren pisua ohikoaren bikoitza izatea), baina hegazti handiek ezin dute horrenbeste gantzarekin hegana egin. % 35eko gantz-portzentaiaarekin hegana egiteko, gantzik gabe hegana egiteko behar duten potentziaren bikoitza behar dute hegaztiak eta gantz-portzentaia % 50ekoa izanez gero, potentziak hiru aldiz handiagoa izan behar du. 4.2. atalean azaldu denez, hegazti txikiak badute horretarako adina potentzi erreserba, baina handiek nahikoa lan izaten dute gantzik gabeko beren gorputzarekin².

² Naturan ikusi denez, gelditu gabeko hegaldi luzeenak egiten dituzten hegaztiak tamaina ertainekoak dira, Eurasia eta Ipar Amerikako tundra artikoetik tropikoetara edo hegoalderago hegana egiten duten zangaluzeak, adibidez. Hegazti horiek gantz asko meta dezakete, hegazti handiek baino askoz gehiago, baina oso azkar hegana egiteko gai dira halaber eta, horrela, hegazti txikiak baino etekin handiagoa ateratzen diote metatutako gantzari.



6.3. irudia. Txirri lodiaren urtean zeharreko pisu-aldaketaren zikloa. Txirri lodiak pisatuz, hegazti honen gantza metatzeko estrategiari buruzko oso informazio baliagarria lortu da. Udaberri-hasieran, ugaltu aurreko migrazioaren garaia hurbiltzen ari denean, gantz asko metatzen dute Islandiaraino hegan egin ahal izateko. Maiatzaren hasieran, Islandiara heltzen direnean pisu asko galdu dute eta berriro hasten dira gantza metatzen. Maiatzaren amaieran inoiz baino gehiago pisatzen dute (beren gantz-portzentaia % 40koa izaten da) eta Kanadako iparraldean kokatuta dagoen Ellesmere irlara, beren ugaltu-egunera, hegan egiten dute. Islandiatik Ellesmere irlarako 2.500 km-etan metatutako gantz guztia agortzen dute eta, Ellesmerera heldu berri direla, 135 g pisatzen dute txirri lodiak, batez beste. Ugaltu ondorengo migrazioan Ellesmeretik Islandiara hegan egiteko zenbat gantz metatzen duten adierazten duen daturik ez dago, baina Islandiatik Ingalaterrara migratzeko nahikoa gantz metatzen dutela ikusi da. Ingalaterrara ere nahikoa pisu galduta iristen dira, baina neguan zehar gizenduz joaten dira pixkanaka-pixkanaka, neguan gerta daitezkeen eguraldi txarreko egunetan janari-faltari aurre egin ahal izateko, itxura denez. (Iturria: Alerstam 1990).

Dena dela, 5.2. atalean ikusi dugunez, indar gehiago izateko eta gantzaren ezohizko pisuarekin hobe hegan egiteko, hegazti askoren hegan egiteko muskuluak hipertrofiatu egiten dira. Ikertzaile askoren ustez, ezohizko masa muskular horrek energi erreserba gisa funtziona dezake, gainera, gantza bukatuz gero. Metatutako gantza galdu ahala, hegaztiak ez du horren muskulu handi eta indartsurik behar eta muskulu horien ehunetako batzuk erregai gisa erabil ditzake (kasu horretan, proteinak ere erabiliko lituzke hegaztiak erregai gisa).

Bestalde, gantz-portzentaia handiegia garraiatzeak energia gehiago gastatu beharra dakar eta, ondorioz, hegaztiak ezin izaten dute benetan aprobetxatu gantz gisa metatutako energia guztia. Zenbat eta gantz gehiago metatu hainbat eta etekin txikiagoa aterako dio hegaztiak gantz horri eta, ondorioz, energi kontsumoari

dagokionez behintzat, hobe du gantz gutxi metatzea eta energi erreserbak betetzeko hainbat geldialdi egitea, gantz asko metatu eta hegaldi luze bakar bat egitea baino. Hegaztiek hobe dute, adibidez, % 10eko gantz-portzentaiarekin abiatu eta gantza bukatzen zaien bakoitzean gantz-portzentaia hori berreskuratu arte gelditzea, % 50eko portzentaiarekin abiatu eta hegaldi bakarra egitea baino. Azken estrategia hori aukeratuz gero, lehen estrategia aukeratutako hegaztiek gastatutako energiaren % 40 gehiago gastatuko litzateke.

Hala ere, gantz gutxi metatu eta zenbait geldialdi egiteak baditu bere alde txarrak ere. Hegaztiek janari ugari aurki dezaketen lekuen bila ibili behar dute beti eta horrek bidaia amaitzeko denbora gehiago behar izatea eta arrisku gehiagori aurre egin beharra dakar. Hori dela eta, energi gutxi kontsumitzearen eta bidaia lehenbailehen eta arrisku asko hartu gabe bukatzearen arteko konpromezu egokia aurkitu behar dute. Naturan ikusi denez, era desberdinean lortzen du hori espezie bakoitzak eta espezie berbereko aleen artean ere desberdintasunak egoten dira migrazio batetik bestera. Artikoa edo nahikoa latitude altuetan ugaltzen diren hegaztientzat, adibidez, oso garrantzitsua da ugalekualdera nahikoa energi metakin dutela heltzea, energia hori oso beharrezkoa baitute arrautzak jarri eta txitaldia arrakastatsua izateko (oso ohikoa da hegazti horien artean ugalekualdera energi metakin gutxirekin heldu izanagatik ugaltzeko saioa ustela gertatzea). Hori dela eta, hegazti horietako askok gantz gehiago metatzen dute ugalekualdeko migrazioa hastear dagoenean, ugalekualdeko migrazioa baino.

Nolanahi ere, itsasoak, basamortuak, izotz-masak edo antzeko oztopoak zeharkatu behar dituzten hegaztiek, ahal duten gantz guztia metatzea beste erremediorik ez dute. Europatik Afrikako hegoaldera hegan egiten dutenek, adibidez, Mediterraneo itsasoa eta Sahara basamortua zeharkatu behar izaten dituzte. Hegazti horietako asko Mediterraneoan ipar-ertzean (Iberiar penintsulan, Frantziako hegoaldean, Italian, Grezian...) gelditzen dira zeharkaldi hori egin baino lehen eta zeharkaldiak dituen 3.000 edo 3.500 kilometroak hegaldi bakar batean egiteko adina gantz metatzen dute. Sahara gainean iparraldeko edo ipar-ekialdeko haizeak nagusi izaten direnez, hegazti txikiek 50 edo 60 km/h abiaduran hegan egiten dute, batezbestekoa 50-70 ordu behar izaten dituzte Mediterraneoan eta Sahara zeharkatzeko. Kalkuluek erakutsi dutenez, horrelako hegaldiak egiteko % 30 edo 40 gantz-portzentaia behar dute, gutxienez, hegazti horiek.

6.2. Gantz-metaketa errazteko moldapenak: hiperfagia, aldaketa metabolikoak eta dieta-aldaketak

Migrazio-garaia hurbiltzean, migrazioan erabili beharreko gantza metatzen laguntzen duen hainbat aldaketa gertatzen da hegaztietan. Aldaketa guztietan hedatuen eta garrantzitsuena hegaztia urtean zehar jaten duena baino gehiago jaten hastea da. Fenomeno horri *hiperfagia* esaten zaio eta mota guztietako hegazti migratzaileen artean aurki dezakegu. Gainera, hiperfagiarekin batera, bizkortu egiten da metabolismo asimilatzaile edo anabolismoa eta, ondorioz, gehiago jateaz gain, energia gehiago asimilatzen du hegaztiak.

Hiperfagia-egoeran era desberdin askotan aldatzen da hegaztien elikatzeko modua. Txirri lodiek, adibidez, ohi dutena baino denbora gehiago pasatzen dute jaten eta, gauez ere, denbora asko aritzen dira horretan. Txirri txikiek eta harri-iraulariek, berriz, denbora beretsua pasatzen dute jaten, baina harri-iraulariek gutxiago arakatzen dute ingurua, harrapari bila, jaten ari diren bitartean. Espezie bereko aleen artean ere desberdintasun handiak aurki daitezke. *Zonotrichia leucophrys* espezieko txolarreek, esate baterako, ez dute portaera-aldaketa nabarmenik agertzen balio nutritibo handiko janaria lortzen dutenean, baina egun guztia pasatzen dute jaten oso balio nutritibo txikiko janaria soilik ematen zaie-nean, eta ale batzuek beren pisuaren bikoitza edo hirukoitza adina elikagai jan dezakete horrelakoetan. Txirri zurien kasuan, inguruneak ere eragina duela ikusi da, leku batzuetako aleek beste leku batzuetakoek baino gehiago luzatzen baitute jaten pasatzen duten denbora (behatutako txirri zurien artean jaten pasatako denbora gutxien luzatu zutenek % 40 luzatu zuten eta gehien luzatu zutenek % 90).

Hiperfagia kaiolan sartutako hegazti migratorioetan ikusi zen lehenengoz eta portaera patologikoa zela pentsatu zen, baina, gaur egun, guztiz fenomeno normaltzat jotzen da, aske zein kaiolan bizi diren espezie bereko hegazti migratzaileek gantza sasoi berean eta era berean metatzen dutela ikusi baita. Hiperfagia barne-kontrola duen fenomeno naturala da, beraz, baina ezer gutxi esan daiteke oraindik berau kontrolatzen duten barne-mekanismoez.

Gantzen metabolismoak ere, gantz-sintesiak, zehazkiago esanda, garrantzi handia hartzen du garai horretan. Hegazti askoren dietak nahikoa gantz gutxi eta karbohidrato ugari izan ohi du eta, ondorioz, gantz asko metatu behar izanez gero, karbohidratoak gantz bihurtu beste erremediorik ez dute hegazti horiek. Hortaz, karbohidratoak jaten dituzte batik bat eta, lipogenesi deritzon prozesuaren bidez, gantz-azido bilakatzen dituzte. Prozesu hori gibelean gertatzen da,

baina ikusi dugunez, gantz-azidoak gorputzeko beste leku askotara garraitzen dira gero.

Gantza metatzearen prozesua oso eraginkorra da eta, baldintza ezin hobeetan, ia gorputz-pisuaren % 10 adina gantz metatzeko gai dira hegazti migratzaileak (antzarek adibidez, 20 g gantz meta dezakete egunero nahikoa janez gero). Horri esker, baldintzak onak direnean, aste pare batean meta dezakete hegaztiek garraia dezaketen gantz guztia.

Azkenik, hegazti askoren dieta ere aldatu egiten da migrazio-garaia hurbiltzen ari denean. Dieta-aldaketarik ezagun eta nabarmenena urtean zehar intsektuak jaten dituzten arren migrazio-sasoia baino lehen eta migratzen ari diren bitartean fruituak jaten dituzten hegaztiena da. Europako txinbo-espezie askok, adibidez, horixe egiten dute.

Dieta-aldaketaren atzean arrazoi ekologiko eta fisiologikoak daude. Alde bate-tik, intsektuak aurkitzeko aukera txikiagoa izaten dute espezie askok migratzeko garaian, ordurako intsektu-populazioak asko murrizten baitira leku askotan. Bestetik, hegaztientzat interesgarri diren hainbat abantaila dute fruituek: oso uga-riak dira sasoi batzuetan, oso errazak dira aurkitu eta jateko, lipogenesiaren bidez gantz bilaka daitezkeen karbohidrato ugari izan ohi dute eta oso erraz liseritzen dira³. Dena den, leku batzuetan, Europako erdialdean adibidez, fruituek ez dute behar adina gantz eta proteina eta intsektuak edo bestelako animaliak janez osatu behar izaten dute beren dieta hegaztiek. Beste leku batzuetan, eskualde medite-rraneoan adibidez, fruituek nutriente gehiago izan ohi dute, oro har, eta beren dieta guztiz aldatzen duten hegazti gehiago ikusten dira.

Beste espezie batzuen dieta-aldaketak ez dira horren nabarmenak izaten. Lezkariak, esate baterako, ez dute inoiz beren dieta intsektiboroa bazterten, baina migrazio-sasoian, nahiago izaten dute landare-zorriak jatea eta, dirudienez, intsektu txiki horiek gantz bilaka daitekeen karbohidrato ugari dute. Frutak eta haziak jaten dituzten hegaztien artean, berriz, ez da dieta-aldaketa aipagarririk sumatu. Hala ere, ez da horrelakorik gertatzen denik baztertu behar. Baso-txinboekin laborategian egindako esperimenduek erakutsi dutenez, hegazti horiek kalori kopuru berdina izan arren, gantz-eduki handiagoa duten fruituak aukera-

³ Fruituak landareen haziak sakabanatzeko balio duten egiturak dira eta hori lortzeko moduetako bat hegaztien mugikortasunaz baliatzea da. Hegaztiren batek fruituak janez gero, kanpoko geruzak liseritzen ditu, baina ez du hazia liseritzen eta, hainbat denbora pasa eta gero, gorotzen bidez kanporatzen da hazi hori. Hori gertatzerako, fruituak jan dituen landaretik urrun egon daiteke hegaztia eta, ondorioz, baita hazia ere. Fruitu gehienek kolore eta zapore atseginak dituzte eta ez dute pozoirik, hostoek edo beste landare-atal batzuek bezala.

tzeko gai dira eta, beraz, ez da baztertu behar naturan ere hori bera gerta daitekeenik.

Ez dago argi, dena den, zerk bultzatzen dituen hegaztiak dieta aldatzera. Nabarmena da aldaketa horiek barne-kontrola dutela, baina oraindik ezin izan da mekanismo horiek nolakoak diren jakin. Hala ere, azken urteotan asko ikertzen ari dira hegaztien barne-erritmo biologikoak eta gorabehera hormonalak eta laster emaitza esanguratsuak izatea espero da.

6.3. Muda

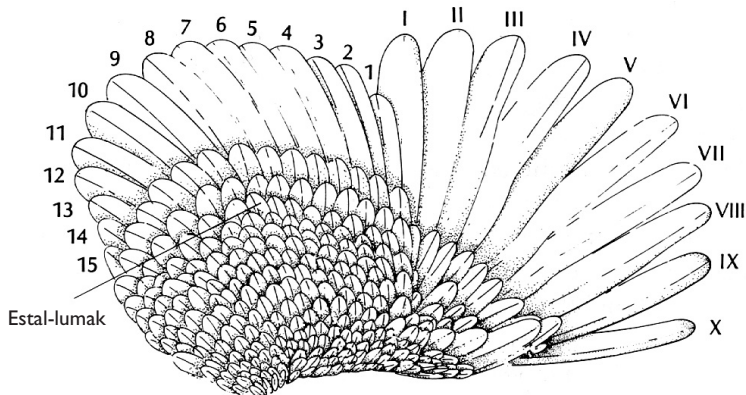
Muda-migrazioak aztertzean aipatu denez, lumak gastatu egiten dira kolpeen eta marruskaduraren eraginez eta beren propietateak galtzen dituzte pixkanaka-pixkanaka. Hori dela eta, hegaztiak luma zahar gastatuak galdu eta luma berriengatik ordezkatu behar dituzte noizean behin.

Espezie gehienek urtean behin, eta nahikoa denbora-tarte laburrean, aldatzen dituzte luma guztiak eta horrek hainbat arazo eta zailtasun sortzen die. Alde bate-tik, normalean baino gehiago jan behar izaten dute, proteina eta energia asko behar baitute lumak egiteko. Hegazti txikietan, adibidez, gorputzeko proteinen laurdena egon ohi da lumetan eta, hegazti handiengan proportzioa txikiagoa den arren, horiek ere proteina asko dute lumetan. Gainera, mudan zehar gaizki elikatuz gero, luma ahulak ateratzen zaizkie hegaztiei eta horren ondorioak urte guztian zehar pairatu behar izaten dituzte. Bestetik, lumaberritzen ari diren hegaztiak arazoak izaten dituzte, hegoetan luma gutxi batzuk faltatzeak askoz zailagoa eta neketsuagoa bihurtzen baitu hegan egitea. Beraz, hegaztiei ez zaie lumak aldatzen ari diren bitartean migratzea komeni. Migratzeko ezinbestekoa da hegan egiteko gaitasuna bere onenean egotea eta muda-sasoian nahikoa trakeski hegan egiten dutenez, hobe da lumak beste noizbait aldatzea⁴.

Lumak falta zaizkiela migratu beharrik ez izateko, ugalketa amaitu eta migratzen hasi bitarteko asteak aprobeztatzen dituzte hegazti gehienek lumak berritzeko. Estrategia horrek hainbat abantaila du (hegaztiak ugaltzeko modu onerakoa da).

⁴ Arau horrek ere baditu bere salbuespenak, noski. Espezie batzuek luma tertziarioak guztiz berritu baino lehen hasten dute ugaltzeko modu onerakoa migratzea eta migratu bitartean amaitzen dute muda. Migrazio garaian luma sekundarioak aldatzen ari izatea ere gertatzen da, batez ere, lehenengo aldiz migratzen duten gazteen artean edota artotik oso gertu ugaltzen diren hegaztien artean, baina, espero litekeenez, inoiz ez da ikusi migrazio-garaian luma primarioak aldatzen ari den hegaztirik, luma horiek baitira hegan egiteko garrantzitsuenak.

-aberastasuna aprobe txaketa dezakete behar dituzten proteina eta energia hornitzeko eta, gainera, lumajea berri-berria dutela has dezakete migrazio-bidaia), baina lumak oso azkar berritzeko gaitasuna behar izaten da sarritan, hegazti askok, oso latitude altuetan ugaltzen direnek batez ere, nahikoa denbora gutxi izaten baitute ugaltzez amaitu eta migrazioa hasi bitartean⁵. Hori dela eta, ez da harritzekoa lumak ugaltu ondoren baina migratu aurretik berritzen dituzten hegaztiak migra- tzen ez duten antzeko hegaztiak baino azkarrago amaitzea muda eta, ezta ere, lumak sasoi desberdinetan berritu ditzaketen espezieek denbora gutxiago behar izatea lumak migratu aurretik berritzeko migratu ondoren berritzeko baino. Alaskan ugaltzen diren txirri arruntek, adibidez, 60 egun inguru baino ez dute behar lumajea Alaskan bertan aldatzen dutenean eta denbora horren bikoitza behar dute lumak negutze-eskualdean berritzen dituztenean. Hala ere, Alaskan bertan askoz janari gehiago aurki dezaketenez, txirri arruntek migratu aurretik las- ter batean mudatzea izaten da arruntena.



6.4. irudia. Hegaztien hegoetan bi funtzio desberdin betetzen dituzten lumak daude. Alde batetik, arraun- lumak daude. Luma horiek luzeak eta nahikoa zurrinak dira eta beren funtzioa, aerodinamikoa da. Beren kokapen eta tamainaren arabera, bi motako arraun-luma bereizten dira: arraun-luma primario edo luma pri- marioak (irudian zenbaki erromatarrek dituztenak) eta arraun-luma sekundario edo luma sekundarioak (iru- dian zenbaki arabiarrek dituztenak). Luma horiez gain, luma tertziario edo estal-lumak daude. Izenak dioenez, arraun-lumen oinaldea estaltzen dute luma horiek eta beren funtzioa hegoak isolatzea da. (Iturria: Gill 1990).

Luma guztiak lehenbailehen aldatzeko estrategia muturrera eraman duten hegaztiak ere badaude. 2.12. atalean aipatu denez, ahate, antzara, beltzarga eta beste zenbait espezie urtarrentzat ez da oso arazo handia aldi behin hegan egin

⁵ Mudak irauten duen denbora desberdina da espeziearen arabera eta espeziearen tamainaren menpe dago batez ere, baina, oro har, 8 aste inguru irauten du hegazti txikien kasuan eta 15 edo aste gehiago handienean.

ezinik egotea, nahikoa babes eta janari aurkitzen baitute uretan eta, hortaz, mudak ahalik eta gutxien irauteko, ia bat-batean galdu eta ordezkatzten dituzte luma guztiak. Gainera, atal horretan esan denez, hegan egiteko gai ez diren bitartean ahalik eta baldintza onenetan egiteko (harraparietatik salbu eta inora joan gabe nahikoa janari aurkitzeko moduan), muda-migrazio direlakoak egiten dituzte eta leku berezietara joaten dira, urtero, hegazti horiek.

Hala eta guztiz ere, uda oso laburra izaten den eskualdeetan ugaltzen diren espezie askok ez dute muda ugal-eskualdean amaitzeko astirik izaten eta beste estrategia batzuk segitzen dituzte. Espezie gutxi batzuek, adibidez, bitan zatitzen dute muda: luma batzuk migrazio-bidaia hasi aurretik berritzen dituzte eta beste batzuk negutze-eskualdean. Beste batzuek, ugaltzen ari diren bitartean berritzen dituzte lumak, baina hauek ere oso gutxi izaten dira. Esan dugunez, hegaztiak energia eta proteina asko behar dute lumak berritzeko eta, ondorioz, espezie gehienentzat ez da oso komenigarria aldi berean lumak aldatu eta txitak bazkatu beharra. Beste espezie askok, sorbeltzek esaterako, negutze-eskualdean berritzen dute lumak. Azken estrategia honek oso abantaila garbia du: eskualde horretan denbora asko igarotzen dutenez, nahi adina denbora izaten dute luma guztiak aldatzeko; baina badu bere desabantaila ere: lumajea nahikoa egoera txarrean dutela egin behar izaten dute udazkeneko migrazioa.

Azkenik airean denbora asko pasatzen duten espezie handi askok, arrano eta albatrosek adibidez, oso astiro aldatzen dituzte lumak eta inoiz ez dute luma asko galtzen aldi berean. Era horretan, denbora asko behar dute muda bukatzeko (bi urte inguru), baina ongi hegan egiteko gai dira beti eta, gainera, lumak gehiegi zahar ez daitezen, azken muda amaitu baino lehen hasten dira luma zaharrenak aldatzen.

Bestalde, espezie bakoitzak estrategia bakar bat segitzen du normalean, baina badaude estrategia desberdinak segitzen dituzten espezieak ere. Europako erdialdean eta mendebaldean habia egiten duten txirritxo handiak, adibidez, ugaltu eta segituan hasten dira lumaberritzen, baina Artikotik gertu habia egiten dutenek Afrikako negutze-eskualdeetara heldutakoan berritzen dituzte lumak.



