

Tómas Gréтар Gunnarsson

VOTLENDI OG VAÐFUGLAR Í LJÓSI LANDNOTKUNAR

Þéttleiki vaðfugla á Íslandi er einstakur. Milt veðurfar, frjósemi og víðáttu-mikið skóglautslagslandslag, mótað af búsetu manna, stuðla að þessari sérstöðu. Ljóst er að vaðfuglar eru mjög háðir votlendi. Margt er þó óvíst um hvernig þeim tengslum er háttáð og hvernig vaðfuglar nýta votlendi og önnur búsvæði í tíma og rúmi. Hér er sagt frá nýlegum rannsóknum sem gerðar hafa verið á þessu sviði á mismunandi mælikvörðum. Talsverður munur er á meðalþéttleika vaðfugla í votlendi á láglandi eftir landshlutum. Minnstur er þéttleikinn vestanlands og austan, um hálfur vaðfugl á hektara, en hæstur á Suðurlandi, um 2,5 vaðfuglar á hektara að meðaltali. Einnig er mikill þéttleiki á flatneskjum Skagafjarðar, Eyjafjarðar, Skjálfanda og Öxarfjarðar, um tveir vaðfuglar á hektara í votlendi. Þó er mikill breytileiki innan svæða og vaðfuglarikir blettir finnast í öllum landshlutum. Óvíst er af hverju þessi munur stafar en líklegt er að frjósemi jarðvegs og vatnafar skipti miklu máli. Grónar áreyrar, sem eru fremur sjaldgæft búsvæði, má einnig flokka sem votlendi en þær eru höfuðvígi spóa. Talsverður landshlutabundinn munur er á útbreiðslu áreyra en þær eru víðáttumestar á Suðurlandi, við Öxarfjörð og á Úthéraði. Á staðbundnari mælikvarða sýna vaðfuglar ótvíræða sækni í vatn. Landslagseinkenni eins og þéttleiki tjarna og vatnsstaða í skurðum spá fyrir um viðveru vaðfugla á einstökum blettum og jafnvel varpárangur hvort sem búsvæði flokkast sem votlendi eður ei. Þá er það einnig talsvert breytilegt eftir tíma hversu mikið fullorðnir vaðfuglar nýta votlendi, m.a. vegna þess að þeir eru misbundnir yfir umönnun eggja og unga. Innan votlendissvæða skiptir breytileiki búsvæða miklu máli. Rannsóknir á búsvæðavali jaðrakana á smáum mælikvarða sýna að varpfuglar finna hreiðrinu stað innan um háan gróður úti í einsleitum mýrum. Jaðrakanaungar sækja hins vegar í þurrari teyginga af gras- og blómlendi þar sem þýfi er meira, gróður hærri og fæðuframbod mun meira en úti í mýrunum. Sambreyskja votlendis og þurrara graslendis virðist því vera ákjósanlegt búsvæði fyrir vaðfugla. Vaðfuglar eru áberandi hópur í vistkerfi Íslands og ofarlega í fæðukeðjum. Þeir eru auðtaldir og útbreiddir og fylgja næringarstigi á stórum á smáum mælikvörðum. Þekking á tengslum vaðfuglastofna við umhverfi sitt getur gegnt lykilhlutverki við aðkallandi kortlagningu líffræðilegrar fjölbreytni á Íslandi og ráðstöfun landgæða á tímum mikilla breytinga á landnotkun.