ORIENTAZIOA ETA NABIGAZIOA

Hegaztien migrazioak aztertzea helburu duen edozein lanetan ia ezinbestekoa da orientatzeko eta nabigatzeko gaitasunari atal bat eskaintzea. Hala ere, hegaztien gaitasun horri buruz dakigun gehiena espezie ez-migratzaileei esker dakigu. Izan ere, hegaztien orientazio- eta nabigazio-gaitasuna ikertzeko gehien erabili den hegaztia, uso mezularia da eta uso hau espezie ez-migratzaile baten ondorengo da, haitz-usoaren ondorengo, hain zuzen ere. Dena dela, ez dirudi horrek aparteko garrantzia duenik, orientatzeko eta nabigatzeko gaitasunari dagokionean, ez baita desberdintasun handirik ikusi hegazti migratzaile eta ez-migratzaileen artean. Horretaz gain, beste taldeetako animaliekin egindako ikerketak ere oso baliagarriak izan dira. Asko dira orientatzeko eta nabigatzeko gaitasun handia duten animaliak (intsektu, arrain eta ugaztun askok, adibidez) eta horietako askok hegaztiak erabiltzen dituzten mekanismo berberetara baliatzen direla ikusi da. Aurkikuntza horrek, hegaztien orientatzeko eta nabigatzeko mekanismoez dugun ustea sendotu baino ez du egiten.

Hegaztien orientatzeko eta nabigatzeko gaitasunaren ikerketa nahikoa berria da. Lehen esperimendu garrantzitsuak 1950eko hamarkadakoak dira, baina ikerketarik gehiena azken bi hamarkadetan egin da. Horregatik akaso, hutsune asko dago oraindik eta, nabigazioari dagokionez batez ere, hipotetikoa ez den ezer gutxi esan daiteke oraingoz. Hala ere, egokia dirudi nahikoa oinarri sendoa duten teoriak gain, arazo garrantzitsuenen inguruan ikerlariak darabilzkiten hipotesi nagusiak aipatzea, horrela soilik uler baitaiteke hegaztien orientatzeko eta nabigatzeko tekniken konplexutasuna.

Dena dela, hegaztien biologiaren bi alderdi horiek aztertzeari ekin aurretik, orientatu, nabigatu eta pilotatzearen arteko desberdintasunak argitzen saiatuko gara eta, ondoren, hegaztien sentimenaz dakiguna aztertuko dugu, animalioek munduan barrena nola ibil daitezkeen ulertzeko laguntza handia izan baitaiteke mundua nola hautematen duten jakitea.

7.1. Orientatzea, nabigatzea eta pilotatzea: zenbait azalpen

Ondoren esango den guztia nahasgarri gerta ez dadin, orientatzea, nabigatzea eta pilotatzea zer diren finkatzea komeni da ezer baino lehen, hitzok, orientazio hitza, batik bat, nahikoa modu nahasian erabiltzen baitira hizkera arruntan.

Orientatzea erreferentzi sistema batez baliatuta norabide bat aukeratzea edo erreferentzi sistema batez lagunduta jarraitu beharreko bidearen angelua finkatzea da. Nabigatzeko, berriz, jatorri-puntuak helburuarekiko duen posizioa finkatu beharra dago lehenik eta, gero, jatorritik helburura joateko bidea zehaztu behar da, hau da, bidea aukeratu behar da orientazio-gaitasuna erabiliz. Beste era bate-ra esanda, nabigatzeko, non dagoen jakin behar du lehenik hegaztiak, norantz joan behar duen jakin behar du gero eta, azkenik, helburura iritsi dela jakiteko gai izan behar du.

Orientatzearen eta nabigatzearen arteko desberdintasuna ulertzeko modurik errazena adibide bat erabiltzea da. Hegaztien nabigazio-gaitasuna frogatzeko egin diren esperimentu guztietan klasikoena A. C. Perdeck ikerlari holandarrak 1950eko hamarkadan egin zuena dugu. Ikerle horrek Europako ipar-ekialdetik ipar-mendebaldera migratzen ari ziren 11.000 araba-zozo harrapatu zituen Holandan. Gero, Suitzara eramane eta han askatu egin zituen. Ondoren gertatu zena guztiz argigarria da. Lehen aldiz migratzen ari ziren araba-zozo gazte eta esperientziarik gabee, Holandan egonez gero jarraitu beharko luketen norabide berbera aukeratu zuten Suitzan aske geratu zirenean eta, ondorioz, ez ziren beren negutze-eskualdera heldu, Iberiar penintsulara baizik. Aldez aurretik beren negutze-eskualdean egonak zeuden araba-zozo helduak, berriz, negutze-eskualde horietara heltzeko gai izan ziren.

Beraz, araba-zozo gazteak ez ziren nabigatzeko gai izan. Ongi orientatu ziren baina ez zuten Holandatik Suitzarako desplazamendua kontuan izan eta, ondorioz, beren migrazio-bidea desplazamendurik egon ezean egingo luketenarekiko paraleloa izan zen. Araba-zozo helduek, berriz, benetako nabigatzeko gaitasuna

erakutsi zuten. Desplazamendua kontuan izan zuten eta ongi aukeratu zuten negutze-eskualderako norabidea.

Leku ezagunetan dabilzan hegaztiak batetik bestera joateko hirugarren modu bat ere erabil dezakete: pilotatzea. Teorian behintzat, posible da leku ezagunen arteko joan-etorriak egiterakoan zein bide jarraitu behar duen jakiteko hegaztiak bizi diren eremuko “marka” ezagunez baliatzea¹. Horretarako oso garrantzitsuak lirateke hegaztiak gaztetan eginiko dispertsio-bidaia (ikus 2.6. atala), bidaia horretako joan-etorrietan bere lurraldeko markak ezagutzeko aukera izan bailezake. Are gehiago, gazteek bideko marka nagusienak kontuan hartzen ikas lezake- te lehen migrazio-bidaian eta itzulera-bidaian bidea aurkitzeko erabil litzakete marka horiek.

Horretaz gain, erreferentzia egokiak aurkituz gero, pilotatzeak leku ezezagunetan ere garrantzia izan lezakeela proposatu da. Radar bidezko behaketek erakutsi dutenez, hegazti batzuek ibaiak, itsasertzak, mendilerroak, etab. jarraitzen dituzte beren migrazioetan, batez ere, albotik jotzen duen haizeak bide egokitik desbideratzeko joera duenean eta, beraz, benetako nabigazio-gaitasunaz baliatzeaz gain, pilotatzeko gaitasunaz baliatzen dira norabidea hobe mantentzearen.

Hala ere, hipotesi horiek ongi frogatzeko esfortzuak egin diren arren, oraindik ez da ezaguna zein neurritan erabiltzen dituzten hegaztiak marka horiek, hau da, zein neurritan erabiltzen duten pilotatze-teknika leku batetik bestera joaten direnean. Orain artean egin diren ikerketek emaitza kontrajarriak eskaini dituzte.

7.2. Hegaztien sentimenak

Hegaztiak mundua nola hautematen duten jakiteak beren orientazio-eta nabigazio-mekanismoak hobeto ulertzen lagun gaitzake. Azken batean, orientatzeko edo leku batetik bestera joateko bide egokia aurkitzeko, kanpo-ingurune-ko informazioaz baliatu behar dute derrigor eta, zein informazio-mota hautemateko gai diren jakinda, orientatu eta nabigatzeko zein erreferentzia erabili ahal duten jakin dezakegu.

¹ Leku ezagunetan ibiltzen garenean, ezagunak zaizkigun inguruko markak erabiltzen ditugu guk bidea aurkitzeko. Mendira joaten garenean, adibidez, zuhaitzak, errekek, iturriak, mendi-lepoak, itxura bereziko haitzak, etab. erabiltzen ditugu erreferentzia gisa eta, normalean, ez dugu beste ezeren laguntzarik behar izaten gure helburura lortzeko. Leku ezezagunetara joaten garenean berriz, mapa eta iparrorratza erabili behar izaten ditugu hasieran, baina, lekua ezagutuz joan ahala, tresna horien laguntzarik gabe moldatzen hasten gara. Hegaztiak pilotatzeko gai direla esaten denean, horixe bera egiteko gai direla pentsatzen da.

7.2.1. Ikusmena

Hegaztiak oso ikusmen ona dute: gurea bezain zorrotza da, gutxienez, eta, guk bezalaxe, koloreak ikusteko gai dira. Horretaz gain, argi ultramorea ere ikus dezaketela uste da eta argi polarizatuaren planoak hautemateko gai direla aditzera ematen den nahikoa datu ere badago². Aldiz, ez da uste argi infragorria ikus dezaketetik. Hala ere, ezin esan daiteke hegaztiak gauez bereziki ongi ikusten dutenik. Orain artean egindako ikerketek erakutsi dutenez, hegazti gehienek gizakiok baino okerrago ikusten dute gau-orduetan eta harrapari gautarren argiarekiko sentikortasuna ez da gizakiona baino askoz handiagoa. Horrek argi uzten du gauez migratzen duten hegazti gehienek leku irekietan barrena edo altitude handi samarretan hegan egitearen arrazoia: gauez ez dute ongi ikusten eta ustekabeen jo litzaketen oztopoetatik urruti pasatzen saiatzen dira. Dena dela, gauez migratzean elkarrekin tupust ez egiteko adina ikusten dute, gaua bereziki iluna ez bada behintzat, eta ezaugarri topografiko nagusiak zein izarrak hautemateko gauza ere badi-ra.

Bestalde hainbat hegaztik, oilagorrek eta basahateek, esate baterako, 360°-ko ikusmen-eremua dutela ikusi da azken urteotan. Beren begien egiturari eta kokapenari esker, hegaztiok ez dute burua mugitu behar beren inguruan eta gainean dagoen guztia ikusteko; nolabait esatearren, “ikusmen panoramikoa” dute. Beraz, gaitasun hori duten hegaztiak etengabe ikus ditzakete zeharkatzen ari diren eremuko ezaugarri topografiko nagusiak eta zeruko erreferentziak eta, hainbat ikerlariren ustez, horrela, errazagoa izan liteke beraientzat beren posizio eta norabidea une oro ongi finkatuta izatea. Nolanahi ere, ez da ahaztu behar beste hegazti askok askoz ikusmen-eremu estuagoak dituztela eta, hala ere, ez dutela orientazio-arazorik izaten.

7.2.2. Magnetorrezepzioa

Azken bi hamarkadetan egindako ikerketek hegaztiak luraren eremu magnetikoa hautemateko gai direla frogatu dute, baina ez dute hori posible egiten duten mekanismoei buruzko argi handirik eman. Hainbat mekanismo posible proposatu da, baina, orain artean, ez da hipotesi horien aldeko datu eztaba daezinik aurkitu.

² Argi polarizatuaren planoak ikusteko gaitasuna eta argi ultramorea ikustekoa oso erlazionatuta daude. Dirudienek, argi polarizatuaren planoak ikusteko gai diren hegaztiak argi ultramoreaz baliatzen dira horretarako, hau da, argi ultramorearen polarizazio-planoak hautematen dute. Horri esker, egun lainotueta ere hauteman dezakete hegaztiak argiaren polarizazio-planoak, argi ikuskorrek ez bezala, argi ultramoreak oso erraz zeharkatzen baititu lainoak. Hortaz, hegaztiak orientatzeko argi ultramorearen polarizazio-planoa erabiltzerik balute, egun lainotueta ere beste inolako erreferentziaren laguntzarik gabe erraz orientatzeko aukera izango lukete.

Gehien eztabaidatu den arazoa hainbat hegaztiren buruan aurkitutako magnetita-kristalen funtzioarena izan da. Izan ere, 1979an magnetita-kristalak aurkitu ziren etxe-usoaren buruan eta, orduz geroztik, beste lau hegazti-espezietan (eta talde desberdinetako beste hainbat animaliatan) aurkitu dira kristal horiek. Beren tamaina ikusirik, kristal horiek hainbat nerbio-bukaerari lotuta egon litezke-la eta, magnetitari esker, nerbio horiek lurraren eremu magnetikoaren berri izan lezakeela proposatu da. Hegaztia eremu magnetikoarekiko era batera edo bestera orientatzean, era bateko edo besteko indarrek eragingo lukete magnetita-kristaletan eta nerbioek indar horiek hauteman litzakete hipotesi horren arabera. Hala ere, ez da uste horren aldeko froga sendorik aurkitu, hainbat animaliaen buruan magnetita-kristalak egotea ez baita hori frogatzeko aski (magnetita bizidunen organismoetan besterik gabe sortzen den substantzia izan liteke).

Beraz, laburbilduz, frogatutzat kontsidera dezakegu hegaztiekin magnetorrezeptzio-gaitasuna dutela, baina hori posible egin lezakeen edozein mekanismori buruz esan daitekeen oro guztiz espekulatiboa da oraindik.

7.2.3. Usaimena

Aurrerago ikusiko dugunez, nabigatzeko hegaztiekin usaimena erabiltzen dutela proposatu izan da eta, beraz, oso garrantzitsua da hegaztien usaintzeko gaitasuna zenbaterainokoa den jakitea. Orain arte, nahikoa gutxi ikertu da gaitasun hori eta hegaztien usaimena nahikoa gutxi garatuta zegoela pentsatu da, beren usaimen-erraboiaren tamaina erlatiboa oso txikia dela aurkitu baita (hau da, garunaren tamainarekin konparatuta, usaimen-erraboiak oso txikiak dira).

Gaur egun, ordea, iritzi hori aldatu egin da. Laborategietan egindako ikerketek, alde batetik eta naturan egindako behaketek, bestetik, zenbait espeziek, gutxienez, nahikoa usaimen ona dutela eta eguneroko bizitzan horretaz baliatzen direla erakutsi dute. *Cathartes aura* saiak, adibidez, haratustela aurkitzeko erabiltzen du usaimena eta hainbat hegazti itsastarrek (albatrosek, gabaiek eta ekaitz-txoriek) janaria aurkitzeko edota habia egiten duten kolonia aurkitzeko sentimen horretaz baliatzen direla jakin da. Dena dela, usaimenaren erabilerari buruzko adibiderik bitxienean araba-zozo pikartarena dugu. Dirudienez, hegazti honek parasitoak uxatzeko gaitasunak dituzten landareak aurkitzen ditu usainaren bidez eta bere habiara eramaten ditu.

Hala eta guztiz ere, datuok hainbat espeziek nahikoa usaimen garatua dutela erakusten dute soilik eta oraindik ezin ziurta daiteke, hegaztiekin, distantzia handiak egiten dituztenean, nabigatzeko usaimenaz baliatzen diren edo ez.

7.2.4. Entzumena

Hegaztien entzumen ona dute oro har eta, horri esker, posible da gauez migratzen dutenek, beren espeziekideen kantuez gain, zein norabidetan hegan egin behar duten jakiteko erabil ditzaketen ingurune soinuak entzutea.

Horretaz gain, uso mezulariek ultrasoinuak (hau da, 20 Hz baino maiztasun baxuagoko soinuak) ere entzun ditzaketeela jakin da azken urteotan. Naturan ultrasoinuak sortzen dituzten iturri asko daude (trumoiak, ekaitza magnetikoak, lurrikarak, kostaldean hausten diren olatuak, haize gogorra, mendi-lepo eta mendi-tontorretan zehar pasatzen den haizea, etab.) eta, beren uhin-luzera handiari esker, oso urrutira heltzen dira soinu horiek, batzuk sortu diren lekutik mila-kilometrora. Ondorioz, ultrasoinuak hautemateko gaitasunari esker, orientatzeko eta nabigatzeko oso baliagarria izan litekeen informazio ugari jaso lezakete hegaztien (mendikate eta itsasertzen kokapena, adibidez).

Bestalde, hegazti batzuek (guatxaroak eta haitzulotan habia egiten duten zenbait sorbeltzek) ekolokazioa erabil dezakete, hau da, beraiek egindako soinuen oihartzunari esker, inguruko objektuak koka ditzakete espazioan. Hala ere, hegazti horiek ez dituzte ultrasoinuak erabiltzen, saguzarrek egin ohi duten moduan, eta beren ekolokazio-gaitasuna ugaztun horiena baino txikiagoa da. Gainera, ez dirudi gaitasun hori migrazio-garaian oso baliagarria denik, baina kontrakoa ere proposatu da. Aspalditik da ezaguna gauez migratzen duten hegaztien egunez migratzen dutenek baino maizago egiten dituztela hotsak. Portaera horren helburua taldearen kohesioa mantentzea dela uste dute autore askok, baina soinu horiek ekolokaziorako balio lezaketeela ere esan izan da. Hipotesi horren arabera, zein altitudetan hegan egiten duten jakiteko erabiltzen dituzte soinuak hegaztiak. Soinuaren oihartzunak soinua egin duen hegaztiraino heltzeko behar duen denbora jakinda, edota oihartzunaren uhin-luzerari esker, lurrarekiko altitueda jakin lezake hegaztiak.

7.2.5. Haizearen norabidea eta indarra hautemateko gaitasuna

Dirudienez, hegan ari direla ere haizeak nondik jotzen dien hautemateko gai dira hegaztiak eta, horri esker, lurra ikusi gabe haizeak alboetarantz bultzatzen dituen edo ez jakin dezakete. Gaitasun hori oso garrantzitsua da laino artean edo gauez migratzen duten hegaztientzat, haizeak beren helburutik asko urruntzen dituela hautemanez gero, beren norabidea haize-baldintzen arabera alda baitezakete. Hala ere, oraindik ez dira ezagunak haizearen norabidea hautematea ahalbide-

tzen duten mekanismoak. Horretaz gain, haizearekiko zein abiaduran hegan ari diren jakiteko gai dira hegaztiak, baina hori nola egiten duten ere ez dakigu.

7.2.6. Presio atmosferikoa hautemateko gaitasuna

Azkenik, etxe-usoak presio barometrikoarekiko oso sentikorrak direla ikusi da. Uso horiek erraz hauteman ditzakete milibar bateko presio-aldaketak eta zenbait usok milibar-hamarren bateko aldaketak ere hauteman ditzaketela dirudi. Seguruenik, gaitasun horrek ez du orientatzeko edo nabigatzeko balio, baina hegaztien eguraldi-aldaketak aldeztetik aurretik hautemateko gaitasuna azal dezake eta hegaztien hegaldiko altitudea konstante mantentzeko gaitasuna azaltzeko ere balio du (izan ere, atmosferan gora igotzean, presio atmosferikoa milibar batean jaisten da, gutxi gorabehera, altitudetan hamar metro igotzen diren bakoitzeko).

7.3. Orientazio-mekanismoak

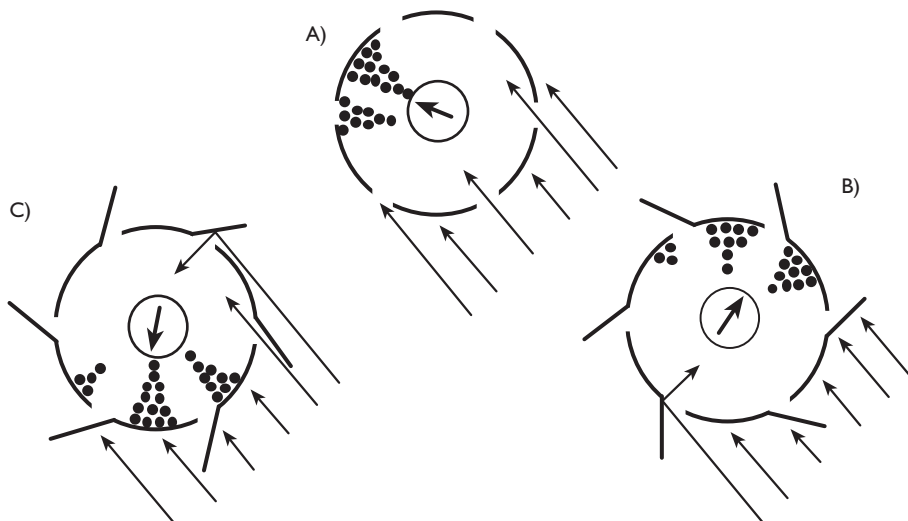
Hegaztiak, beste hainbat animaliak bezala, iparrorratz biologiko deritzona dute, hau da, erreferentzi sistema konstante bat eskaintzen duen mekanismo bat. Mekanismo horri esker, norabide egokia aukera dezakete eta, gainera, konstante mantentzeko aukeratutako norabidea hegaldian zehar. Azken hamarkadetan lan handia egin da mekanismo horren funtsa ezagutzeko eta, oraindik alderdi ilun asko gelditzen den arren, hegaztien orientazio-gaitasunari buruzko gauza asko argitu da dagoeneko.

Ikerketa horien emaitzarik interesgarriena hegaztiak erreferentzi sistema bat baino gehiago erabiltzeko gai direla aurkitzea izan da. Orain artean, hegaztiak eguzkiari, lurraren eremu magnetikoari eta izarrei esker orientatzen direla frogatu da eta hegazti askok erreferentzia horietako bi gutxienez erabiltzen dituztela ziurtatzeko aukera ere egon da. Hala ere, orientazio-mekanismo horiek independenteki ikertu dira eta, ondorioz, nahikoa gutxi dakigu oraindik beren arteko elkarrekintza.

Jarraian, hegaztiak orientatzeko erabiltzen dituzten erreferentzia edo orientazio-mekanismoak aztertuko ditugu. Horretarako, ziurtzat jotzen diren hiru mekanismoak aztertuko ditugu lehenik eta, gero, hainbat ikerketaren ardatz izan arren, baztertu egin behar izan diren edo ziurtzat ezin kontsidera daitezkeen beste hainbat erreferentzi sistemaz arituko gara labur.

7.3.1. Eguzkia

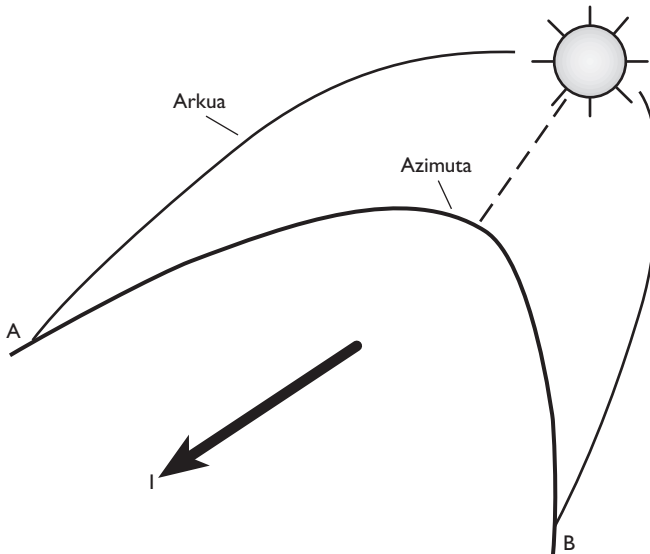
Hegaztiek orientatzeko eguzkia erabiltzen zutela ziurtatu zuten lehen frogak Gustav Kramer biologo eta ornitologo alemaniarrek lortu zituen 1950. urtean. Ikertzaile horrek hainbat araba-zozo sartu zituen orientazio-kaxetan eta, ezinegon migratorioa aprobetxatuz, balio handiko hainbat behaketa egin zuen. Alde bate-tik, eguzkia ikusten zuten egunetan, kaxetako araba-zozoak migratzen leudekeen araba-zozoek hegan egingo luketen lekurantz begira jartzen zirela ikusi zuen eta, bestetik, zerua estalita zegoenean, araba-zozoak edonora begira jartzen zirela hauteman zuen. Horrek, araba-zozoak eguzkia erabiliz orientatzen zirelako sus-moa sortu zion Kramerri eta susmo hori frogatzeko, esperimentu gehiago egitea erabaki zuen. Esperimentu berri horietan, ispiluak erabili zituen eguzkitiko izpien norabidea aldatzeko eta araba-zozoak iragarritako lekura begira jartzen zirela ikusi zuen. Era horretan, frogatuta utzi zuen Kramerrek araba-zozoak eguzkiari esker orientatzen zirela. Gainera, garai beretsuan, Karl von Frisch etologo austria-rrak erleak ere eguzkiaz lagunduta orientatzen zirela frogatu zuen eta, orduz geroztik, eguzkia animalia desberdin askok (krustazeoek, inurriek, arrainek, anfi-bioek, narrastiek eta ugaztunek, orain arte dakigunaren arabera) erabiltzen duten erreferentzia dela ikusi da.



7.1. irudia. Gustav Kramerrek 1950. urtean araba-zozoekin egindako esperimentua azaltzen duen irudi sin-plifikatua. Esperimentu hori egiteko sei leiho zituzten orientazio-kaxa zirkularrak erabili zituen Kramerrek. Puntuek 10 segundoren buruan araba-zozoek aukeratutako norabideen batezbestekoa adierazten dute. A iru-diak kontrol gisa erabiltako araba-zozoekin gertatutakoa adierazten du, B irudiak ispiluak erlojuaren orratzen norantz jarri zirenean gertatutakoa eta C irudiak ispiluak erlojuaren orratzen kontrako norantz jarri zire-nekoa. Gezi finek kaxetara sartzen ziren eguzki-izpien norabidea adierazten dute eta kaxen erdiko gezi lodiek, neurrak guztien batezbestekoa. (Iturria: Schmidt-Koenig et al. 1991).

Horretaz aparte, eguzkia orientazio-tresna ona izan dadin, Lurraren errotazio-mugimenduaren ondorio den eguzkiaren posizio-aldaketa konpentsatu behar dute hegaztiak. Beste era batera esanda, Lurra mugitu egiten denez, egunean zehar eguzkia ekialdetik mendebaldera mugitzen dela ikusten dugu lurrian geldirik gauden behatzaileok eta, ongi orientatzeko, mugimendu hori kontuan izan behar da nolabait. Araba-zozo eta usoekin egindako esperimenduek erakutsi dutenez, hegazti horiek gaizki orientatzen dira beren barne-erloju biologikoa (erritmo zirkadianoa deritzona) aldatzen zaienean eta orientazio-akatsa, erritmo zirkadianoan sortutako desfasearekin bat dator. Hori dela eta, eguzkiaren mugimendua konpentsatzeko, hegaztiak, araba-zozoek eta usoek behinik-behin, beren barne-erloju biologikoa erabiltzen dutela pentsa daiteke.

Bestalde, hainbat ikerketa berriagok aditzera eman duenez, ez da eguzkiaren horizontearekiko altitudea hegaztiak kontuan izaten dutena, azimuta baizik (ikus 7.2. irudia). Orientazio-mekanismo horren zehaztasunari dagokionez, berriz, $\pm 3,4-5,1^\circ$ bitarteko zehaztasuna duela erakutsi dute esperimenduek. Itxuraz, ez dirudi oso zehaztasun handia denik, baina espezie migratzaileek gutxi gorabehera norantz joan behar duten jakiteko adina bada.



7.2. irudia. Hainbat ikerketak aditzera eman duenez, hegaztiak ez dira horizontearen eta eguzkiaren arteko posizio erlatiboari esker orientatzen, azimutari esker baizik. Irudian eguzki-arkua eta eguzki-azimuta marraztu dira. Lehen eguzkiak zeruan egiten duen bidea da eta azimuta eguzkia horizontean proiektatuz gero sortutako lerro imaginarioa dugu. Irudia ipar hemisferiorako egin da eta, ondorioz, eguzkia A puntutik aterako litza-teke eta B puntutik sartu. (Iturria: Dingle 1996).

Ez dago batere argi, dena den, zein neurritan erabiltzen duten hegaztiek eguzkia orientatzeko. Esan dugunez, orientazio-tresna bat baino gehiago erabil dezakete eta oso zaila da normalean bat edo beste gehiago erabiltzen duten jakitea. Argi dago, ordea, hegaztiek jaiotzetik dutela eguzkiaz orientatzeko gaitasuna, baina tresna hori modu egokian erabiltzeko, trebatu egin behar direla dirudi. Horretarako, ezinbestekoa da hegaztiak eguzki-azimutaren egunean eta urtean zeharreko aldaketak bere barne-erlojuarekin konpentsatzen ikastea eta, dirudie-nez, hegaztiaren beste orientazio-mekanismoek, lurraren eremu magnetikoaz baliatzen denak, adibidez, eginkizun handia dute horretan.

7.3.2. Lurraren eremu magnetikoa

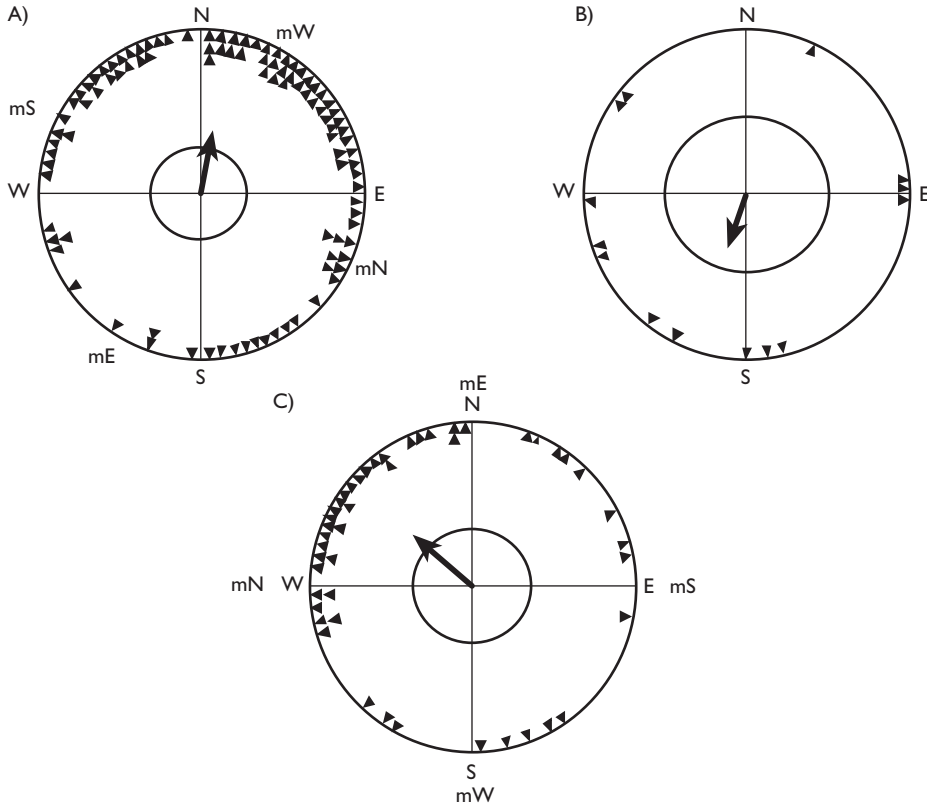
Hegaztiak lurraren eremu magnetikoa hauteman eta eremu horri esker orientatzeko gai zirela aspaldidanik sumatu zen, ezaguna baitzen gauez migratzen duten hegaztiek zerua guztiz lainotuta dagoenean (eta izarrak ikusterik ez zegoenean, beraz) orientatzeko gai zirela eta orientazio-kaxatan sartutako hegaztiak ere izarrak ikusi gabe egoki orientatzeko gai zirela.

Susmo hori egia zela 1968. urtean frogatu zen eta, orduz geroztik, usoak, gauez migratzen duten hamaika espeziek eta egunez migratzen duten beste hiru mekanismo hori erabiltzeko gai direla ikusi da. Dena den, orain artean ikusi denez, orientatzeko izarrak erabiltzeko gai diren hegazti guztiak, lurreko eremu magnetikoa erabiliz orientatzeko gai ere badira.

Hegaztiek lurraren eremu magnetikoko lerroen inklinazioa erabiltzen dute orientatzeko. Dakigunez, lurra eremu magnetiko bat sortzen du bere inguruan eta eremu horren ipar eta hego poloak polo geografikoetatik gertu kokatuta daude, baina ez datoz bat³. Eremu magnetiko horretako lerroak irudikatuz gero (ikus 7.3. irudia), hego hemisferiotik irteten eta ipar hemisferioan sartzen diren lerro horiek lurrazalarekin eratzen duten angelua, inklinazio-angelua deritzona, lurrazalean zehar aldatuz doala ikus daiteke. Angelu hori 90°-koa da polo magnetikoetan eta 0°-koa ekuatore magnetikoan, hau da, eremu magnetikoko lerroen inklinazio-angelua txikituz doa polotik ekuatorera hurbildu ahala eta maximoa da polo mag-

³ Polo geografiko eta magnetikoak elkarren artean gertu samar daude, baina ez leku berean. Gaur egun (Lurreko eremu magnetikoaren polaritatea hainbat aldiz aldatu da historia geologikoan zehar eta azken aldaketa duela 700.000 urte gertatu zela uste da), ipar polo magnetikoa Kanadako iparralde-iparraldean dago kokatuta eta hego polo magnetikoa Ozeano Antartikoaren ertzean (zehatzak izanez gero, alderantziz esan beharko genuke, hau da, hego polo magnetikoa ipar hemisferioan dagoena da benetan eta ipar polo magnetikoa hego hemisferioan dagoena, baina, normalean, orain artean erabili dugun bezala hitz egiten da lurraren polaritateaz eta guk ere horrela erabiliko dugu, horrek ez baitu inolako eraginik emango diren azalpenetan).

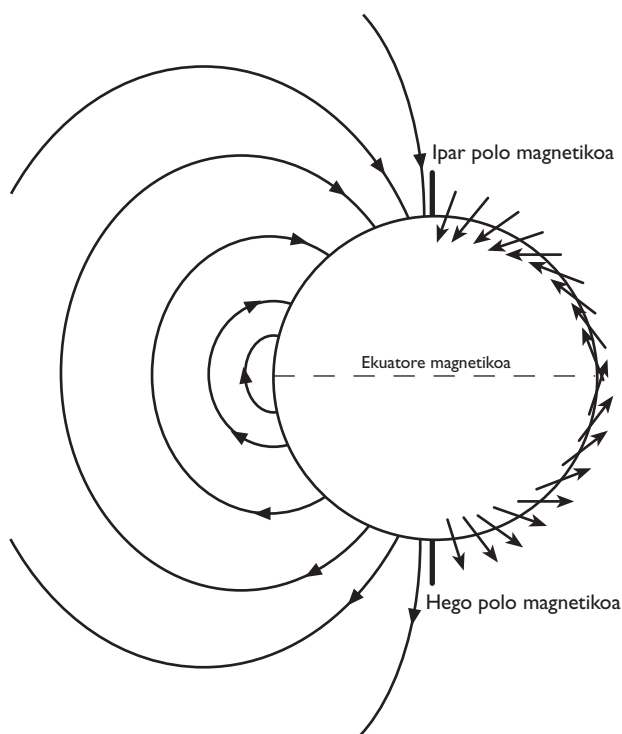
netikoetan eta minimoa ekuatorean. Orain artean egindako esperimentuek erakutsi dutenez, hegaztiak angelu hori hautemateko gai dira eta hori erabiltzen dute orientatzeko.



7.3. irudia. Hegaztien orientatzeko lurreko eremu magnetikoa erabiltzen zutela frogatu zuen lehen esperimentua Wolfgang Wiltschko ikerlari alemanak egin zuen. Ikerlari honek txantxangorriak sartu zituen orientazio-kaxatan ugalduek migrazioaren sasoian eta norantz begira jartzen ziren behatu zuen. Txantxangorriek erabiltzen zuten orientazio-erreferentzia lurraren eremu magnetikoa zela frogatzeko, elektroimanak erabiliz eremu magnetiko artifizialak sortu zituen orientazio-kaxetako batzuen inguruan eta, irudian ikus daitekeenez, kaxa horietako txantxangorriek eremu magnetiko berriaren arabera orientatu ziren. A irudia: eremu magnetiko artifizialaren iparra ekialde/hego-ekialde geografikoari zegokion kaxa. B irudia: eremu magnetikoa aldatu gabe utzi zen kaxa. C irudia: eremu magnetiko artifizialaren iparra mendebalde geografikoarekin bat zetorren kasua. Triangeluek gau oso batean zehar txantxangorri batek aukeratutako norabidearen batezbestekoa adierazten dute. Zirkuluen erdiko geziek egoera horretan jarritako hegazti guztiek aukeratutako norabideen batezbestekoa adierazten dute. (Iturria: Berthold 1993).

Horretaz gain, posible litzateke, teoriarik behintzat, hegaztien eremu magnetikoen intentsitatea (eremu magnetikoaren intentsitateari dagokionez ere, poloetatik ekuatorerako gradientea dago: poloetan 60.000 nT edo 0,6 gaussekoa da eremu

magnetikoaren intentsitatea 30.000 nT edo 0,3 gaussekoa ekuatorean eta, tarteko puntuetan, tarteko balioak neur daitezke) edo polaritatea erabiltzea, baina gaur egun arte, ez da hori egiten dutenaren ebidentziarik aurkitu. Hori dela eta, ez dirudi hegaztiak iparra eta hegoa non dauden hautemateko gai direnik, baina polioetarantz edo ekuatorerantz doazen hautemateko gai dira zalantzarik gabe, hau da, poloetako baterantz hegan ari direnean badakite, seguruenik, polorantz doazela eta ez ekuatorerantz, baina ezin dute jakin ipar edo hego polorantz doazen.



7.4. irudia. Lurraren eremu magnetikoa oso kanpora hedatzen da espazioan, Lurraren ezkerrean marraztutako eremu magnetikoaren lerroek adierazten dutenez. Lurraren eskuinaldeko eremu magnetikoaren lerroek lurrazalean duten norabidea adierazten dute. Azken hamarkadetan egindako ikerketek erakutsi dutenez, norabide hori da hegaztiekin orientatzeko erabiltzen dutena. (Alerstam 1990etik moldatuta).

Orientatzeko modu hau oso sinplea eta nahikoa fidagarria da, oro har. Ereku magnetikoa ez denez eguzkiaren azimuta edo izarren kokapena bezala aldatzen, hegaztiek ez dute aldaketak beren barne-erloju biologikoarekin konpentsatzen ibili beharrik eta, gainera, berdin funtzionatzen du eguraldia ona zein txarra denean. Ondorioz, eremu magnetikoari esker orientatzea, eguzki-iparrorrtzarekin orientatzea baino askoz fidagarriagoa dela uste da eta, arrazoi horrexegatik,

hegaztiekin Lurraren eremu magnetikoa beren gainerako erreferentzi sistemak kalibratzeko erabiltzen dutela uste da.

Hala ere, Lurraren eremu magnetikoa erabiltzeak baditu bere desabantailak. Alde batetik, ez dirudi ekuatore magnetikoaren inguruan dabilzan hegaztiekin eremu magnetikoa erabiltzeko gai direnik. Ekuatore magnetikoan horizontalak dira eremu magnetikoaren lerroak eta, ondorioz, hegaztiekin ezin dute beren norabidea egoki interpretatu. Hala ere, hainbat esperimentuk erakutsi duenez, hegaztiekin ez die arazorik sortzen ekuatorea zeharkatu eta gero eremu magnetikoaren lerroen inklinazioa alderantzizkatuta agertzea.

Bestetik, esperimentu askok erakutsi dutenez, hegaztiak kokatuta dauden eremu magnetikoaren intentsitatera ohituta egoten dira eta ero moduan ibiltzen dira eremu magnetikoaren intentsitatea handiagoa edo txikiagoa den lekuren batera eramanez gero. Dena den, girotu egiten dira egun gutxi batzuren buruan eta ongi orientatzeko gai izaten dira berriro. Azkenik, ez da ahaztu behar zenbait lekutan hegaztien orientatzeko gaitasunean eragina izan dezaketen anomalia lokalak daudela eta, horrelako lekuetan, ongi orientatzeko zailtasunak izaten dituztela hegaztiekin eremu magnetikoaren intentsitate desberdinagatik edota eremuko lerroen ezohiko inklinazioagatik. Bestalde, eguzki-aktibitate handiko sasoietan aldatu egiten da Lurraren eremu magnetikoa eta horrelakoetan ere hegaztiak desorientatu egiten direla ikusi da.

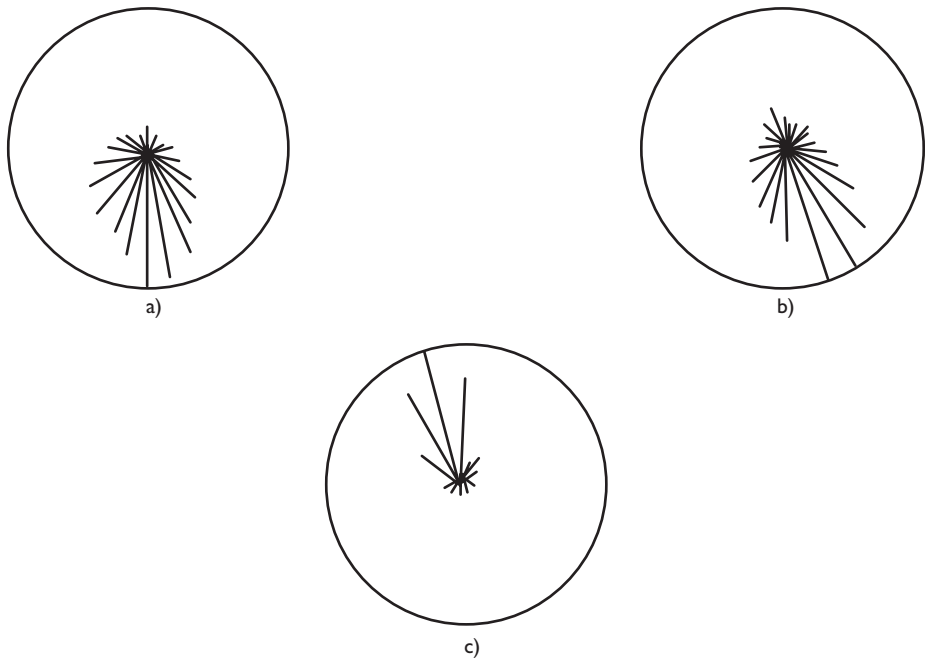
7.3.3. Izarrak

Zerua lainotuta dagoenean hegazti migratzaileak norabide egokian hegan egiteko gai direla ikusi da sarritan, baina, beste askotan, horrelakoetan hegazti askoren orientatzeko gaitasuna ohikoa baino txarragoa dela ikusi da. Hainbat esperimentuk erakutsi duenez, orientazio-kaxetan sartutako antzandobi arruntak eta txinbo kaskabeltzak oso norabide konkretuan mugitzen dira zerua izartsu dagoenean, baina askoz norabide-aukera zabalagoa ageri dute zerua estalita dagoen gauetan. Hori guztia dela eta, orientatzeko hegaztiekin izarrak ere erabiltzen dituztela pentsatu zen.

Uste horren aldeko lehen froga garrantzitsuak 1950.eko hamarkadan lortu ziren planetarioetan egindako hainbat esperimenturi esker. Esperimentu horiek erakutsi zutenenez, orientazio-kaxetan sartutako txinbo kaskabeltz, baso-txinbo eta sasi-txinbotxoak migratzen ariko liratekeen espeziekideen norabidean mugitzen ziren planetarioko sabaian izarrak ongi proiektatzen zirenean, baina, izarrak alderantziz

proiektatuz gero, aurkako norabidea aukeratzen zuten. Ondorioz, frogatuta gelditu zen hiru espezie horiek izarrei esker orientatzen zirela eta, ondoko urteetan, beste bi espezieetan aurkitu da gaitasun hori. Beraz, gaur egundaino egindako ikerketen arabera, bost dira orientazio-tresna hori duten espezieak, baina ez da baztertu behar gaitasun hori askoz hedatuagoa egotea, ez baita espezie gehiago ikertu.