INNGANGUR

Fyrir 35 árum birtist kafli um vistfræði íslenskra votlendisfugla í bók Landverndar um votlendi.¹ Þar var fjallað almennt um útbreiðslu, búsvæðanotkun og lífshætti helstu votlendisfugla eftir því sem best var þekkt. Tveir stærstu hópar fugla í votlendi hér á landi eru andfuglar (Anseriformes) og vaðfuglar (Charadrii). Óhætt er að segja að á þessu tímabili hafi ekki orðið stórstígar framfarir í rannsóknum og almennri þekkingu á tengslum votlendis og vaðfugla á Íslandi, en á sama tíma hefur grunnþekkingu á vistfræði andfugla fleygt verulega fram.^{2,3} Í því samhengi hafa rannsóknir við Mývatn lagt mikið til málanna.^{4,5} Enn skortir grunnþekkingu á búsvæðanotkun flestra tegunda vaðfugla að því marki að hún hafi forspárgildi. Það hlýtur að vera keppikefli náttúrufræðinganna að komast lengra en að einföldum lýsingum á ástandi og öðlast dýpri skilning á orsakasamhengi. Á Íslandi verpur stór hluti heimsstofns nokkurra tegunda vaðfugla, svo sem heiðlóu (*Pluvialis apricaria*) og spóa (*Numenius phaeopus*). Meginþorri vaðfugla verpur á láglandi undir

200 m y.s.^{6,7} en þar eru ýmis umsvif manna einnig mest. Ísland hefur verið skilgreint sem næstmikilvægasta varpstöð vaðfugla í Evrópu á eftir Rússlandi⁸ og er þar ekki tekið tillit til gríðarlegs stærðarmunar landanna. Þá fara vaðfuglastofnar minnkandi hnattrænt⁹ og eykur það enn á mikilvægi Íslands, því hér á landi virðast þessir stofnar enn standa vel. Ýmsir þættir í líffræði vaðfugla gera að verkum að flestir þeirra þrífast nær eingöngu á opnu skóglausu landi.¹⁰ Stórir vaðfuglastofnar á Íslandi eru því líklega afleiðing af búsetulandslaginu sem mótaðist eftir landnám Íslands.¹¹

Auðséð er án ítarlegra athugana að vaðfuglar eru nátengdir votlendi.^{1,12} Þeir nýta sér polla, tjarnir og grynningar straumvatna og sjást þar oft í fæðuleit og sullandi. En hversu sterk eru þessi tengsl raunverulega, á mælikvarða afkomu, og hvernig er þeim háttað? Hvaða gerðir votlendis eru mikilvægastar? Er mikilvægi votlendis það sama hvar sem er á landinu? Er munur á mikilvægi votlendis eftir tíma sumars? Hefur nálægð við aðrar búsvæðagerðir áhrif á notkun fugla á votlendi? Slíkar spurningar hafa augljóst gildi en svör skortir.

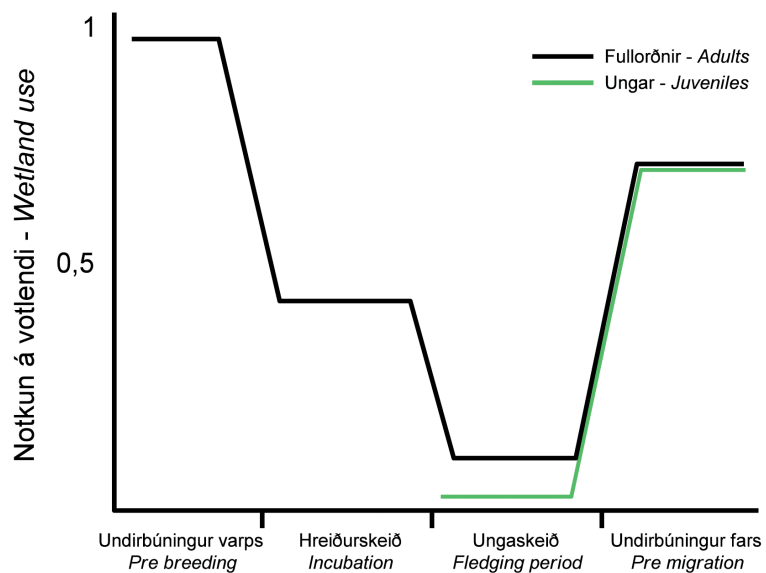
Í þessari grein verður leitast við að taka saman upplýsingar um tengsl búsvæða, einkum votlendis, við varpvistfræði íslenskra vaðfugla. Votlendi er oft skilgreint nokkuð vítt¹³ en hér er einkum átt við ýmiss konar deiglendi inn til landsins sem vaðfuglar nýta á varptíma. Rétt er að taka skýrt fram að einnig er átt við framræst votlendi ef það hefur enn háa vatnsstöðu og ríkjandi votlendisgróður. Sagt verður frá rannsóknunum á almennum tengslum vaðfugla og búsvæða á Íslandi og leitast verður við að draga fram tengsl á mismunandi mælikvörðum. Óhætt er að segja að rannsóknir á jaðrakana (*Limosa limosa*) hafi verið umfangsmeiri en rannsóknir á öðrum vaðfuglum hérlendis. Þær hafa einkum beinst að stofnvistfræði og tengslum varp- og vetrarstöðva^{14,15,16} en ýmsar mælingar hafa farið fram á tengslum búsvæða og lífsháttum jaðrakana.