Nolanahi ere, izarren bidezko orientazioari buruzko lanik interesgarriena egin duen zientzilaria Stephen T. Emlen ikerlari estatubatuarra izan da. Ikerlari horrek esperimentu asko egin zituen, *Passerina cyanea* espezieko berdantza amerikarrak erabiliz. Esperimentu horiek erakutsi zuten, ugaltu ondorengo migrazioaren garaian, hegazti horiek zero izartsuaren azpian jarritz gero, hegoalderantz mugitzen ziren nagusiki eta, berdantzak zeuden orientazio-kaxak zero naturala imitatzaren zuen planetarium batean jarritakoan, ez zen aldaketarik gertatu berdantzek aukeratutako norabidean. Planetarioan proiektatutako zeruaren irudia 180° -z biratu zenean, ordea, iparralderantz mugitzeko joera nagusitu zen berdantzen artean (ikus 7.5. irudia)



7.5. irudia. Emlenek egindako esperimentuetan, *Passerina cyanea* espezieko hiru berdantzek egoera desberdinetan erakutsi zuten portaera migratorioa. Ezkerrean (a), zero izartsua ikusten zuen berdantzaren portaera; erdian (b), benetako zerua imitatzaren zuen planetario-proiektzioa ikusten zuen berdantzaren portaera eta, eskuinean (c), 180° biratuta zegoen zeruaren irudia ikusten zuen berdantzaren portaera. Lerro zuzenek txoriak mugitzen ziren norabidea adierazten dute. Zenbat eta luzeagoa lerroa, gehiagotan mugitu zen txoria norabide horretan. (Iturria: Berthold 1993).

Hala ere, ez zen hori izan Emlenek frogatu zuen gauza bakarra. Planetarioan proiektatutako zeru-zatitik izarren bat edo beste (Ipar-izarra barne) kentzerakoan hegaztiak berdin-berdin orientatzen zirela ikusi zuen, baina, proiektatutako zerutik Ipar-izarra eta izar honen inguruko 35° -etan zeuden izar guztiak ezabatuz gero, berdantzak desorientatu egiten zirela ikusi zuen eta berdantzek, gizakiok bezala, orientatzeko iparraldera begiratzekoan ikusten den izar-multzoaren itxura erabiltzen zutela ondorioztatu zuen.

Emlenek eta beste hainbat autorek egindako esperimentu gehiagok erakutsi dutenez, hegaztiak izarren bidez orientatu ahal izateko ezinbestekoa da gaztetan zeruko izarrek Ipar-izarraren inguruan nola bira egiten duten ikustea. Itxura denez, lehen migrazioa baino lehenagoko gazte-garapenean zehar izarren itxurazko erro-tazioa ikusteko aukera izan duten hegaztiak heldutan aski dute Ipar-izarraren inguruko izar multzoa ikustea ongi orientatzeko. Beraz, eguzkiaren bidez orientatzeko gaitasuna bezala, izarren bidez orientatzekoa ez da jaiotzetikoa, baina hegaztiak jaiotzetik ditu hori garatzeko oinarritzko tresnak.

Hortaz, laburbilduz, ez dirudi hegaztiak ezinbestean behar dituztenik izarrak ongi orientatzeko, baina bai hobe orientatzen direla izarren laguntzaz. Radarra erabiliz egindako ikerketek erakutsi dutenez, hegazti migratzaile gautarrak ongi orienta daitezke zerua lainoz estalita dagoenean, baina beren bidea ez da zerua izartsu dagoenean bezain zuzena izaten. Posible da hegazti horiek orientatzeko erabiltzen duten erreferentzia nagusia Lurraren eremu magnetikoa izatea eta, norabidea aukeratu ondoren, izarrak norabidea hobe mantentzeko erreferentzia gisa erabiltzea.

7.3.4. Beste hainbat erreferentzia posible

Orain artean ikusi dugunez, azken hamarkadetan egindako ikerketek nahikoa frogatuta utzi dute hegaztiak eguzkia, izarrak eta lurraren eremu magnetikoa erabiltzen dituztela orientatzeko. Hala ere, gaur egun dakigunagatik, ez dago hegaztiak beste hainbat erreferentzia erabiltzen dutela baztertzetik.

Erreferentzia posible horietako bat eguzkia sartzen den lekua izan liteke. Ikusi dugunez, egunez migratzen duten hegaztiak eguzkiaren azimuta erabil dezakete orientatzeko. Agerikoa denez, hegazti gautarrek ezin dute eguzkia erabili beren hegaldi osoan, baina gauez migratzen duten hegazti gehienak eguzkia desagertu baino lehen abiatzen edo hegaldirako prestatzen hasten direnez, eguzkia horizontearen atzean ezkututzen den posizioa hegaztiak norantz joan behar duten

jakiteko balio duen erreferentzia izan liteke. Hala ere, ez dago hori gertatzen denaren froga garbirik. Txinbo kaskabeltzekin egindako esperimentuetan, adibidez, ez zen ikusi hegaztiek eguzkia beste leku batetik sartzen ikusita ere beren orientazioa aldatzen zutenik.

Hegaztiek argiaren polarizazio-patroia ere erabiltzen dutela proposatu da. Teorian behintzat, posible litzateke iluntzean irteten diren hegazti migratzaileek zein egun argiz migratzen dutenek zeruko argi polarizatuaz baliatzea, eta hainbat autoreren ustez, argiaren polarizazio-patroiak egun lainotuetan migratzen duten hegaztiek eguzkiaren posizioa ezagutzeko balio lezake. Azken urteotan egindako hainbat esperimentuk erakutsi dutenez, txinbo batzuek eta sabana-txolarreak beren beste orientazio-tresnak (lurraren eremu magnetikoan oinarritutakoa, adibidez) kalibratzeko erabiltzen dute argi polarizatua, baina, bestalde, uso etxekotuak ez dira argiaren polarizazio-patroia hautemateko gai eta, beraz, oraingoz ez dago seguru den ezer esaterik.

Bestalde, hainbat intsektu ilargia erabiliz orientatzen denez, hegaztiek ere ilar-gia erabil zezaketela pentsatu da, baina orain arte ez da horren frogarik aurkitu. Are gehiago, orientazio-kaxetan egindako hainbat esperimentutan ikusi denez, ilar-giak eragin kaltegarria izan dezake orientazio-gaitasunean, batez ere esperientziarik gabeko gazteengan. Horretaz aparte, ilar-giak migratzeko joera aregotzen duela ikusi da.

Haizeak izan dezakeen garrantzia ere sarri ikertu eta eztabaidatu den arazoa da. Esan dugunez, hegaztiek haizearen norabidea eta indarra hautemateko gaitasun handia dute eta posible litzateke haizea lagungarri gisa erabiltzea, hau da, beste orientazio-tresnaren batekin norabidea aukeratu eta gero, aukeraturako norabide horri ongi eusten dioten jakiteko. Hala ere, gaur egun ezin esan daiteke haizearen norabidea soilik kontuan izanik hegaztiak orienta daitezkeenik.

Azkenik, ultrasoinuak eta usainak aipatu dira. Atal honen hasieran esan dugunez, hegaztiak ultrasoinuak (20 Hz-z behetiko soinuak, gizakiok ezin entzun ditzakegunak) entzuteko gai dira eta, arrazoi horregatik, naturan sortutako ultrasoinuak hegaztiekin orientatzeko erabil ditzaketen erreferentzia izan litezkeela pentsatu izan da. Uso mezulariekin egindako hainbat esperimentuk erakutsi duenez posible da hegazti horrek ultrasoinuak erabiltzea, baina oraindik ez da pisuzko frogarik aurkitu eta ez da inolako esperimenturik egin hegazti migratzaileak erabiliz. Dena den, uso mezulariekin egindako esperimentuen arabera, hegazti horrek ez ditu orientatzeko erabiltzen ultrasoinuak, pilotatzeko baizik, hau da, bere helbururako bidean ongi doala adierazten dioten marka gisa. Usainaren bidez orien-

tatzeko gaitasunari dagokionez, egoera berdin-berdina da. Uso mezulariekin egin-dako hainbat esperimentuk erakutsi duenez, hegazti horiek usain ezagunak hau-teman ditzakete eta ezin da baztertu helbururako bidea aurkitzeko erabiltzen dituztenik, baina kontraesan ugari ageri da datu esperimentaletan.

7.4. Nabigazio-mekanismoak

Hegaztiek nabigatzeko gaitasun handia dutela ezin da zalantzan jarri. Orain arte ehundaka desplazamendu-esperimentu egin dira espezie desberdin askotako hegaztiekin eta ez da aurkitu desplazamendua eta gero jatorri-puntura heltzeko gai ez den espezierik. Gainera, ezin pentsa daiteke jatorri-punturako bidea kasua-litatez aurkitzen dutenik. Ikerketek erakutsi dutenez, hegazti gehienak aske geratu orduko hasten dira jatorrirako norabidean hegan eta, gainera, jatorrira heltzeko behar duten denbora ikusita, nahikoa hegaldi zuzenak egiten dituztela pentsatu beharra dago⁴. Horretaz gain, ez dago nabigatzeko gaitasuna hegazti migratzaile-ek migrazio-garaian soilik duten gaitasuna dela pentsatzerik. Hegazti guztiak dira nabigatzeko gai, migratzaileak zein ez-migratzaileak.

Espeziea	Hegazti-kopurua	Distantzia (km)	Itzulitakoen portzentaia	Abiadura (km/egun)
Ekaitz-txori handia	61	250-870	67	56
Gabai arrunta	42	491-768	90	370
Laysam albatrosa	11	3083-7630	82	370
Zanga	18	394	63	185
Kaio hauskara	109	396-1615	90	112
Txenada arrunta	44	422-748	43	231
Enara arrunta	21	444-474	52	278
Araba-zozo pikarta	68	370-815	46	46

7.1 taula. Hainbat hegaztirekin egindako desplazamendu-esperimentuen emaitza. Itzulitako hegaztien por-tzentaia ez da ia inoiz % 100ekoa izaten, baina horrek ez du esan nahi itzuli ez ziren hegaztiek nabigatzeko gai-tasunik ez zutenik. Beste arrazoi batzuk ere izan daitezke tartean: horren hegaldi luzea egiteko gaitasun fisi-korik ez izatea (desplazamenduak ehundaka kilometrokoak izan zirela kontuan izan beharra dago), hegaztiak itzultzeko motibaziorik ez izatea, harrapariren batek hiltzea, etab. (Iturria: Griffin 1974).

⁴ Kasurik nabarmenena esperimentugileek Ingalaterratik Ipar Amerikara eramán zuten gabai arruntarena dugu. Gabai horrek 12 egunetan soilik egin zituen Ingalaterrainoko 4.000 kilometroak.

Hala ere, oraindik ere ez da hegaztiekin nola nabigatzen duten azaltzerik izan. Gaitasun horri azalpen egokia bilatzearren hipotesi ugari landu da, baina, orain arte, ez da horietako bat bera ere baieztatu dezakeen nahikoa datu enpiriko lortu eta, ondorioz, pilatuz joan dira hipotesiak. Guztira, harrera desberdina izan duten dozena erdi hipotesi baino gehiago proposatu dira azken hiru hamarkadetan. Horietako batzuek hegaztiak leku ezezagunetatik bere habia edo lurraldera nola itzultzen diren azaltzeko soilik balio dute eta beste batzuk esperientziarik gabeko hegazti migratzaileek espeziearen negutze-ekualdera heltzeko nola moldatzen diren azaltzeko asmoz sortu dira. Jarraian hipotesi horietako batzuk azalduko ditugu.

7.4.1. Nabigazio inertziala

Hipotesi honen aldekoek diotenez, hegaztiak beren gorputzak egiten dituen bira guztiak eta beren gorputzarengan alboetarantz edo longitudinalki eragiten duten indarrak hauteman ditzakete barne-belarrian eta, informazio hori garunean prozesatu eta gero, desplazamendu-bidaiei ondoren jatorriarekiko beren posizio erlatibo kalkulatzeko gai dira.

Hipotesi hori proban jartzeko era askotako desplazamendu-esperimentuak egin dira, guztiak uso mezulariak erabiliz. Batzuetan anestesiaturatu garraiatu ziren usoak, beste batzuetan etengabe biratzen ari ziren kaxatan sartuta eta, beste hainbatetan, azelerazio horizontalak hautemateko ezinbestekoa den barne-belarriko kanal erdizirkularra kendu zitzaizen usoei, baina, kasu guztietan, hegaztiak normal nabigatzeko gai zirela ikusi zen. Ondorioz, ezin bazter daiteke hegaztiekin nabigazio-teknika hori erabiltzen dutenik (nahikoa frogatuta dirudi hainbat artropodo eta ugaztunek teknika hori erabili dezaketela eta ez dago hegaztiekin ezin erabili dezaketela pentsarazi gaitzakeen a priori arrazoirik), baina argi dago uso mezulariak beste nabigatzeko moduren bat gutxienez badutela. Hau da, usoak edo beste edozein hegazti nabigazio inertziala burutzeko gai direla frogatu arren, beste mekanismoren bat ere badutela pentsatu behar da.

7.4.2. Nabigazio magnetikoa

Lurraren azalean zehar norabide desberdinetan mugitu ahala koantitatiboki aldatzen diren bi parametro izanez gero, sare geofisiko edo gradiente-mapa delakoa eraiki daiteke eta Lurreko edozein puntu gradiente horren bi dimentsioen arabera (edo dimentsio gehiagoren arabera, gradienteak parametro gehiagoren osatuta bada) definitu daiteke. Hau da, gradiente-mapa hori hautemateko gai izanez gero, aski

dugu gauden lekuan gradiente hori osatzen duten parametroak neurtzea non gauden jakiteko.

XIX. mendearen amaieraz geroztik, hegaztiek horrelako gradiente-maparen bat erabiltzeko gai direla proposatu da sarritan. Horrelako hipotesiak plazaratu dituztenen ustetan, Lurraren eremu magnetikoaren intentsitatea eta polaritatea eta eremu horren lerroen inklinazioa hauteman dezakete hegaztiek eta, horrela, beren posizioa ezagutzeko gai dira. Hala ere, hegaztiak Lurraren eremu magnetikoaren lerroen inklinazioa hautemateko gai direla dakigun arren, orain artean ez da frogatu eremu horren intentsitatea edota polaritatea hautemateko gai direnik eta, ondorioz, ezin har daiteke ziurtzat hipotesi hori. Dena dela, hipotesi hori baztertzera behar gaitzakeen argumenturik ere ez da aurkitu eta ezin uka daiteke, beraz, hegaztiek nabigatzeko-mekanismo hori dutenik.

7.4.3. Usain-nabigazioa

1970eko hamarkadatik hona egindako hainbat desplazamendu-esperimentuk erakutsi duenez, ohikoa baino etxe-uso gutxiago itzultzen da askatutako leku arrotzetik usategira usain hartzeko gaitasuna kendu zaienean. Arrazoi horregatik, usoek usaimena erabiliz nabigatzeko gai direlako hipotesia plazaratu zen aipatu hamarkada horretan eta, orduz geroztik, eztabaida amaigabe askoren gai izan da usain-nabigazioaren hipotesi delako hori.

Eztabaidarako arrazoi nagusietako bat esperimentuetan lortutako emaitza kontrajarriak dira. Usaimenik gabeko usoekin egindako desplazamendu-esperimentuetan, usategira heltzea lortzen duten usoak egon dira beti eta, arrazoi horregatik, zalantzan jarri du hainbat autorek usaimenik eza denik usoak usategira ez iristearen arrazoa. Beste autore askok, aldiz, ez dute ukatzen usoek usain-nabigazioa erabil dezaketarik, baina ez dute onartzen hori denik usoen nabigazio-teknika bakarra.

Hala ere, ez dira desplazamendu-esperimentuen emaitzak izan usain-nabigazioak partaide gehiago lortzea eragotzi duen kausa nagusia, nabigazio-teknika horren erreferentzi sistema nolakoa litzatekeen egoki azaltzeko zailtasuna baizik. Usaimena erabiliz nabigatu ahal izateko, hegaztiak hauteman dezakeen "usain-paisaje" edo usain-gradiente moduko bat egon behar du derrigor eta, horretarako, ehundaka kilometrotako distantziara hedatu behar dira hegaztiak ezagun dituen lekuetako usainak. Orain artean, ez da usain-gradiente hori nola sor daitekeen azaltzerik izan eta hori hipotesiaren aurkako arazo handia da.

Beraz, aurreko hipotesi gehienek kasuan bezala, ikerketa gehiago beharko da hipotesi hau onartu edo behingoz baztertu ahal izateko.

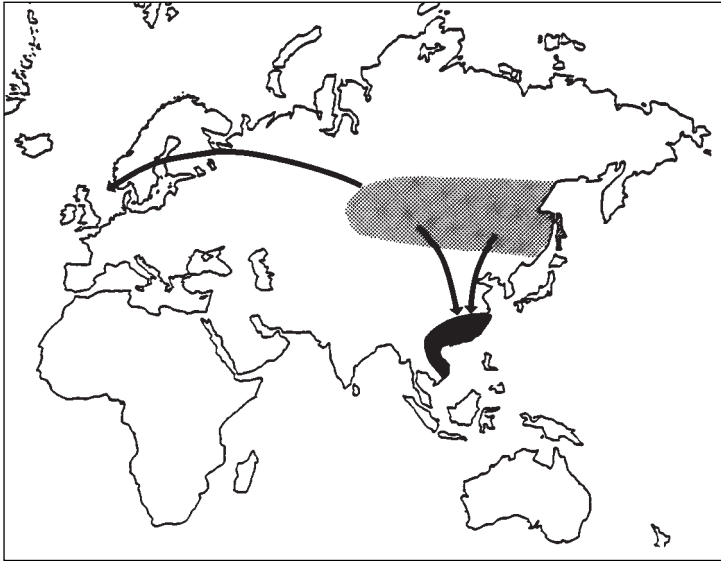
7.4.4. Bektore-nabigazioa

Esperientziarik izan ez arren, bakarka hegan egin eta espeziearen negutze-eskualdea aurki dezakeen hegazti asko dago. Kuku europar gazteek, adibidez, bakarrik egiten dute beren lehen migrazioa eta, hala ere, Afrikako hegoaldean kokatutako espeziearen negutze-eskualdera heltzeko gai dira. Kuku gazteek eta esperientziarik izan ez duten gainerako hegaztiak hori nola egiten duten azaltzeko asmoz, hainbat hipotesi landu da eta bektore-nabigazioaren hipotesia delakoa dirudi, oraingoz, euskarri enpiriko onena duena.

Hipotesi honek dioenez, hegazti migratzaileek migratzerakoan zenbat denboraz zein norabidetan hegan egin behar duten adierazten dieten jaiotzetiko programak dituzte eta aski dute barne-programa hori jarraitzea espeziearen negutze-eskualdera heltzeko. Hau da, migrazioak irauten duen denboran hegaldiak norantz orientatu behar dituen eta zenbat denboraz hegan egin behar duen adierazten duen agindu-sekuentzia du hegazti migratzaile bakoitzak eta agindu horiek jarraituz nahikoa migrazio-bide konplikatuak egin ditzake.

Hipotesi hori onargarria izateko, hegaztiak ingurune-baldintzen eragina nola saihestu edo konpentsatu dezaketen azaldu beharra dago nahitaez. Haize gogorrek, eguraldi txarrak, etab. migrazio-norabide eta erritmoa alda lezakete hegaztia ohartu gabe eta hegaztiaren migrazio-bidaia bere espeziearen negutze-eskualdetik kanpo amaitzea eragin lezakete. Ezin uka daiteke, adibidez, hainbat egunetan zeharkako haizea izan eta gero, hegaztia negutze-eskualderako bidetik asko desbideratu eta migrazioa eskualde horretatik kanpo amaitzeko posibilitatea beti dagoenik. Hala ere, arazo hori ongi aztertu da eta ez dirudi hipotesiarentzako benetako oztopo izan daitekeenik.

Hasteko, eratzun bidezko markaketek aski frogatuta utzi dute lehen aldiz migratzen duten hegazti asko heldu ohi dela negutze-eskualdera eta, beraz, ongi funtzionatzen duen barne-programaren bat badutela pentsatu beharra dago derrigor. Horretaz gain, bakarrik migratzen duten esperientziarik gabeko hegaztiak oso astiro eta oso etapa laburrak eginez migratzen dutela ikusi da sarritan. Txori txikiek 50-100 km-ko etapak egiten dituzte eta negutze-eskualdera heltzeko hainbat hila-bete behar izaten dute, adibidez. Hegazti horietako askok egunero edo ia egunero migratzen dute, baina, hasieran, oso etapa laburrak egiten dituzte eta, gero, eta-



7.6. irudia. Hegaztien orientazio-eta nabigazio-mekanismoek ez dute beti ongi funtzionatzen. Orientazio-edo nabigazio-mekanismoak gaizki funtzionarazi dituzten akats genetiko edo fisiologikoen ondorioz edo ingurune-baldintzek eragindako desorientazioaren ondorioz, hegaztiak galdu egiten dira eta batzuetan, benetako katas-trofeak gertatzen dira. 1985 eta 1988 urteetan, adibidez, 20.000 hegazti baino gehiago hil ziren Baltiko itsasoan galdu eta gero. Itxura denez, eguraldia izan zen hegaztiei ongi orientatzea ekidin ziena, bi istripu horiek gertatu ziren egunetan lainoa oso itxia eta ikuspena oso txikia izan baitziren. Beste batzuetan, bere espezieko hegaztientzat guztiz arrotzak diren lekutan agertzen dira galdutako hegaztiak. Kasurik aipagarrienetakoa, kontrako norabidean migratzen duten *Phylloscopus proregulus* espezieko txioena da (irudian adierazitakoa). Txio horiek Asiako erdialdean eta ekialdean ugaltzen dira eta Asiako hego-ekialdean pasatzen dute negua, baina espezie horretako txio askok kontrako bidea hartu ohi dute eta European azaltzen dira sarritan. Horren zergatia ekialdea eta mendebaldearekin konfundiarazten dien orientazio-sistemaren akats bat dela proposatu izan da. (Iturria: Mead 1983).

pen iraupena luzatuz doaz. Ondorioz, nahikoa distantzia luzeak egiten dituzte egunak pasa ahala, baina oso denbora gutxi pasatzen dute egunero hegana. Era horretan, eguraldi txarraren eragina txikiagoa izaten da hegazti horiengan eta, hortaz, migratzeko modu hori barne-programa eraginkorragoa izateko moldapena dela pentsatu izan da⁵. Gainera, espezie gehienek negutze-eguraldeak oso zabalak direnez, ingurune-baldintzek hegaztia pixka bat desbideratu arren, horrek ez luke zertan migrazioa negutze-eguraldetik kanpo amaitu behar, hau da, kanpo-

⁵ Eguraldi txarreko sasoiak egun batzuk iraun ohi du, baina, normalean, eguraldi ona eta txarra tartekatzen dira. Ondorioz, etapa laburrak eginez migratzen duten hegaztiak eguraldi oneko egun askotan hegana egiteko probabilitate handiak dituzte, noizean behin eguraldi txarra ere aurki dezaketelarik. Oso hegaldi luze gutxitan migratzen duten hegaztiak, berriz, ez luke arazorik izango eguraldi ona egokituz gero, baina kanpo-baldintzen eragin handia izango luke beren bidaiak eguraldi txarreko hainbat egun tokatuko balitzaizkie. Hegaldi laburrak eginez gero, ordea, nahikoa gutxi desbideratzen dira hegaztiak eguraldi txarreko egunetan eta, eguraldia ona den egun asko izan ditzaketenez, bidaiak amaitzerako metatutako desbideratzea txikia izateko aukera gehiago dituzte.

-baldintzek eragindako akats txikiek ez lukete aparteko eraginik migrazioan. Eta posible da, amaitzeko, barne-programa horiek ingurune-baldintzen interferentzia horiek neurri batean edo bestean konpentsatzeko moldatuta egotea (hegaztien barne-programak haize nagusiek eragindako desbideratzea konpentsatzeko moldatuta egon litezke adibidez).

Beraz, laburbilduz, gaur egun ez dago bektore-nabigazioaren hipotesiari kontrajarri dakioken argumenturik eta asko dira, aldiz, lehenengoz migratzen duten hegaztiak horrelako mekanismoren bat erabiltzen dutela aditzera ematen duten ebidentziak. Hala ere, ez da pentsatu behar, hori denik hegazti migratzaileek duten nabigazio-mekanismo bakarra, migratzen esperientzia duten hegaztiak beste nabigazio-metodoren bat edo beste gehiago erabiltzen dutela aditzera ematen duen behakuntza eta esperimentu ugari baitago. 7.1. atalean aipatu dugun A. C. Perdeck ikerlari holandarrak araba-zozoekin egindako esperimentuak, adibidez, araba-zozo heldu esperientziadunek benetako nabigazioa⁶ ahalbidetzen zuten beste teknikaren bat erabili zutela erakutsi digu.

⁶ Nabigazioari buruzko atalean sartu dugun arren, 7.1. atalean esan dugunaren arabera, ezin esan daiteke bektore-nabigazioa benetako nabigazio denik. Perdecken esperimentuak eta antzeko beste hainbat lanek erakutsi dutenez, jaiotzetiko barne-programari jarraiki migratzen duten hegaztiak ez dute beren helburuarekiko posizioa determinatzen migratzen hasi baino lehen eta, beraz, ez dute betetzen benetako nabigazio kontsideratu ahal izateko ezinbesteko baldintza. Hala ere, orientazio soila edo pilotatzea ere ez denez, lehendabizikoz migratzen duten hegaztiak negutze-eskualdera heltzeko erabiltzen duten nabigazio-mota berezia dela esaten da.

HEGAZTI MIGRATZAILEEN KONTSERBAZIO-ARAZOAK

Gizakiak, munduan denez geroztik, aldaketa handiak eragin ditu ingurunean eta espezie desberdin asko desagertarazi du, baina fenomeno horrek ez du beti garrantzi bera izan. Natura eraldatzeko gure gaitasuna eta beharra handituz joan dira garapen teknologikoarekin eta populazio-hazkundearekin batera eta, ondorioz, espezieak desagertzen diren abiadura ere handituz joan da. Horrela, 1600etik 1900era bitartean 75 espezie inguru desagertu ziren (espezie bat lau urtetik behin) eta mende honetan zehar batezbestekoa urteko espezie batekoa izan da, baina, 1960tik aurrera 1.000 espezie ari da desagertzen urtero. Hegazti migratzaileak, noski, ez dira salbuespena izan eta batzuk desagertu egin dira jada, asko desagertzeaz daude eta beste asko gero eta urriagoak dira. Hori dela eta, azken urteetan espezie migratzaileak desagertzearen zergatiak aurkitzen saiatzeko ikerketa-lan ugari egin da eta, garrantzitsuagoa dena, espezie horien desagerketa ekiditeko neurriak hartu dira herrialde askotan.

Azken atal honetan, arazoa zertan den azaltzea helburu duten adibide batzuk ikusiko ditugu lehenik; horrenbeste espezie desagertzen aritzearen kausa nagusiak zein diren eztabaidatuko dugu jarraian eta, amaitzeko, egoerak txarrera ez egiteko hartu beharreko neurriak aztertuko ditugu.

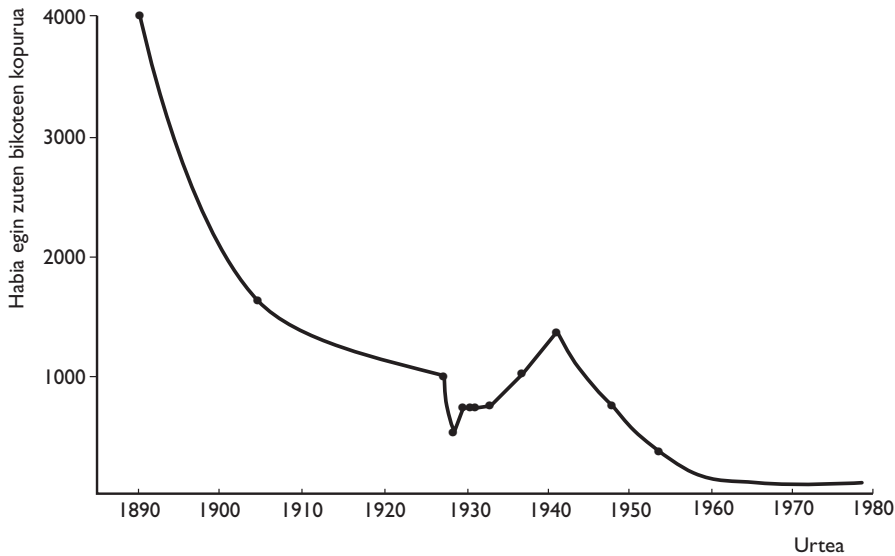
8.1. Gainbeheraren adibide batzuk

Gizaki modernoak 9.000 hegazti-espezie ezagutu ditu, gutxi gorabehera, baina, 1600etik hona, 140 inguru desagertu dira dagoeneko eta gainerako espezieen artean % 11 arrisku larrian dagoela uste da. Aipagarria da, gainera, arriskuan dauden espezieen portzentaia handituz joan dela XX. mendean zehar; 1958an desagertzeko arriskuan zegoen hegaztien portzentaia % 1 baino ez zen, eta 1978rako egoera horretan zeuden espezieen kopurua % 3 zen jada. Esan gabe doa, espezie horien artean asko migratzaileak direla.

Gainbehera doazen espezie migratzaileetako bat zikoina zuria dugu. Espezie ezagun hau nahikoa ugaria zen Europa osoan XIX. mendearen amaiera arte, baina XX. mendearen hasieran, leku askotan desagertzen hasi zen eta, Bigarren Mundu Gerraren ostean, oso nabaria egin zen beherakada. 1950eko hamarkadaren hasieran, Europako mendebaldetik migratzen zuten zikoinak (ikus 3.2 atala eta 3.5. irudia) beren banaketa-esparru guztian desagertzen ari zirela ikusi zen jada eta, hamarkada horretan bertan, kontinenteko ekialdetik migratzen zuten beren espeziekideak ere desagertzen ari zirela hauteman zen. 1974 eta 1984 bitartean, Europako mendebaldeko populazioa % 20 murriztu zen, baina murrizketa hori ez zen uniformea izan; askoz ere handiagoa izan zen populazio horren banaketa-esparruko iparraldean (ia % 40ekoa) eta txikiagoa hegoaldean eta mendebaldean (denbora-tarte horretan, Iberiar Penintsulan zikoina zurien % 17 desagertu zen). Europako ekialdeko populazioa, berriz, % 12 murriztu zen, baina beherakada askoz nabarmenagoa izan zen hegoaldean iparraldean baino. Horren guztiaren ondorioz, antzina 120.000 bikote izan zituen mendebaldeko populazioan, gaur egun 20.000 bikote baino ez da geratzen eta, 1948an egindako zentsu batean Espainian soilik 26.000 zikoina zenbatu baziren ere, gaur egun kopuru horren % 40 baino ez da geratzen. Beraz, ez da harrizkoa antzina zikoina ikustea oso arrunta zen leku askotan, aspaldian zikoinarik ez agertzea.

Hori guztia gutxi balitz, gaur egun, zikoina zuriaren Europako populazioa oraindik ere gainbehera doa (Europako zikoina zurien populazioa urtero % 10 murrizten dela kalkulatu da) eta ez dago datozen urteetan beherakada hori amaituko dela pentsatzeko arrazoi handirik. Agian, Europako leku askotan zikoina zuriak ematekoak eman dituela pentsatzen hasi beharko dugu jada (ikus 8.1. irudia).

Hala ere, ez da zikoina zuria egoera txarrean dagoen Europako hegazti migratzaile bakarra: lertxun gorria, mirotz urdina, kuliska buztanbeltza, txenada gorritza eta zata arrunta, kasurik adierazgarrienak aipatzearen, zikoinarena bezain egoera larrian daude eta badira okerrago daudenak ere, Naumann belatza, ur-



8.1. irudia. Europako leku gehienetan bezala, Danimarkan habia egiten duten zikoinen kopuruak behera egin du mende honetan zehar eta, aurreikuspenik ezkorrenen arabera, espezie hau desagertu egingo da 2000. urterako. (Iturria: Berthold 1993).

-benarriza eta giloia behin betiko desagertzeko arriskuan dauden espezieetat jo baitira jada. Garai bateko ehizatarien artean nahikoa ezaguna izan zen giloia, adibidez, izugarri gutxitu da azken 30 edo 40 urteetan eta, gaur egun, Europan ugaltzen diren hegaztien arteko mehatxatuenetako bat da. Britainia Handiko giloi-populazioak izandako bilakaerak argi aski uzten du zenbateraino oker daitekeen, hamarkada pare batean, espezie baten egoera: 1970ean espezie horretako 2.640 bikote zenbatu ziren Britainia Handian, 1978 eta 1979 bitartean, gehienez 750 bikote zeudela kalkulatu zen, 1988an 550 baino ez zeuden eta, 1993an, 475 ale soilik zenbatu ziren, hau da, 1970ean zenbatutakoaren hamarrena baino gutxiago. Ipar Amerikari dagokionez, han ere antzeko beherakadak hauteman dira azken hamarkadetan (negua Erdialdeko Amerika eta Hego Amerikako oihan tropikaletan pasatzen duten Ipar Amerikako 250 hegazti-espezieetatik 109 gutxienez murriztu egin dira) eta munduko beste hainbat eskualderi buruz, horren datu zehatzik ez dagoen arren, ez dira gutxi kinka larrian dauden espezie migratzaileen adibideak.

Horregatik guztiagatik, hegazti migratzaileen beherakada mundu-mailako fenomeno dela pentsa liteke, baina horrek ez du esan nahi, noski, espezie migratzaile guztiak gainbehera doazenik. Alde batetik, ezin ziurta daiteke beti hautemandako beherakada epe luzeko ziklo natural baten zati ez denik eta, bestetik, askotxo dira aldaketa nabarmenik izan ez duten espezieak edo azken hamarkadetan

ugaritu egin direnak ere (txinbo kaskabeltza, esate baterako, ugaritu egin da 1960eko hamarkadaz geroztik). Hala ere, hainbat espezieren kasuan argi asko dago giza eraginaren ondorioz ari direla desagertzen eta ez da pentsatu behar, gainera, kontrakoa gertatzea, espezie batzuk ugaritzen ari izatea, onuragarri denik. Gizakiak eragindako aldaketak espezie batzuen kalterako izan diren bezalaxe, beste batzuen mesederako izan dira, baina espezie batzuk ugaritzea ere oreka ekologikoaren kalterako izan daiteke eta, onenean ere, ez du biodibertsitate-galera inondik inora konpentsatzen.

8.2. Gainbeheraren kausak

Orokorrean hitz eginda, hegazti migratzaile askoren populazioak murriztearen kausa nagusiak hiru dira: (1) habitat egokiak desagertzen aritzea, (2) ehizaren presioa eta (3) poluzioa, hau da, pestiziden eta hondakin industrial toxikoen eragin zuzen edo ez-zuzena. Azter ditzagun zehatzago banan-banan.

8.2.1. Habitat-galera

Aipatu berri ditugun hiru kausa horien artetik garrantzitsuena habitat-galera da zalantzarik gabe. Eskualde hezeak —hegazti urtarrek ezinbesteko dituzten padura, aintzira eta zingirak— larre eta soro bilakatzeko lehortu egin izan dira betidanik eta, gaur egun, industri eremuak eta konplexu turistikoak eraikitzeke ere lehortzen dira edo petrolioaren eratorriez, metal astunez eta bestelako substantzia toxikoez poluituta daude; baso naturalak ere, tropikoetakoak zein tropikoez kanpokoak, etekin handiago ematen duten espezieen plantazio eta soroez ordezkutzen dira edo erre egiten dira beren lekuan aziendentzako larreak haz daitezen eta, oro har, planetako habitat natural guztiak, salbuespenik gabe, murrizten edo degradatzen ari dira.

Horrek, jakina, eragin handia du hegazti migratzaileen populazioetan. Estatu Batuetan eta Kanadan ugaltzen diren eta negua Erdialdeko Amerikako eta Hego Amerikako oihanetan pasatzen duten hegazti migratzaile askoren populazioek behera egiteak, esate baterako, espezie horien ugal-eskualdeetako zein negutze-eskualdeetako habitatak murrizten ari izatearen ondorio argia dirudi. Izan ere, azken hamarkadetan Ipar Amerikako basoen azalera handitzen ari bada ere, baso horiek ez dira hegazti-dentsitate handiak mantentzeko gai ziren antzinako basoak bezalakoak, askoz hegazti gutxiagorentzako babesba eta mantenua eskaintzen

duten baso sekundarioak baizik. Kaliforniako ibaien ertzetako basoetan, adibide bat jartzearen, hegazti migratzaileen dentsitatea izugarri handia da (400 bikote kilometro karratuko), baina, gaur egun, baso horiek antzina izan zuten azaleraren % 5 baino ez dute eta, ondorioz, ez da harritzekoa mende honen hasieran ibar-basootan *Coccyzus americanus* kuku-espeziearen 17.000 bikote zenbatu baziren ere, gaur egun 75-100 bikote inguru baino ez geratzea.

Erdialdeko Amerikako eta Hego Amerikako oihanak zein abiaduratan desagertzen ari diren ikusita ere (ikus 8.1 Taula eta 8.2 Irudia) ez da harritzekoa Ipar Amerikako beren habitatak nahikoa egoera onean dituzten espezie batzuk beren negutze-eskualdean gertatzen ari diren aldaketen ondorioz urritzen ari izatea. Gainera, Ipar Amerikan nahikoa ugaltze-eskualde zabala duten espezie askok oso negutze-eskualde txikiak dituzte eta, ondorioz, tropikoetako eskualde txiki batean gertatutako aldaketek hegazti-espezieko ale askotan izan dezakete eragina. Horren adibide *Tyrannus forficatus* euli-txoria dugu. Hegazti honek Ipar Amerikan egiten du habia, Texas, Oklahoma eta Kansas estatuetan batez ere, baina espezieko ale gehienek Costa Ricako Guanacaste probintzian pasatzen dute negua, Texas estatuaren azalera baino ez duen eskualde batean eta, zoritarrez, Guanacasteko sabana, euli-txori horrek neguan pasatzeko aukeratu ohi duen habitata, ureztatutako larre bilakatzen ari da. Erraz uler liteke, beraz, Texas, Oklahoma, Kansas eta horiekin muga egiten duten beste zenbait estatutako *T. forficatus* euli-txoriaren habitatetan galera nabarmenik gertatu ez arren, espezie hori gero eta urriagoa izatea.

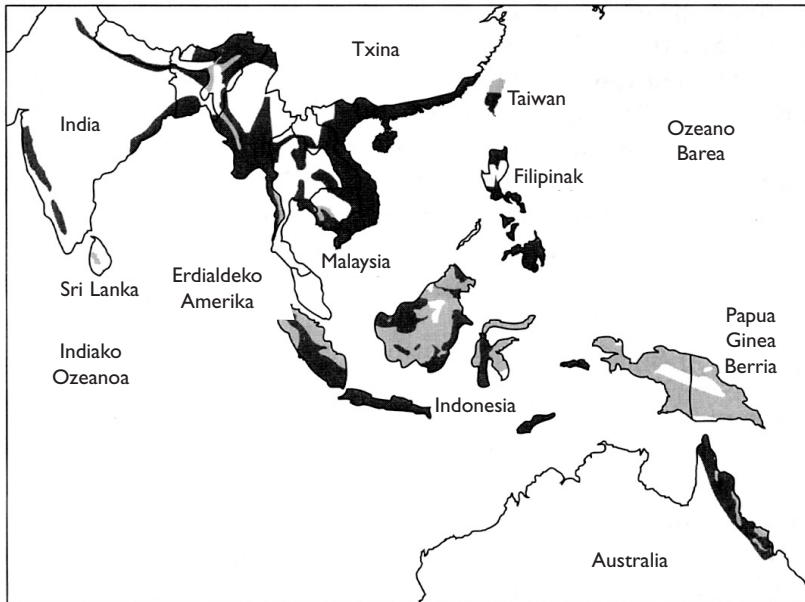
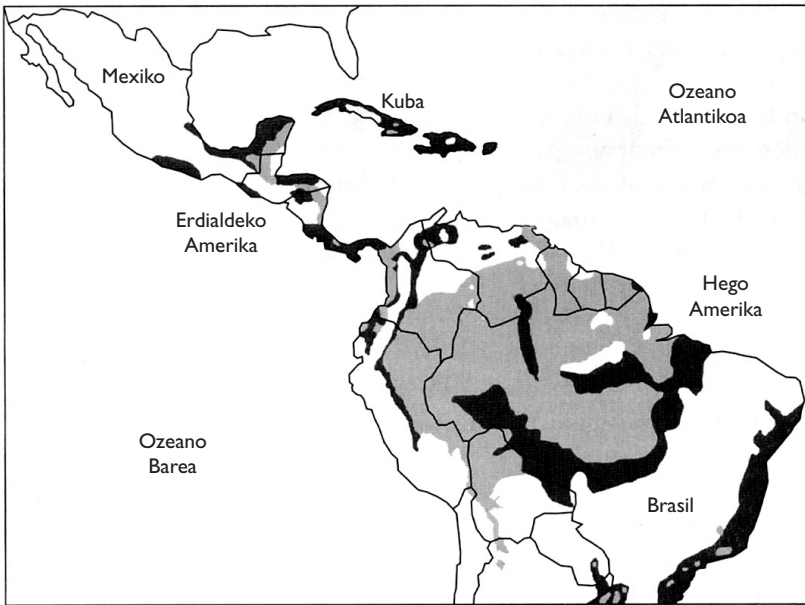
Europatik Afrikara migratzen duten hegaztietan ere eragin handia izan du habitat naturalak desagertuz joan izanak. Europari dagokionean, horri buruzko zalan-tzarik ez dago: alde batetik, begien bistakoa da kontinente guztian zehar habitat naturalak izandako murrizketa (gaur egun, antzina kontinentea estali zuten basoen herena baino ez da geratzen eta eskualde hezeak, aintzirak, zingirak, padurak, etab. ere izugarri murriztu dira) eta, bestetik, ongi aski dakigu azken hamarkadetan beherakada nabariak izan dituzten espezie asko desagertuz joandako habitatetan ugaltzen direla. Aurreko atalean aipatu dugun kuliska buztanbeltzak, adibidez, larre hezeetan egiten du habia, baina, nekazaritzarako lur gehiago lortzearen, larre horietako asko eta asko drenatu egin dira eta, ondorioz, kuliska buztanbeltzak eta horrelako larreetan ugaltzen edo elikatzen diren beste hegazti asko (bernagorri arruntak, hegaberak, zikoina zuri zein beltzak, etab.) antzina baino urriago dira gaur egun.