Þá verða niðurstöðurnar ræddar í ljósi yfirstandandi landbreytinga á Íslandi og lærdóms sem draga má af rannsóknum í öðrum löndum.

BREYTILEIKI Í VOTLENDISNOTKUN Í TÍMA

Nægilegt er að líta á breytileika í félagslífi og hreyfanleika vaðfugla yfir varptímamann til að átta sig á að notkun votlendis er margslungin. Frá því að vaðfuglar koma til landsins á vorin og þar til þeir fara aftur að hausti ganga þeir í gegnum nokkur stig, t.d. álegu og uppeldi unga, sem mótuð eru af þróunar- og vist-

fræðilegum kröftum. Þessi stig ráða því hversu hreyfanlegir fuglarnir eru og þ.a.l. hvernig þeir nota þá mósaík landgerða sem fyrirfinnst í umhverfi þeirra (1. mynd). Frá því fuglarnir koma á vorin og fram að varpi stendur yfir tilhugalíf, þar sem fullorönu fuglarnir endurnýja samband fyrri árs eða finna sér nýjan maka.^{15,17} Þetta tímabil getur varað í 2–4 vikur og t.d. er algengt að jaðrakana verpi um mánuði eftir komu á óðul. Einnig getur biðtíminn þjónað því hlutverki að tímasetja varp svo að hámarksfæðuframbod fari saman við þann tíma þegar ungarnir eru þurftafrekastir.^{18,19} Á þessum tíma



1. mynd. Einfalt líkan af breytileika í notkun vaðfugla á votlendi yfir varptímamann. Sjá nánari umfjöllun í texta. Fyrir varp eru báðir foreldrar nokkuð frjálssir til ferðalaga og geta notað margvísleg búsvæði í margra km radius frá óðali. Verja þó drjúgum tíma á óðali daglega. Á hreiðurskeiði er annað þeirra að mestu bundið við hreiður, en hitt er á frívakt og getur ferðast langar leiðir frá óðali. Karlfluglar vaðfugla vikja yfirleitt minna af óðali á álegu en kvenfluglar. Á ungaskeiði eru báðir foreldrar fremur óhreyfanlegir og bundnir yfir ungunum sem nota mest þurrara land. Kvenfluglar flestra vaðfugla yfirgefa karlinn og ungana áður en þeir verða fleygir. Ungarnir eru fremur staðbundnir á þessum tíma. Ferðalög geta þó numið fáeinum km á þeim tæpa mánuði sem það tekur þá að verða fleygir. Eftir varp safna flestir vaðfuglar forða fram að haustfari og verja þá oft miklum tíma í votlendi. Geta farið langar leiðir og eru óbundnir af ungunum eða óðalsvörnum. Ferðast vandræðalaust landshluta á milli. Ungfluglarnir sækja sömuleiðis mikið í votlendi á þessum tíma. Notkun á votlendi verður þó aldrei eins mikil og að vori því votlendi þornar talsvert upp yfir sumarið. Sjávarleirur eru mikið notaðar eftir varp. – Schematic model of proportional wetland use of waders during the breeding season. During the pre-breeding period, both parents are free to travel off-territory and both use wetlands for most of their feeding activities. During incubation, one parent is usually incubating but the other one spends considerable time off territory, often feeding in wetlands. During the fledging period both parents are mostly tied to the space determined by chick travel rate, and use of wetlands is limited. Unfledged chicks are usually too small to use pools and other wet features to any extent. During the pre-migration period wetland use is again high for both adults and juveniles but never as high as early in the season due to seasonal drying out of wet habitats.