Hala ere, ez da pentsatu behar Europa eta Afrika bitarteko bidaia egiten duten hegaztiekin ugaltze-eskualdeko habitatak desagertzeagatik soilik urriagotzen ari dire-

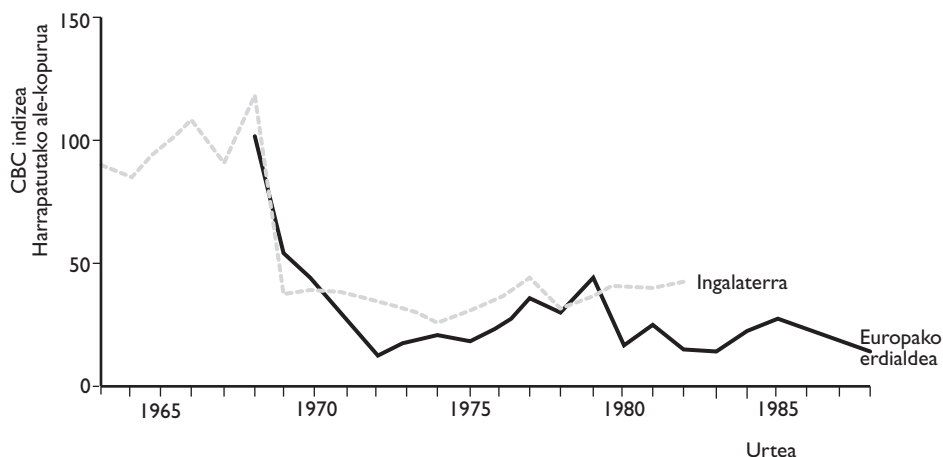
<i>Estatua</i>	<i>Basoz estalitako azalera (%-tan)</i>	<i>Urteroko deforestazio-tasa (%)</i>
Antilla Txikiak	–	–
Argentina	23	–
Belize	87	0,6
Bolivia	73	0,2
Brasil	80	0,5
Costa Rica	45	3,6
Dominikar Errepublika	20	0,6
Ekvador	60	2,3
El Salvador	12	3,2
Guyana Frantsesa	89	–
Guatemala	49	2,0
Guyana	87	0,0
Haiti	5	3,7
Honduras	63	2,3
Kolonbia	32	1,7
Kuba	14	0,1
Mexiko	33	1,3
Nikaragua	43	2,7
Panama	54	0,9
Paraguai	72	1,1
Peru	62	0,4
Puerto Rico	17	–
Surinam	89	0,0
Trinidad eta Tobago	46	0,4
Txile	23	0,7
Uruguai	43	–
Venezuela	39	0,7

8.1. Taula. Hego Amerikako eta Erdialdeko Amerikako estatuetan basoek estaltzen duten azalera eta basoak desagertzen ari diren abiadura. Hainbat ikerlarik eta erakundek argitaratutako kalkuluen arabera, Hego Amerika eta Erdialdeko Amerikako basoen % 1 eta % 2 bitartean desagertzen da urtero eta presiorik handiena jasotzen ari den baso-mota lautadetakoa oihan hezea da, baina, oro har, era guztietako basoak ari dira desagertzen (Iturria: Rappole 1995).

nik. Afrikan ere, gero eta handiagoa da giza presioa eta gero eta aguroago suntsitzen ari dira habitat naturalak. Azken finean, ez dugu ahaztu behar, habitat naturalak galtzen diren abiadura giza populazioak hazten diren abiadurarekin lotuta dagoela. Gizakiak janaria, arropak eta etxebizitzak behar ditu, bizimodu duina izan nahi badu behintzat, eta horiek lortzeko ezinbestekoa da ingurunean nola-baiteko inpaktua eragitea. Afrikako giza populazioa abiadura bizian ari da hazten eta negua kontinente hartan pasatzen duten hegaztiak hazkunde horrek habitat naturaletan izango duen eragina pairatzen hasiak dira jada. 8.3. irudikoa Afrikan gertatzen ari dena Europako espezie migratzaileetan duen eraginaren adibide bat baino ez da.



8.2. Irudia. Irudiek deforestazio-tasen portzentaiek baino hobeto erakusten dute oihan tropikal hezeen gain-behera. Gris argiz margotutako eremuek oihan tropikalek 1980an zuten azalera adierazten dute eta gris ilunekoek, 1940az geroztik suntsitu edo larri degradatu diren basoak adierazten dituzte. Guztira, planetako euri-oihan tropikalen erdia inguru desagertu da azken 50 urteetan (Iturria: Gill 1990).



8.3. Irudia. Sasi-txinboaren Ingalaterrako eta Europako erdialdeko populazioek 1964tik 1988ra bitartean izandako bilakaera. 1968 eta 1969 bitarteko neguaren ondoren, sekulako beherakadak hauteman ziren Europatik Afrikara migratzen duten hainbat txoriren populazioetan. Irudian ikus daitekeenez, sasi-txinboaren Europako erdialdeko eta mendealdeko populazioa, esate baterako, ia % 75 jaitsi zen eta, orduz geroztik, espezie horren populazioak gorabeherak izan ditu, baina ez da inoiz 1968a baino lehenagoko mailara heldu. Beherakada hauteman eta gero egin ziren ikerketek segituan aurkitu zuten beherakada horren eta Afrikako Sahel eskualdean (sasi-txinboaren negutze-eskualdean) 1960eko hamarkadaren amaieran gertatutako sikatearen arteko lotura, baina ez da beherakadaren kausa bakarra euririk eza izan zela pentsatu behar. Sikatea baino lehenagoko hiru hamarkadak nahikoa hezeak izan ziren eta, baldintza egokiek lagunduta, Saheleko giza populazioa eta haren euskarri zen azienda-populazioa eskualde hartako ekosistemek jasan zezaketena baino gehiago hazi ziren. Gehiegizko ustiapenaren ondorioz, baso eta sastrakadiak basamortu bilakatu ziren eta hegazti migratzaileek beren ohiko habitat ziren baso eta sastrakadi haiek utzi eta hegoalderago joan behar izan zuten negua pasatzera. Hortaz, sikateak beren ohiko habitatetatik kanpo harrapatu zituen sasi-txinboak eta horregatik izan zen horren handia euririk ezaren eragina (Iturria: Berthold 1993).

8.2.2. Ehiza

Espezie migratzaile askoren populazioek behera egitearen kausa garrantzitsuena beren habitatak desagertzea bada ere, beste faktore batzuek ere eragin handia dute eta faktore horien artean garrantzitsuenetako bat ehiza dugu seguraski. Gaur egun, mundu garatuko herrialde askotan hegaztien ehizak nahikoa garrantzi txikia duen arren, beste zenbait herrialdetan, gurean adibidez, tradizio handiko iharduera da oraindik ere eta, gainera, egoera ekonomikoa txarra den herrialde askotan, ehiza biziraupen-ekonomiaren oinarrietako bat da. Ondorioz, urtero hainbat eta hainbat milioi hegazti hiltzen edo harrapatzen da eta, sarritan, inolako kontrolik gabe, hau da, harrapatzen den espeziearen egoerari edo kopuruari jaramonik egin gabe.

Europari dagokionez, hegazti migratzaileak Mediterraneo inguratzen duten herrialdeetan ehizatzen dira batez ere eta gehienak udazkenean, pase garaian.

Aldiz, Mediterraneoko itsasertz afrikarrean (Marokon, Tunisian eta Algerian, nagusiki) ehizarik gehiena udaberrian egiten da, baina neguan ere hegazti asko harrapatzen da. 1991n egindako kalkuluen arabera, Mediterraneoa inguratzen duten herrialdeetan 1.000 milioi hegazti hil ohi da urtero gutxienez. Estimazio baikorrenek diotenez, Italian soilik 175 milioi hegazti harrapatzen da eta, datu zehatzak ugari ez diren arren, Iberiar penintsulan, Euskal Herrian eta Andaluzian ehizak duen garrantziagatik batez ere, kopuru hori erraz gainditu ohi dela dirudi. Malta, Zipren, Grezian, Egipton eta Libanon ere hegazti migratzaile asko harrapatzen da, baina herrialde hauetan, Europako herrialde gehienetan ez bezala, debekatutako metodoak erabiltzen dira sarri eta nazioarteko hitzarmenen arabera babestuta dagoen espezie asko hiltzen da. Zipren soilik hainbat espezieko bi milioi hegazti baino gehiago harrapatzen da urtero eta Malta hiru milioi inguru¹, gehienak txori txikiak.

Afrikako beste eskualde batzuetan ere ehizak garrantzi handia du eta zenbait lekutan babestutako espezieak harrapatzen dira: Egipton, galeper eta ahatez gain zangaluzeak harrapatzen dira, Boli Kosta txenadak, Liberial, beste espezie askoren artean, zapelatz liztorjaleak ehizatzen dira, Nigerian zikoina zuriak eta arrano arrantzaleak, Sudanen, besteak beste, kurriko arruntak eta zikoina zuriak, Malawin eta Zambian era askotako espezie desberdinak eta Senegalen hegazti itsastarrak dira harrapakin nagusiak. Ulertzekoa denez, urtero harrapatzen diren kopuruei buruzko datuak eskasak dira, baina Afrika guztian, 300 milioi izan litezke urtero hiltzen diren hegazti migratzaileak eta, edozein kasutan, Eurasiatik Afrikara migrazioen duten hegaztien nahikoa portzentaia handia dela dirudi.

Hala ere, gaur egun ditugun datuekin ezin ziurta daiteke ehizak zenbaterainoko eragina duen eta are gutxiago espezie migratzaile askoren populazioetan haute-mandako beherakadaren kausa, edo kausetako bat behintzat, ehiza denik. Zenbait ikerlariren ustez, ehizak eragindako galerak nahikoa erraz konpentsatu ohi dira mekanismo naturalen bidez eta, beraz, salbuespenak salbuespen eta ehiza egoki kudeatuz gero, ez omen dago kezkatzeko arrazoi berezirik. Ikerlarion ustez, udaberri inguruneak mantentzeko baina txita gehiago jaiotzen dira eta dentsitatearen arabera zenbait prozesu eragindako hilkortasunak bere onera ekartzen ditu kopuru horiek. Dentsitatearen arabera prozesu horien eragina txikiagoa izango litzateke udazken eta neguan ehiztariak hegazti asko hilko balituzte eta, horrela, ehizaren eragina konpentsatuta geratuko litzateke nolabait.

¹ Aipatutako 1.000 milioien ondoan kopuru horiek oso txikiak badirudite ere, ez dugu ahaztu behar Malta zein Zipre oso herrialde txikiak direla. Maltak 316 km² eta 370.000 biztanle inguru baino ez ditu eta Ziprek 9.251 km² eta 806.000 biztanle inguru besterik ez; Euskal Herriak 20.864 km² ditu ia hiru milioi biztanle bizi da bertan. Gainera, harrapatutako hegaztien kopurua goian adierazitakoa baino askoz handiagoa delakoaren susmoa dago, bertako ehiztariak eragozpen handiak jartzen baitituzte horrelako ikerketak egin nahi direnean.

Beste zenbait autoreren ustez, hegazti-populazioak gainbehera doazen bitartean ez dago ehizak hegazti-espezie askoren gainbeheran eraginik ez duela esaterik eta, are gutxiago, aipatu berri duguna bezalako teorien aldeko datu sendorik ez dagoen bitartean. Ikusi dugunez, oso handiak dira urtero ohiko pasalekuetan harrapatzen diren hegaztien kopuruak eta zentzuzkoa da, beraz, ehizaren eragina habitat-galeraren, poluzioaren eta beste faktore batzuen eraginari batzen zaiola pentsatzea. Gainera, hori gutxi balitz, gehiegizko ehizak desagertarazitako hegazti-espezie baten baino gehiagoren adibideak ditugu. Ipar Amerikan, adibidez, XIX. mendearen erdialdean, merkatuak hegazti-haragiz hornitzen zituzten ehiztari profesionalak zeuden. Ehiztari horiek, untxi berezietan jarritako kanoiei esker harrapatu ohi zituzten ahateak, baina gehiegizko ehizaren ondorioz, horiek urritzen hasi zirenean eta ehiza-mota horrek errentagarritasuna galdu zuenean, uso migratzaileak harrapatzeari ekin zioten. Sasoi hartan Ipar Amerikako uso migratzailea, izugarri ugaria zen (2.000 milioi aleko populazioa estimatu da) eta, migrazio-garaian, oso erraza zen bere ehiza, izugarri talde handiak osatzen baitzituen Estatu Batuetako hegoalderako eta Mexikorako bidaian. Hala ere, hain izan zen handia uso migratzailearen gainean egindako ehiza-presioa, urte gutxi batzuetan guztiz desagertu egin zela. Azken uso migratzaile basatia 1900ean harrapatu zen eta ale guztien arteko azkena 1914an hil zen gatibu.

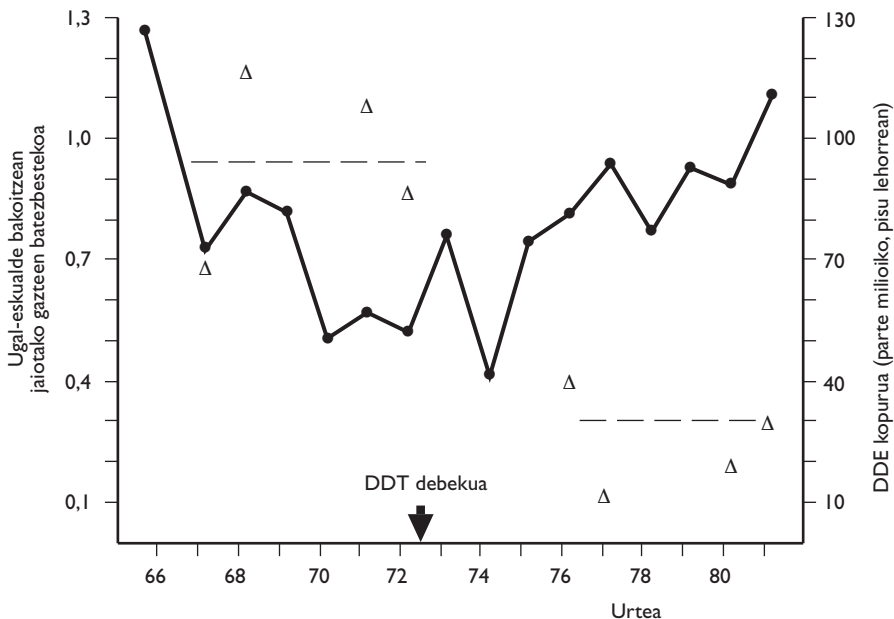
Beraz, uso migratzailearena eta antzeko beste hainbat adibide dugunean, ezin defenda daiteke, inolaz ere, ehizak, batzuetan gutxienez, eraginik ez duenik. Gainera, edozein kasutan, oso argi dago ehizak sekulako ondorio kaltegarriak izan ditzakeela oso egoera larrian dauden espezieetan. Askotxo dira, gaur egun, ehundaka edo milaka ale batzuk baino ez dituzten espezieak eta, horientzat, urtero ale gutxi batzuk hiltzea ere etorkizuneko biziraupenari ateak ixtea litzateke, populazioa txikitu ahala asko txikitzen baitira edozein ingurune-aldaketa edo katastroferi arrakastaz aurre egiteko probabilitateak.

8.2.3. Poluzioa

Teknologia aurreratuak erabilita ere oso zaila da hilda aurkitutako hegaztiak substantzia toxikoren batek pozoituta hil direla frogatzea eta, ondorioz, are zailagoa espezie edo populazio jakin baten beherakadan substantzia toxikoen eragina kontuan hartzekoa dela frogatzea, baina, hala ere, uste horren aldeko frogak ez-zuzen asko bildu da dagoeneko. Asko dira, espezie baten beherakada bere banaketa-esparruan pestizidak barra-barra erabiltzen hastearekin lotuta dagoela aditzera ematen duten estatistikak eta, substantziok hegaztietan eragin toxikoa izan dezaketela ziur dakigunez, zenbait espeziei dagokionean behin-

tzat, pestiziden erabilera beherakadaren kausetako bat izan dela ondorioztatu dezakegu.

Pestiziden eragina dosiaren arabera da. Dosi handitan hartuz gero, substantziok hegaztiaren heriotza eragin dezakete, baina horrelako kasuak gertatu gertatzen diren arren (hegazkinak erabiliz soro eta basoetara substantzia horietako baten dosi handiak botatzen direnean, esate baterako), ez da hori hegaztien artean kalterik gehien egiten duen pozoiketa-mota; askoz arruntagoa izan ohi da kalteak hilgarriak ez diren dosi txiki asko metatzearen ondorioz gertatzea. Pestizida batzuk, DDT ezaguna eta beste konposatu organokloratu batzuk, adibidez, bizidunen ehunetan metatzen dira eta ondorio desberdinak izan ditzakeen pozoiketa kronikoa eragiten dute. Hegaztien kasuan, pestizida organokloratuen bidezko pozoiketa kronikoak arrautza-azalak behar dena baino meheagoak izatea eragiten du eta horrek ugaltza-arrakasta murriztu egiten du, horrelako arrautzak txitek guztiz garatzeko astia izan baino lehenago puskatzen baitira. Pestiziden eragin kroniko hori gehien nabaritu duten espezieak harrapari urtar zein lehorrak izan dira, substantzia horiek katea trofikoaren goialdetan dauden izakietan metatzen baitira gehien. Literatura espezializatuan erraz aurki daitezke DDTak espezie askotako belatz, arrano, mirotz eta abarretan izandako eraginaren adibideak (Ikus 8.4. Irudia).



8.4. Irudia. Arrano buruzurien ugalketak (lerro jarraiak) gora egin du, DDT pestizida debekatu ondoren eta, aldi berean, jaitsi egin da arrautzetako DDEaren, DDTaren hondakinen, kontzentrazioa (triangeluek adierazita). Lerro etenek debekua baino lehenagoko eta debekuaren ondorengo DDEaren batez besteko kontzentrazioa adierazten dute (Iturria: Gill 1990).

Horretaz gain, ez dugu ahaztu behar, pestiziden bidez kontrolatu nahi izaten diren "izurriteak" hegazti intsektiboro askoren janari-iturri direla eta, beraz, pestiziden eragina janaria aurkitzea zailtzea ere izan litekeela. Naumann belatzak, mirotz urdinak eta zikoina zuriak, nabarmen hauteman dute pestiziden erabilera orokortu izanaren eragina eta hirurek otiak jaten dituzte beren negutze-eskualdeetan. Ondorioz, toxikapen kroniko edo akutuaren eragina ezin bazter daitekeen arren (Europar gainbehera egin duten, baina Afrikara migratzen ez duten beste zenbait hegazti harrapariren arrautzetan DDE deritzon DDTaren hondakina aurkitu da eta argi dago, beraz, espezie horiei dagokionean behintzat, DDT bidezko toxikapen kronikoa izan dela beheakadaren kausa), negutze-eskualdean edo migrazioan zehar behar adina janari aurkitzeko ezintasunak ere eraginen bat izan bide duela pentsa liteke.

Gainera, gaur egun pestiziden erabilera hazten ari da garapen bidean dauden herrialdeetan eta substantzia horiek hegazti migratzaileetan izango duten eragina gero eta handiagoa izango dela pentsa liteke. Egipton, Kenyan, Namibian, Sudanen, Zimbabwen eta Nigerian pestiziden erabilerak eragin handia izan delakoaren frogak ez-zuzen asko bildu da dagoeneko eta Erdialdeko Amerikara migratzen duten hegazti iparramerikarrek negutze-eskualdeetan pestizida organokloratuak metatzen dituztenaren frogak ere badaude. Are gehiago, herrialde hauetako askotan, arriskutsuegi izateagatik aspaldi debekatu ziren substantziak erabiltzen dira sarri. DDTa, adibidez, debekatu egin zen 1972an minbizia sortzen zuela uste zelako, baina gaur egun, asko erabiltzen da oraindik eta, ondorioz, duela hamar-kada batzuk DDTak herrialde garatuetan izan zituen eragin kaltegarriak beste herrialde batzuetan hautemango dira orain.

Azkenik, ez dugu ahaztu behar pestizidak ez diren produktu toxikoak ere badaudela eta hauek ere nolabaiteko eragina dutela hegaztietan. Azken urteotan, kadmioak, berunak, merkurioak, fungizida eta herbizida askok eta industria kimikoak sortutako beste hainbat substantziak, hegaztietan eta gainerako ornodunetan zein eragin duten aztertu da eta produktuok, besteak beste, disfuntzio hormonalak sortu, sistema inmunitarioa deprimitu, metabolismoa eta portaera aldatu eta ugaltze-arrakasta murrizten dutela ikusi da, baina gutxi dira, oraindik, substantziok hegazti-populazioetan egindako kalteak estimatzea ahalbidetzen duten datuak. Nolanahi ere, pestizidekin gertatzen ari den bezalaxe, herrialde garatuetan produktu toxiko hauen eragina txikituz joango dela espero daitekeen arren, garapen bidean dauden herrialdeetan hauen eragina handituz joango dela espero behar da eta hein handian aldaketa horiek erlazionatuta daudela pentsa daiteke gainera, ez baitugu ahaztu behar herrialde garatuenetako lege gogorretatik ihesi enpresa askok garapen-bidean dauden herrialdeetan eraiki dituztela lantokirik poluitzaileenak.

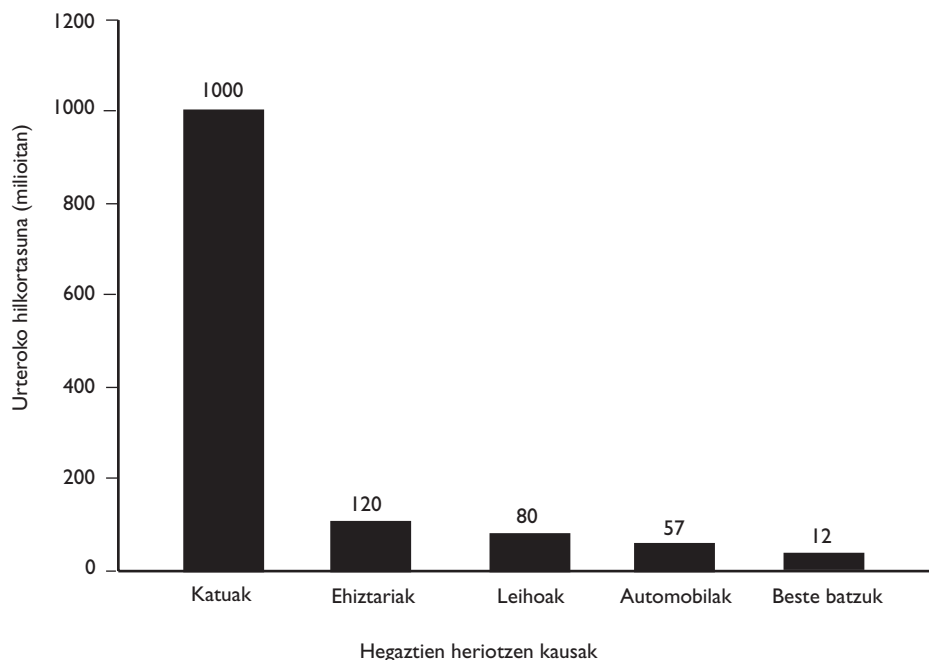
8.2.4. Beste kausa batzuk

Aurreko ataletan azaldu ditugun kausez gain, gizakiarekin zerikusia duten eta urtean zehar milioika hegazti desagertarazten duten beste kausa asko daude. Hauek ez dute, seguruena, habitat-galeraren, ehizaren eta poluzioaren mundu-mailako garrantzia, baina, zenbait herrialdetan eta zenbait espezieen kasuan, kontuan izateko faktoreak dira zalantzarik gabe, kalte txikiak kalte handiei batzen baitzaizkie azkenean.

Giza iharduerekin erlazionatuta dauden kausa horien artean automobilen kontra edo eraikuntza eta posteen kontra talka egitea eta zenbait animalia etxekoturen ehiza ditugu. Estatu Batuetan soilik, 270 milioi hegazti inguru hiltzen da urtero giza ihardueren ondorioz, Estatu Batu kontinentalean bizi diren hegazti guztien % 2 gutxi gorabehera. Horien erdia inguru ehizaren eta pestiziden ondorioz hiltzen da; 57 milioi, gutxienez, automobilek harrapatuta; milioi bat inguru telebista-antenekin, posteekin, itsasargiekin, etab. talka egiteak sortutako zaurien ondorioz; eta 80 milioi inguru beiraz estalitako eraikuntzekin talka egitearen ondorioz (arazo hau nahikoa sistematikoki ikertu da eta datu esanguratsuak lortu dira: urtebetean New Yorkeko eraikuntza bakar batean 47 hegazti hil ziren talken ondorioz eta Illinoiseko beste eraikuntza batean 61 heriotz zenbatu ziren, baina kopuruak handiagoak izan daitezke, katuek eta beste animalia batzuek eraman egiten baitituzte hilotzak). Hori guztia gutxi balitz, 270 milioi horiei katuek harrapatutako txoriak gehitu behar zaizkie. Katu etxekotuak hegazti-populazioen beherakadaren kausetako bat izan daitezkeela esatea barregarria irudi daitekeen arren, estimazioen arabera, etxabere hauek lau milioi txori hiltzen dute egunero eta 1.000 milioi inguru urtero, arestian aipatutako kausa guztiek baino gehiago (gainera, kopuru horretan ez dira sartzen basati bilakatu diren katu etxekotuek hildakoak). Horretaz gain, turismoak, jende ugari erakartzen duten guneeetan biltzen denak batez ere, eragin handi samarra duela proposatu da, baina zaila da oso eragin hori koantifikatzea eta, oraingoz, ezin zehatz daiteke giza iharduera honen garrantzia zenbaterainokoa den.

Nolanahi ere, normalean espezie migratzaileen beherakadaren atzean kausa bat baino gehiago egon ohi da. Faktore batzuek ugal-arrakasta murrizten dute, beste batzuek gazteen zein helduen hilkortasuna normala handiagoa izatea eragiten dute eta batzuen zein besteen eraginez, espeziearen populazioak txikiagotuz joaten dira, batzuetan nabarmen eta beste batzuetan espeziea guztiz desagertzera.

Faktore desberdinen arteko elkarrekintzaren adibiderik garbiena zikoina zuria dugu berriro ere, europarra eta ikusterraza izanik sakon aztertu baita espezie



8.5. Irudia. Hegazti-populazioen gainbeheran eragina izan dezakeen beste zenbait kausa eta horien erruz Estatu Batuetan hildako hegaztien kopuruak.

horren beherakada. Zikoinen ugaltasun-eremuan, Europan, beherakadaren kausarik garrantzitsuenak habitat-galera izan dela dirudi, batez ere, eskualde hezeak nekazaritza lur moduan erabili ahal izateko lehorte izana. Horrek zikoina zurien janari-iturri nagusia (lur-zizareak, anfibioak, saguak, intsektu handiak...) murriztu du eta izugarri txikitu du beren ugaltasuna. Horri zikoinen negua igarotzen duten lekuetan eta bidaietan zehar atsedenerako eta elikatzeke erabiltzen dituzten lekuetan ere fenomeno bera gertatu izana gehitu behar zaio eta baita beste kausa batzuen eragina ere. Afrikako zenbait lekutan eta Ekialde Hurbilean Libanon, Sirian, Niger ibaiaren deltan eta Sudanen, besteak beste, zikoina asko ehizatzen da migrazio-garaian; Afrikako ekialdetik doan migrazio-bidean soilik, bertatik pasatzen diren zikoinen % 3 edo % 4 ehizatzen dela kalkulatu da eta horri Afrikako gainerako beste leku askotan ehizatzen dena gehitu beharko litzaioke. Sikateen eta oti-izurriteen kontrako kanpainen eragina ere kontuan izatekoa da; Afrikan dauden bitartean, zikoina askoren dietaren osagai nagusia otiak direnez, sikateek, alde batetik, eta intsektu horien kontrako kanpainen, bestetik, zikoina asko hiltzen dute gosez neguan edo migrazio-bidaietan zehar. Gainera, Afrikan, Asian zein Europan erabili ohi diren pestizidak ere eragin zuzena dutela uste da eta, eragin hori koantifikatzea zaila bada ere, Europan behintzat faktore

hori nahikoa garrantzitsua izan da seguraski. Azkenik, kontuan eduki behar da, zikoina zuri asko, esperientziarik gabeko gazteak batez ere, elektrokutatuta hiltzen direla kable elektrikoekin talka egin ostean.

Beraz, laburbilduz, asko dira eskuarki ugal-eskualdean, negutze-eskualdean eta bien arteko bidean espezie migratzaileen populazioetan eragin kaltegarria duten faktoreak eta, beraz, asko dira gainbehera hori geratzeko gaintitu beharko diren oztopoak ere. Jarraian, oztopo horiek gaintitzeko hartu eta proposatu diren neurriak aztertuko ditugu.

8.3. Kontserbazio-neurriak

Animalia migratzaileen kontserbazioak gainerako bizidunen kontserbazioak ez duen dimentsio bat badu: animalia hauek habitat desberdinak ustiatzen dituzte urtean zehar eta habitat horiek, estatu desberdinetan daude sarritan. Hori dela eta, espezie migratzaile horietako bat kontserbatzea helburu duen edozein estrategiak estatu bakoitzak kontserbazioari buruzko sentsibilitate desberdina izatearen arazoa gaintitu behar du ohiko oztopoez gain. Ezer gutxirako balio lezake espezie batek ugal-eskualdean nahi adina babes izatea, benetako arazoa negutze-eskualdean edo migrazio-bideko guneren batean baldin badago. Zientzialariak aspaldi jabetu ziren horretaz eta, aspalditxo proposatu zuten espezie migratzaileen biziraupena bermatzeko nahitaezkoa dela habitat babestuen mundu-mailako sare bat sortzea, baina, hori gauzatzea ez da egun batetik besterako lana.

Hegazti migratzaileei dagokionean, hauen kontserbaziorako lehen urrats garrantzitsuak mende honen hasiera aldera eman ziren (1902an “Nekazaritzarako Mesedegarri diren Txorien Babeserako Hitzarmena” edo “Pariseko Hitzarmena” sinatu zen eta 1922an Hegaztien Babeserako Nazioarteko Elkartea, ICBP delakoa, sortu zen), baina hegazti migratzaileei mundu-mailako babesa bermatzeko esfortzuak 1970eko hamarkadan hasi ziren etekina ematen. Horrela, 1971n, “Ramsarreko Hitzarmena” deritzona sinatu zen Iraneko Ramsar hirian. Hitzarmen honek mundu-mailako garrantzia duten eskualde hezeen babesa ziurtatzea du helburu eta, gaur egun, 40 inguru dira berori sinatu duten estatuak eta 350 gune inguru (20 milioi hektarea gutxi gorabehera) hitzarmen horren arabera babestutako guneak. Euskal Herrian bost dira horrelako guneak, Pitillaseko aintzira eta Bianako Las Cañas aintzira Nafarroan, Arreoko aintzira eta Biasteriko Carravalsera eta Carralogoño aintzirak Araban, eta Urdaibaiko estuarioa Bizkaian.

Urte batzuk geroago, 1979an, “Animalia Basatien Espezie Migratzaileen Kontserbazioari buruzko Hitzarmena” edo “Bonneko Hitzarmena” sinatu zen espezie migratzaileak babesteko neurriak bultzatu eta ikerketa zientifikoa sustatzeko asmoz eta, 1980an MAB (Gizakia eta Biosfera) programa jarri zuen martxan UNESCOk. Programa honen helburua mundu-mailako “Biosfera-erreserben” sare bat eratzea da eta, gaur egundaino, hiru hiru biosfera-erreserba sortu dira berrogeita hamar herrialde desberdinetan (Urdaibaiko Parke Naturala horietako bat da). Gainera, biosfera-erreserben sare hori animalien migrazioak ikertzea ahalbidetzen duen nazioarteko programa batean sartuta dago.

Europa-mailan, berriz, 1979an Europako Elkartek “Hegaztien Kontserbazioari buruzko Artezaraia” onartu zuen. Honek Europako Elkarteko estatu guztietan du indarra eta hegazti-espezie guztiak eta beren habitatak babesteko neurriak hartzera behartzen ditu. Artezaraia horrek bultzatuta, 1994 bitartean 1.114 HBBE (Hegaztientzako Babes Bereziko Eremu) izendatu dira Europako Elkarteko osoan eta, guztira, 67.357 km² babestu dira. Euskal Herrian 14 HBBE ditugu eta 699 km² babestu dira guztira.

Azkenik, 1982an, “Europako Basabizitzari eta Ingurune Naturalaren Kontserbazioari buruzko Hitzarmena” edo “Bernako Hitzarmena” jarri zen indarrean, landaredi eta fauna basatien eta horien habitat naturalen babesa bermatzeko eta estatuen arteko lankidetzak sustatzeko. Hitzarmen honek ere arreta berezia eskaini zien desagertzeko arriskuan zeuden espezieei eta bereziki sentikorrak ziren espezieei, espezie migratzaileak barne. Gaur egundaino, Europako Elkarteko estatu guztiek eta elkarteaz kanpoko beste hamabost estatuk sinatu dute Bernako Hitzarmena.

Askok dira, beraz, hegazti migratzaileen biziraupena ziurtatzeko asmoz sinatu diren hitzarmenak (aipatu berri ditugunak Europa-mailan garrantzi handiena dutenak baino ez dira) eta hainbat espezie eta gune natural babestu da hitzarmen horien eta estatu bakoitzeko legeen itzalean, baina neurri horiek ez dute gainbehera gelditzerik lortu, oso mugatua baita hitzarmen horiek bultzatutako kontserbazio-programek espezie migratzaileei eskaini diezaiekeen laguntza. Oraindik ere gutxi dira hitzarmen nagusiak sinatu dituzten Estatuak; hitzarmenak sinatu dituztenen artean, ordea, asko dira hartutako erabakiak guztiz betetzen ez dituztenak eta gune babestu izendatutako leku askoren degradazio-prozesuak aurrera jarraitu du. Hortaz, argi dago orain artean hartutako neurriak ez direla aski izan eta, oraindik, lan handia dagoela egitear.

Adituen ustez, hegazti migratzaileak kontserbatzeko hiru arlo nagusitan lan egin beharko litzateke. Alde batetik, politika egokiak bultzatu beharko lirateke. Estatuak

bertako floraren eta faunaren biziraupena bermatzeko neurriak hartu beharko lituzkete eta, horretaz gain, nazioarteko elkarlaguntza garatzeko hitzarmen eta proiektuak sustatu. Bestetik, ikerketa bultzatu beharko litzateke, garapen-bidean dauden herrialdeetako habitaten egoerari eta herrialde horietara migratzen duten espezieen negutze-eskualdeetako ekologiari buruzkoa batez ere; eta azkenik, habitatak eta espezieak egoki kudeatzeko neurriak hartu beharko lirateke (espezie migratzaileentzat kritikoak diren habitaten iraupena bermatu, habitat degradatuak lehengoratu, desagertutako populazioak berreskuratu, oso ale gutxiz osatutako espezieak gatibu daudela ugaltu, etab.).

Hegazti-espezie migratzaile askoren etorkizuna, neurri horiek hartzearen edo ez hartzearen menpe dago, baina itxura denez, ez dugu oso itxaropentsu egoteko arrazoirik. Biodibertsitatearen kontserbazioari buruzko azken ikerketen arabera, datorren mendean munduko animala eta landare-espezieen % 50 eta % 90 bitartean desagertuko da gizakiaren eraginez. Hemendik aurrera hartutako kontserbazio-neurriak egokiak badira, desagertutako espezieen portzentaia % 50etik gertu egongo da eta bestela gaur egungo espezie guztien % 90 desagertuko dela espero daiteke. Ez dira, inondik ere, aurrikuspen baikorrak, baina beti ere hobe izango da lehen aukera bigarrena baino.

BIBLIOGRAFIA

- Able, K.P. & Able M. A. (1990). Ontogeny of migratory orientation in the savannah sparrow, *Passerculus sandwichensis*: calibration of the magnetic compass. *Anim. Behav.*, **39**, 905-913.
- Able, K.P. & Able M. A. (1990). Ontogeny of migratory orientation in the savannah sparrow, *Passerculus sandwichensis*: mechanisms at sunset. *Anim. Behav.*, **39**, 1189-1198.
- Able, K.P. & Able M. A. (1990). Calibration of the magnetic compass of a migratory bird by celestial rotation. *Nature*, **347**, 378-379.
- Able, K.P. & Able M. A. (1993). Daytime calibration of magnetic orientation in a migratory bird requires a view of skylight polarization. *Nature*, **364**, 523-525.
- Adriaensen, F., Dhont, A.A. & Matthysen, E. (1990). Bird migration, *Nature*, **347**, 23.
- Aizpurua, Martxel (1993). Kontserbazioaren Gaur Egungo Egoera in *Naturaren Kontserbazioa: Nora Goaz?* Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.
- Alerstam, T. (1990). *Bird Migration*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Altonaga, K. (1993). *Gizakiak Sorterazitako Suntsipenak* in *Naturaren Kontserbazioa: Nora Goaz?* Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.
- Alvarez, J.; Bea, A.; Faus, J.M.; Castien, E.; Mendiola, I. et al. (1989). *Euskal Autonomi Elkarteko Ornodunak*. Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.
- Arana, X. (1993). *Kontserbazioaren Eremu-Motak* in *Naturaren Kontserbazioa: Nora Goaz?* Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.
- Askoren artean (1993) *Naturaren Kontserbazioa: Nora Goaz?* Eusko Jaurlaritzaren Argitalpen Zerbitzu Nagusia, Gasteiz.

- Azkarate, I. (1995). *Gipuzkoako Flora eta Faunaren Kontserbazioa*. Gipuzkoako Foru Aldundia, Donostia.
- Baillie, S. R. & Peach, W. J. (1992). Population limitation in Palearctic-African migrant passerines. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 120-132.
- Bairlein, F. (1992). Recent prospects on trans-Saharan migration of songbirds. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 41-46.
- Barbosa, A. (1992). Áreas importantes para las aves limícolas en España. In: Amigos de la Tierra. *Anuario Ornitológico: aves limícolas*. Miraguano Ediciones, Madrid, 107-123.
- Berthold, P. (1993). *Bird Migration: A General Survey*. Oxford University Press, Oxford.
- Berthold, P. (1996). *Control of Bird Migration*. Chapman & Hall, London.
- Berthold P. & Helbig, A. J. (1992). The genetics of bird migration: stimulus, timing, and direction. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 35-40.
- Berthold, P., Helbig, A.J., Mohr, G. & Querner, U. (1992). Rapid microevolution of migratory behaviour in a wild bird species. *Nature*, **360**, 668-669.
- Bibby, C. J. (1992). Conservation of migrants on their breeding grounds. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 29-34.
- Biebach, H. (1992). Flight-range estimates for small trans-Sahara migrants. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 47-54.
- Bruderer, B. & Jenni, L. (1988). *Hegaztien Migrazioa*. GURELUR-Natur Ingurunea Babesteko Nafar Elkarte, Iruñea.
- Burton, R. (1990). *Bird Flight*. Facts on File, New York, Oxford, Sydney.
- Burton, R. (1992). *Bird Migration*. Aurum Press, London.
- Day, S. (1992). Migration. *New Scientist. Inside Science*, **56**, 1-4.
- Dingle, H. (1996). *Migration. The Biology of Life on the Move*. Oxford University Press, New York, Oxford.
- Dominguez, J. (1992). Limícolas no escolopacidas de la avifauna ibérica. In: Amigos de la Tierra. *Anuario Ornitológico: aves limícolas*. Miraguano Ediciones, Madrid, 85-106.
- Drickamer, L. C., Vessey, S. H. & Meikle, D. (1992). *Animal Behavior: Mechanisms, Ecology, Evolution*. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque.
- Elkins, N. (1988). *Weather and Bird Behaviour*. T & A D Poyser. Londres.
- Elosegi, J. (1985). *Navarra: Atlas de aves nidificantes*. Nafarroako Aurrezki Kutxa-Caja de Ahorros de Navarra, Iruñea.
- Elosegi, J. (1993). *Hegaztien Migrazioa Nafarroan*. GURELUR-Natur Ingurunea Babesteko Nafar Elkarte, Iruñea.
- Elphick, J. Ed. (1995). *Collins Atlas of Bird Migration*. Harper Collins, London.
- Fernandez de Montoya, E. (1988). *Aves de las zonas húmedas alavesas*. Arabako Foru Aldundia, Gasteiz.

- Fuller, R. J. & Crick, H. Q. P. (1992). Broad-scale patterns in geographical and habitat distribution of migrant and resident passerines in Britain and Ireland. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 14-20.
- Fry, C. H. (1992). The Moreau ecological overview. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 3-6.
- Galarza, A., Dominguez, A. (1989). *Urdaibai. Gernikako Itsasadarreko Hegaztiak*. Bizkaiko Foru Aldundia, Bilbo.
- Gill, F. B. (1990). *Ornithology*. Freeman, New York.
- Gould, J.L. (1983). La orientación de las palomas. *Mundo Científico*, **24**, 352-364.
- Greenwood, J.J.D. (1990). Changing migration behaviour. *Nature*, **345**, 209-210.
- Griffin, D.R. (1974). *Bird Migration*. Dover, New York.
- Hairston, N.G. (1994). *Vertebrate Zoology: An Experimental Field Approach*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Helbig, A. J. (1991a). Dusk orientation of migratory European robins, *Erithacus rubecula*: the role of sun-related directional information. *Anim. Behav.*, **41**, 313-322.
- Helbig, A. J. (1991b). Experimental and analytical techniques used in bird orientation research. In *Orientation in Birds* (ed. P. Berthold), Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 270-306.
- Jouventin, P. & Weimerskirch, H. (1984). Los albatros. *Mundo Científico*, **42**, 1244-1255.
- Jouventin, P. & Weimerskirch, H. (1990). Satellite tracking of Wandering albatrosses. *Nature*, **343**, 746-748.
- Katz, Y. B. (1985). Sunset and the orientation of European robins (*Erithacus rubecula*). *Anim. Behav.*, **33**, 825-828.
- Kelsey, M. G. (1992). Conservation of migrants on their wintering grounds: an overview. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 109-112.
- Kerlinger, P. (1989). *Flight Strategies of Migrating Hawks*. University of Chicago Press, Chicago, Londres.
- Leiser, B. (1992). Habitat selection and coexistence of migrants and Afrotropical residents. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 77-82.
- Lindström, A., Hasselquist, D., Bensch, S. & Grahm, M. (1990). Asymmetric contest over resources for survival and migration: a field experiment with bluethroats. *Anim. Behav.* **40**, 453-461.
- Marchant, J. H. (1992). Recent trends in breeding populations of some common trans-Saharan migrant birds in northern Europe. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 113-119.
- Martin, G. (1990). *Birds by night*. T & A D Poyser, Londres.
- McCulloch, M. N., Tucker, G. M. & Baillie, S. R. (1992). The hunting of migratory birds in Europe: a ringing recovery analysis. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 55-65.

- McNeill Alexander, R. (1992). *Exploring Biomechanics. Animals in Motion*. Scientific American Library, New York.
- Maynard Smith, J. (1993). *The Theory of Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge, New York, Melbourne.
- Mead, C. T. (1983). *Bird Migration*. Newnes Books, Feltham.
- Mönkkönen, M., Helle, P. & Welsh, D. (1992). Perspectives on Palearctic and Nearctic bird migration; comparisons and overview of life-history and ecology of migrant passerines. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 7-13.
- Morel, G. J. & Morel, M. Y. (1992). Habitat use by Palearctic migrant passerine birds in West Africa. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 83-88.
- Pascual Trillo, J.A. (1992). Aspectos ecológicos de las aves limícolas. In: Amigos de la Tierra. *Anuario Ornitológico: aves limícolas*. Miraguano Ediciones, Madrid. 7-30.
- Pearson, D. J. & Lack, P. C. (1992). Migration patterns and habitat use by passerine and near-passerine migrant bird in eastern Africa. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 89-98.
- Pennycuik, C. J. (1992). *Newton Rules Biology. A physical approach to biological problems*. Oxford University Press. Oxford, New York, Tokyo.
- Prinz, K. & Wiltschko, W. (1992). Migratory orientation of pied flycatchers: interaction of stellar and magnetic information during ontogeny. *Anim. Behav.*, **44**, 539-545.
- Rappole, J. H. (1995). *The Ecology of Migrant Birds*. Smithsonian Institution Press, Washington.
- Sandberg, R., Petterson, J. & Alerstam, T. (1988). Why do migrating robins, *Erithacus rubecula*, captured at two nearby stop-over sites orient differently? *Anim. Behav.* **36**, 865-876.
- Sandberg, R., Petterson, J. & Alerstam, T. (1988). Shifted magnetic fields lead to deflected and axial orientation of migrating robins, *Erithacus rubecula*, at sunset. *Anim. Behav.* **36**, 877-887.
- Schmidt-Koenig, K., Ganzhorn, J.U. & Ranvaud, R. (1991). The suncompass. In: *Orientation in Birds*. (ed. P. Berthold). Birkhäuser, Basel, Boston, Berlin, 1-15.
- Schmidt-Nielsen, K. (1983). *Animal Physiology: Adaptation and Environment*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Scott, S. L. (ed.). (1983). *Field Guide to the Birds of North America*. National Geographic Society, Washington.
- Slater, P. J. B. & Halliday, T. R. (1994). *Behaviour and Evolution*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Stryer, L. (1990). *Bioquímica*, 3ª ed. Reverté. Barcelona, Bogotá, Buenos Aires, Caracas, Mexico.