víkur karlfuglinn varla frá kvenfuglinum til að tryggja faðerni sitt²⁰ og ferðalög beggja frá óðalinu geta verið tíð. Fyrir álegu virðist notkun votlendis vera mjög mikil.

Næst er hreiðrinu fundinn hentugur staður og er hreiðurstæðið málamiðlun sem tekur einkum mið af hulningu hreiðurs, útsýni fyrir varpfugl og hversu langt þarf að fara eftir fæðu fyrir ungana.²¹ En ungar flestra vaðfugla þurfa sjálfir að bera sig eftir fæðunni þótt foreldrnir leiðbeini þeim á hentug fæðusvæði.²² Á hreiðurskeiðinu er nær alltaf annar varpfuglinn bundinn við hreiðrið, en misjafnt er hversu bundinn makinn er. Hjá heiðlóum virðast karlfuglar verja töluverðum tíma á verði innan óðals meðan kvenfuglinn liggur á eggjum. Kvenfuglinn er hins vegar líklegri til að ferðast í burtu til fæðuleitar meðan karlfuglinn liggur á eggjunum.²³ Heiðlóur í Bretlandi, eins og víða annars staðar, verpa gjarnan í lyngmóum en á álegunni ferðast þær oft nokkra kílómetra til þess að leita sér ætis á landbúnaðarlandi.²³ Skýringin gæti að nokkru leyti verið sú að fæða af slíku landi er orkuríkari en sú sem býðst á aðliggjandi heiðalöndum.²⁴ Á varptíma ferðast jaðrakana hér á landi oft talsverðar vegalengdir á leirur, að pollum og á ræktað land í ætisleit (TGG, óbirt gögn). Almennt virðast fullorðnir vaðfuglar stunda lítið fæðunám innan óðals á hreiðurskeiði. Þetta gæti verið aðlögun að því að varðveita fæðu fyrir unga innan óðalsins.²³

Þegar egginn klekjast hefst unga-skeið – tíminn frá klaki þar til ungararnir verða fleygir. Á þessu skeiði eru fullorðnu fuglarnir yfirleitt báðir bundnir yfir ungunum og því svæði sem takmarkast af ferðahraða ungananna. Mesti mældi ferðahraði vaðfuglaunga á Íslandi er tæplega 600 m á dag hjá litlum jaðrakanaungum en merktur systkinahópur (5 daga gamall er ferðalagið hófst) ferðaðist um 4 km yfir vikutíma í Flóanum sumarið 2002 (TGG, óbirt gögn). Þetta er þó undantekning og ferðahraði jaðrakanaunga er oftast heldur minni. Væntanlega ríkjá

svipuð mynstur hjá öðrum íslenskum vaðfuglum. Algengt er að kvenfuglar vaðfugla yfirgefi karlfugla og unga áður en ungarnir verða fleygir. Kvenfuglar sendlings (*Calidris maritima*) yfirgefa t.d. fjölskylduna rétt eftir klak²⁵ en kvenfuglar spóa hins vegar oftast þegar um fjórðungur ungatímans er eftir.²⁶ Kvenfuglar flestra vaðfuglategunda yfirgefa fjölskylduna um þetta leyti.²² Kvenfuglarnir geta því um frjálst höfuð strokið nokkru fyrr en karlfuglarnir og landnýting þeirra takmarkast þá ekki lengur af hreyfanleika og fæðuvali ungananna. Eftir að ungarnir verða fleygir skilja leiðir þeirra og foreldranna og ungararnir þurfa að læra á heiminn upp á eigin spýtur. Af íslenskum vaðfuglum er tjaldur reyndar undantekning en tjaldaforeldrar eiga það til að færa ungunum fæðu mánuðum saman eftir að þeir verða fleygir.²⁷