- Sutherland, W.J. (1996). *From Individual Behavior to Population Ecology*. Oxford University Press, Oxford.
- Tinbergen, N. (1951). *The Study of Instinct*. Oxford University Press, Londres.
- (1987). *El estudio del instinto*. Siglo XXI, Mexico, Madrid, Buenos Aires, Bogotá).
- Underhill, L. G., Prys-Jones, R. P., Harrison, J. A & Martinez, P. (1992). Seasonal patterns of occurrence of Palearctic migrants in southern Africa using atlas data. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 99-108.
- Velasco, T. (1992). Escolopácidas: sistemática, biología y situación en España. In: Amigos de la Tierra. *Anuario Ornitológico: aves limícolas*. Miraguano Ediciones, Madrid, 31-84.
- Watrerman, T.H. (1989). *Animal Navigation*. Scientific American, New York.
- Williams, T. C. & Williams, J. M. (1978). Una migración en masa de aves terrestres sobre el océano. In: J. Ros (ed.) *Comportamiento animal*. Investigación y ciencia, Barcelona 84-92.
- Wiltschko, W., Munro, U., Ford, H. & Wiltschko, R. (1993). Red light disrupts magnetic orientation of migratory birds. *Nature*, **364**, 525-527.
- Winkler, H. & Leiser, B. (1992). On the ecomorphology of migrants. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 21-28.
- Wood, B. (1992). Yellow Wagtail *Motacilla flava* migration from West Africa to Europe pointers towards a conservation strategy for migrants on passage. *Ibis*, **134**, Suppl. 1, 66-76.

AURKIBIDEA

abiadura	64, 77, 79, 80-93
energi kontsumo minimoko abiadura	83, 84, 85, 86, 87
irismen maximoko abiadura	83, 84, 85, 86, 87, 98
jaiste-abiadura	89-93
jaiste-abiadura minimoa eskaintzen	
duen planeatze-abiadura	90-93
korronte termikoan gorako abiadura	89
planeatze-abiadura	88-93
planeatze-abiadura minimoa	69, 89-93
planeatze-ratiorik onena eskaintzen	
duen planeatze-abiadura	89-93
<i>Accipiter gentilis</i> , ikus aztore	
<i>A. nisus</i> , ikus gabirai	
<i>Acrocephalus paludicola</i> , ikus ur-benarriz	
ahate	12, 37, 45, 48, 63, 125, 160, 161
aire-zaku	109-111
albatros	17, 68, 69, 72, 78, 79-80, 125, 131
Laysam albatros	144
aldaketa metaboliko	121-123
aliota	48, 63
<i>Amazilia amazilia</i>	44
<i>Amazona petrei</i>	44
amilotx	12
anabolismo	121
<i>Anas crecca</i> , ikus zertzeta arrunt	
<i>A. platyrhynchos</i> , ikus basahate	
<i>Anser fabalis</i> , ikus antzara hankahori	
<i>Anthus spinoletta</i> , ikus mendi-txirta	
antzandobi	
antzandobi arrunt	58-59, 60, 140
antzandobi kaskagorri	26

antzara	48, 49, 54, 63, 94, 98, 101, 113, 122, 125
antzara hankahori	86
<i>Apus apus</i> , ikus sorbeltz arrunt	
<i>Ara militaris</i>	44
araba-zozo	70, 73, 74, 102, 128, 134
araba-zozo pikart	131, 144
<i>Archilochus colubris</i>	73
<i>Ardea cinerea</i> , ikus lertxun hauskara	
<i>A. purpurea</i> , ikus lertxun gorri	
<i>Arenaria interpres</i> , ikus harri-iraulari	
argi	
argi infragorri	130
argi polarizatu	130, 143
argi ultramore	130
argioilar	26
arnas aparatu	95, 109-111
arnasketa aerobiko	108
arrano	69, 125
arrano arrantzale	27, 160
arrano buruzuri	162
azido laktiko	108
azimut	135
aztore	69
basahate	37, 68, 93, 130
basoilo	72
belatxinga	
belatxinga mokohori	26
belatz	69, 106
belatz gorri	68, 70
Eleonor belatz	58-59
Naumann belatz	153, 163
bele	43, 74
beltxarga	45, 48, 71, 125
beltxarga oihulari	86, 93
benarriz	106
ur-benarriz	153
berdantza	109, 141
bernagorri	
bernagorri arrunt	31, 158
bernouilliren lege	65
bihotz	112-113
bihotz-taupaden maiztasuna	17, 112
birigarro	16, 97
birigarro txiki	86
birika	109-111
<i>Bombycilla garrulus</i> , ikus buztanori	
borrokalari	58-59

bortize	65, 97
<i>Branta bernicla</i> , ikus branta musubeltz	
branta musubeltz	99
bronkio	109-111
<i>Buteo buteo</i> , ikus zapelatz arrunt	
buztanikara	75
buztanikara hori	58
buztanikara zuri	30
larre-buztanikara	26, 118
buztanori	38
buztanzuri	
buztanzuri arrunt	26, 118
<i>Calidris alba</i> , ikus txirri zuri	
<i>C. alpina</i> , ikus txirri arrunt	
<i>C. canutus</i> , ikus txirri lodi	
<i>C. minuta</i> , ikus txirri txiki	
<i>Caprimulgus europaeus</i> , ikus zata arrunt	
<i>Cathartes aura</i>	131
<i>Catharus ustulata</i>	16
<i>Charadrius hiaticula</i> , ikus txirritxo handi	
<i>Chlenophaga melanoptera</i>	113
<i>Ciconia ciconia</i> , ikus zikoina zuri	
<i>C. nigra</i> , ikus zikonia beltz	
<i>Circus pygargus</i> , ikus mirotz urdin	
<i>Coccyzus americanus</i>	155
<i>Colibri coruscans</i>	44
<i>Columba livia</i> , ikus haitz-uso	
<i>C. palumbus</i> , ikus pagauso	
<i>Corvus corax</i> , ikus erroi	
<i>Coturnix coturnix</i> , ikus galeper	
<i>Crex crex</i> , ikus giloi	
Cygnus cygnus, ikus beltxarga oihulari	
DDT	162-163
desplazamendu-esperimentu	20, 145, 146
dieta-aldaketa	12, 20, 121-123
<i>Diomedea exulans</i>	17
<i>Diomedea irrorata</i> , ikus Laysam albatros	
dispertsio	35-37, 46, 129
durdula	47
<i>Ectopistes migratorius</i> , ikus uso migratzaile	
ehiza	46, 159-161
ehun adiposo	116
eider	86
ekaitz-txori	17, 78, 131
ekaitz-txori handi	144
ekolokazio	132
elikagai	13, 101

elikagai-eskasia	12, 29, 38, 44, 45
Emlen, Stephen T.	141-142
emu	63
enara	12, 14, 44, 58, 69, 70, 74, 71, 106
enara arrunt	60, 144
uhalde-enara	60
energia	14, 105, 115, 121, 123, 124, 125
energia potentzial	79, 88, 90, 108
energia zinetiko	79
energi kontsumo	64, 72, 74, 80-81, 84, 88, 95, 97-100, 102, 106
energi kontsumo parasito	82
energi kontsumo total	82, 98
hego-profilak eragindako energi kontsumo	82,
induzitutako energi kontsumo	81, 98
energi metakin	51, 83
entzima	108
entzumen	132
eper	70
eraso-angelu	66-67
eraso-mutur	64
eraztun bidezko markaketa	17-18, 31?, 44?, 147
eremu magnetiko	130-131, 136-140, 146
<i>Erithacus rubecula</i> , ikus txantxangorri	
erlatxori	26, 43, 58, 74
erregetxo	
mendi-erregetxo	30, 71, 118
erresistentzia aerodinamiko	65-66, 88, 89, 90, 95, 106, 119
erresistentzia aerodinamiko induzitu	65
erresistentzia aerodinamiko parasito	65, 82
hego-profilak eragindako erresistentzia aerodinamiko	65, 82
erritmo zirkadiano	134
erroi	46
erupzio	37
<i>Eulabaia indica</i>	94, 113
euli-txori	68, 155
EURING	18
euste/erresistentzia ratio	66
ezinegon migratorio	19, 20, 134
faisai	68, 73
<i>Falco eleonora</i> , ikus Eleonor belatz	
<i>F. naumanni</i> , ikus Naumann belatz	
<i>F. tinnunculus</i> , ikus belatz gorri	
filopatria	35
flamenko	48

fragata	68
<i>Fringilla coelebs</i> , ikus txonta arrunt	
<i>F. montifringilla</i> , ikus negu-txonta	
Frisch, Karl von	134
fulmar	74
gabai	60, 78, 131
gabai arrunt	144
gabirai	69
gainpopulazio	37, 38, 46
galeper	26, 58, 60, 160
gantz	11, 18, 108
gantz-azido	108, 117, 122
gantz-metakin	88, 97
gantz-metaketa	115-121, 122
gantz-sintesi	122
garun	110, 131, 145
gene-elkartruke	37
gerritxori	12
gibel	116, 122
gilo	153
glikogeno	108, 116
globulu gorri	113
gonada	41
gorputz-tenperatura	11, 17, 45, 95
gradiente-mapa	145-146
<i>Grus grus</i> , ikus kurrilo arrunt	
guakamaio	44
guatxaro	132
<i>Gyps fulvus</i> , ikus sai arre	
<i>G. rueppellii</i> , ikus Rüpell sai	
habitat-galera	154-159
<i>Haematopus ostralegus</i> , ikus itsas-mika	
haize-tunel	85
<i>Haliaeetus leucocephalus</i> , ikus arrano buruzuri	
harkaitz-txori	26
harri-iraulari	121
hartzidura laktiko	108
hegabera	45, 158
hegazti	
hegazti harrapari	13, 36, 43, 46, 74, 76, 91, 102, 162, 163
hegazti harrapari gautar	130
hegazti intsektiboro	12, 163
hegazti itsastar	27, 60, 78, 106, 131, 160
hegazti nektariboro	41, 44
hegazti urtar	48, 74, 125
hego-karga	68-69, 91, 154
hemoglobina	113

hibernazio	11
hidratazio-ur	116
hiperbentilazio	109-110
hiperfagia	121-123
hipoxia	109-113
<i>Hippolais icterina</i> , ikus sasi-txori horizta	
<i>Hirundo rustica</i> , ikus enara arrunt	
historiak baldintzatutako bide	57-59
hontza	
elur-hontza	30
hontza zuri	36
ihes-mugimendu	44-46
ikusmen	130
inbasio	38
indar	
euste-indar	65-67, 69, 73, 81, 88, 89, 95, 97, 98
grabitate-indar	88
muskulu-indar	88
irradi-transmisore bidezko segimendu	16-17
irrupzio	37-40, 41, 43, 44
itsas mika	86
itzulera	
itzulera atzeratu	27
itzulera gradual	27
jazarpen-mugimendu	43-44
kaio	48, 63, 74
kaio hauskara	73, 144
kapilare	108, 109
karbohidrato	115-116, 122
karbono dioxido	110
karpometakarpo	107
kaskabeltz	12, 73, 75
kaskabeltz handi	38, 39
kolibri	44, 71, 73
kondor	72
kontrol-mekanismo	20, 122, 123
korronte termiko	54, 56, 75-77, 89, 91-93, 95, 103, 113
Kramer, Gustav	134
Krebs ziklo	108
kuku	26, 58, 147, 155
kuliska buztanbeltz	153, 158
kurlinta	28
kurrilo	14, 16, 69, 72, 74, 77, 86, 91, 93, 97, 101
kurrilo arrunt	54, 160
lagopodo	12
<i>Lanius collurio</i> , ikus antzandobi arrunt	
<i>L. senator</i> , ikus antzandobi kaskagorri	

<i>Larus argentatus</i> , ikus kaio hausgara	
lehia	29, 30, 49
elikagaiengatiko lehia	13, 34
espezie bereko aleen arteko lehia	32, 33-34, 36, 37
espezie desberdinen arteko lehia	31, 36, 37
ugaltzeko lekuarengatiko lehia	27, 29, 36
lertxun	27, 74
lertxun gorri	153
lertxun hausgara	73
lezkari	107, 123
<i>Limosa limosa</i> , ikus kuliska buztanbeltz	
lipogenesi	122
loro	44
lozorro	45
<i>Loxia curvirostra</i> , ikus mokoker	
luma	48, 76, 106, 107, 115, 123-126
lumaberritze, ikus muda	
<i>Luscinia megarhynchos</i> , ikus urretxindor	
luzera/zabalera ratio	68-71, 91
magnetita	131
magnetorrezezio	130-131
marikoi	31
<i>Merops apiaster</i> , ikus erlatxori	
metabolismo anaerobiko	108
metabolismo basal	82
migrazio	
abaniko-itxurako migrazio	55-56
begizta-migrazio	59-61
fronte estuko migrazio	54
fronte zabaleko migrazio	52-53
inbutu-itxurako migrazio	55
jauzi-migrazio	31-35
kontzentrazio-migrazio, ikus	
inbutu-itxurako migrazio	
migrazio bertikal	26, 44
migrazio diferentzial	28-29
migrazio partzial	29-31
muda-migrazio	48-49, 123, 125
sakabanatze migrazio, ikus abaniko	
itxurako migrazio	
ugaldu aurreko migrazio	24
ugaldu ondorengo migrazio	23
urtean biko migrazio	23-26
mioglobina	108
mirotz urdin	153, 163
miru	91
mitokondria	108, 112

mokoker	40-42, 43
<i>Motacilla alba</i> , ikus buztanikara zuri	
<i>M. cinerea</i> , ikus buztanikara hori	
<i>M. flava</i> , ikus larre-buztanikara	
muda	48-49, 106, 123-126
mugimendu nomada	40-42, 43
murgil	45, 63
muskulu	107-108, 116, 120
muskulu-zuntz gorri	108
muskulu-zuntz zuri	108
<i>Myrtis fanny</i>	44
nabigazio	94, 101, 127-149
bektore-nabigazio	147
nabigazio inertzial	145
nabigazio magnetiko	145-146
nabigazio-mekanismo	144-149
usain-nabigazio	146
<i>Neophron percnopterus</i> , ikus saizuri	
<i>Nyctea scandiaca</i> , ikus elur-hontza	
<i>Oceanodroma leucorhoa</i> , ikus ekaitz-txori handi	
odol	110-113
odolkidetasun	37
<i>Oenanthe oenanthe</i> , ikus buztanzuri arrunt	
oilagor	130
okil	12, 40
orientazio	127-149
orientazio-kaxa	20, 134, 136, 137, 140, 143
orientazio-mekanismo	20, 133-143
<i>Oriolus oriolus</i> , ikus urretxori	
<i>Oromiceus novaehollandiae</i> , ikus emu	
ostruka	63
oxigeno	108, 109, 112
oxigeno-kontsumo	85
pagauso	16, 26, 84, 86, 107
paita	
paita arrunt	48
<i>Pandion haliaetus</i> , ikus arrano arrantzale	
panmixia	37
<i>Parus major</i> , ikus kaskabeltz handi	
paseriforme	118
<i>Passer domesticus</i> , ikus etxe-txolarre	
<i>Passerculus sandwichensis</i> , ikus sabana-txolarre	
<i>Passerella iliaca</i>	31, 32
<i>Passerina cyanea</i>	141
Pennycuick, Colin J.	80-86, 95, 117
Perdeck, A. C.	128, 148
perikito	85

<i>Pernis apivorus</i> , ikus zapelatz liztorjale	
pestizida	161-163
<i>Phalaenoptillus nuttallii</i>	11
<i>Philomachus pugnax</i> , ikus borrokalari	
<i>Phylloscopus collybita</i> , ikus txio arrunt	
<i>P. proregulus</i>	149
<i>P. trochilus</i> , ikus txio hori	
pilotatze	128-129, 143
pinguino	63
pisu	18, 71-72, 81, 87, 97, 109, 117, 118, 120, 121, 122
planeatze	54, 56, 74, 75, 88-93, 103, 105
planeatze dinamiko	78-80
planeatze-kurba	89-93
planeatze-ratio	90-93
<i>Podiceps auritus</i> , ikus txilinporta urrebelarri	
polisakarido	116
poluzio	161-163
portaera -aldaketa	20, 46-47, 59?, 121
potentzia	72, 80-84, 119
presio	
presio atmosferiko	133
presio estatiko	65
presio zinetiko	65
presio-ganbara	109
proteina	48, 116, 120, 123, 124, 125
<i>Puffinus puffinus</i> , ikus gabai arrunt	
<i>P. tenuirostris</i>	60
<i>Pyrhacorax grauculus</i> , ikus belatxinga mokohori	
radar bidezko behaketa	15-16, 20, 86, 87, 94, 97, 129, 142
<i>Regulus regulus</i> , ikus mendi-erregetxo	
<i>Rhodopis vesper</i>	44
<i>Riparia riparia</i> , ikus uhalde-enara	
sai	69, 91, 131
Rüppell sai	93, 113
sai arre	68
saizuri	26
sakabanatze-mugimendu	46-47
sasi-txori horizta	106
satelite bidezko segimendu	16-17, 79
<i>Scolopax rusticola</i> , ikus oilagor	
<i>Serinus serinus</i> , ikus txirriskil arrunt	
silbido	107
sistema kardiobaskular	112-113
<i>Somateria mollissima</i> , ikus eider	
sorbeltz	12, 14, 69, 70, 74, 86, 106, 125, 132
sorbeltz arrunt	26, 45, 86

<i>Steatornis caripensis</i> , ikus guatxaro	
<i>Sterna dougallii</i> , ikus txenada gorrizta	
<i>S. hirundo</i> , ikus txenada arrunt	
<i>S. paradisiaca</i> , ikus ipar-txenada	
<i>Streptopelia decaocto</i> , ikus usapal turkiar	
<i>S. turtur</i> , ikus usapal arrunt	
<i>Struthio camelus</i> , ikus ostruka	
<i>Sturnus vulgaris</i> , ikus araba-zozo pikart	
<i>Sula bassana</i> , ikus zanga	
<i>Sylvia atricapilla</i> , ikus txinbo kaskabeltz	
<i>S. borin</i> , ikus baso-txinbo	
<i>S. cantillans</i> , ikus txinbo papargorritzta	
<i>S. curruca</i> , ikus sasi-txinbotxo	
<i>S. hortensis</i> , ikus sasi-txinbo	
<i>S. melanocephala</i> , ikus txinbo burubeltz	
<i>S. sarda</i> , ikus txinbo sardiniar	
<i>S. undata</i> , ikus etze-txinbo	
<i>Tadorna tadorna</i> , ikus paita arrunt	
<i>Taeniopygia guttata</i>	41
tasa metaboliko	45
testikulu	41
<i>Thaumastura cora</i>	44
transmisio kultural	101
triglizerido	117
<i>Tringa totanus</i> , ikus bernagorri arrunt	
<i>Troglodytes troglodytes</i> , ikus txepetx	
turbulenzia	66
<i>Turdus iliacus</i> , ikus birigarro txiki	
<i>T. merula</i> , ikus zozo arrunt	
<i>T. pilaris</i> , ikus durdula	
txantxangorri	70, 71, 118, 137
txenada	160
ipar-txenada	25, 27
txenada arrunt	144
txenada gorritzta	153
txepetx	68
txilinporta	63
txilinporta urrebelarri	48
txinbo	60, 75, 107, 122, 142
baso-txinbo	19, 52-53, 123, 140
etze-txinbo	19
sasi-txinbo	158
txinbo burubeltz	19
txinbo kaskabeltz	19, 35, 71, 140, 143, 154
txinbo papargorritzta	19
txinbo sardiniar	19
txinbotxo	

sasi-txinbotxo	55, 140
txio	106, 149
txio arrunt	19
txio hori	19, 26, 71
txirri	
txirri arrunt	125
txirri lodi	119, 121
txirri txiki	121
txirri zuri	122
txirriskil	
txirriskil arrunt	47
txirritxo	
txirritxo handi	32, 126
txirta	
mendi-txirta	26
txolarre	31, 75, 86, 87, 121
etxe-txolarre	109
sabana-txolarre	143
txonta	42, 71, 75, 86, 87, 102, 109, 118
negu-txonta	38
txonta arrunt	28
<i>Tyrannus forficatus</i>	155
<i>Tyto alba</i> , ikus hontza zuri	
ugal-portaera	41
ultrasoinu	132, 143
<i>Upupa epops</i> , ikus argioilar	
urretxindor	26
urretxori	26
usaimen	131
usapal	
usapal arrunt	26
usapal turkiar	46
uso	68, 95, 97, 98, 134, 137
etxe-uso	131, 133, 143, 146
haitz-uso	20, 127
uso mezulari	20, 127, 132, 143, 145
uso migratzaile	161
<i>Vanellus vanellus</i> , ikus hegabera	
Wiltshko, Wolfgang	137
zanga	27, 63, 69, 144
zapelatz	91
zapelatz arrunt	31
zapelatz liztorjale	75, 160
zata	11, 12, 14
zata arrunt	26, 153
zertzeta	
zertzeta arrunt	31

zikoina	43, 69, 72, 76, 101
zikoina zuri	26, 27, 56-57, 75, 76, 152-153, 158, 160, 163, 165-166
zikoina beltz	158
zirkulazio-aparatu	109
<i>Zonotrichia albicollis</i>	86, 87
<i>Z. leucophrys</i>	121
zozo	
zozo arrunt	30



Hegaztien urteroko migrazioak naturan parekorik ez duten gertakizunak dira. Urtero, milaka milioi hegazti joaten da munduko leku batetik bestera eta, naturan goza daitekeen ikuskizun zoragarrienetako bat eskaintzeaz gain, galdera ugari ekartzen digute burura. Zergatik migratzen dute hegaztiak? Nondik nora joaten dira? Nola ezagutzen dute bidea?

Migratzea zer den, hegaztiak zergatik migratzen duten, migrazioak nola ikertzen diren, migrazio-mota desberdinak, migrazioetan jarraitutako bideak eta horren arrazoiak, migrazioarako lokomozio-moduak eta zein abiadura eta altueratan migratzen duten, migrazioarako hegaztiak dituzten moldapenak, hegaztiak orientatzeko eta nabigatzeko duten gaitasuna eta hegazti migratzaileen kontserbazio-arazoak aztertu dira liburu honetan. Ez da, beraz, fenomenoaren deskribapen hutsarekin konformatzen CAF-Elhuyar Zientzi Dibulgaziorako 1996. urteko saria jaso zuen lan hau.