Á tímabilinu sem líður milli unga-skeiðs og brottfarar virðast ræktað land og sjávarleirur vera mjög mikilvæg búsvæði fyrir vaðfugla, en ekki hefur verið gerð magnbundin könnun á búsvæðavali íslenskra vaðfugla á þessum tíma.^{sí þó 28} Eins og sjá má af ofangreindu eru hreyfanleiki og þarfir vaðfugla á hinum ýmsu skeiðum varptíma mjög mismunandi (1. mynd). Búsvæði þurfa að uppfylla kröfur bæði fullorðinna og unga og mismunandi valþrýstingur er eftir stigi varptíma.^{10,29} Segja má að breytilegar þarfir vaðfugla yfir varptímann stjórni því hvernig þeir nýta búsvæði í umhverfi sínu.³⁰

BREYTILEIKI Í RÚMI

Landshlutabundin mynstur

Með landshlutabundnum mynstrum er átt við breytileika sem greina má í notkun vaðfugla á votlendi á mælikvarða alls landsins. Eina könnunin sem gerð hefur verið á tengslum verpandi vaðfugla við umhverfisþætti á landsmælikvarða er rannsókn sem fór fram á 758 slembipunktum á láglandi Íslands á árunum 2001–2003.⁷ Af þeim voru 115 blettir í votlendi. Könnunin fór fram seinni hluta máí en þá hafa

flestir vaðfuglar hafið varp eða eru við það að hefja varp. Á hverjum punkti voru fuglar taldir, búsvæðagerð ákvörðuð og ýmis landslags-einkenni sem meta mátti sjónrænt skráð, til dæmis fjöldi tjarnapolla, einkenni þýfis, gróðurþekja, þekja stórvaxinna jurta eins og fjalldrapa (*Betula nana*) og hrossanálar (*Juncus arcticus*), fjöldi framræsluskurða og vatnsstaða í skurðum. Þá var einnig skráð fjarlægð í næsta ræktaða land og fleira.⁷ Markmið með þessari könnun var að fá gróft mat á búsvæðavali íslenskra vaðfugla og greina umhverfisþætti sem tengdust viðveru þeirra og þéttleika. Tveir algengustu flokkar votlendis voru annars vegar hrísmýrar, þar sem einkennisjurtir eru fjalldrapi (*Betula nana*) og fífa (*Eriophorum* spp.), en sunnanlands er blástör (*Carex rostrata*) einnig áberandi, og hins vegar annað mýrlendi (samheiti yfir aðrar gerðir mýrlendis,⁷ t.d. hallamýrar, flæðiengjar og fitjar). Hér verður þessi sambreyskja votlendisgerða nefnd starmýrar. Ekki reyndist marktækur munur á þéttleika vaðfugla í hrísmýrum og starmýrum á landsmælikvarða og voru þær því hópaðar saman til að kanna hvort munur væri á þéttleika vaðfugla í votlendi milli landshluta. Að meðaltali reyndust vera um 1,3 vaðfuglar á hektara í votlendi, en munur reyndist vera á þéttleika milli landshluta (1. tafla). Mestur var þéttleikinn á Suðurlandi (einkum láglandi Árnes- og Rangárvallasýslna), um 2,5 vaðfuglar á hektara í votlendi, á Norðurlandi (einkum flatneskjur Skagafjarðar og Eyjafjarðar) voru tæpir 2 vaðfuglar á hektara og Norðausturland (láglandi við Skjálfanda og Öxarfjörð) var með tæplega 1,5 vaðfugla á hektara. Þéttleiki vaðfugla var mun minni á Vesturlandi og Austurlandi eða rétt um 0,5 vaðfuglar á hektara (1. tafla). Hafa bera í huga að þetta eru landshlutabundin meðaltöl, breytileiki innan landshluta er mikill og í öllum finnst bæði auðugir blettir og snauðir. Skýr landshlutabundinn munur á þéttleika vaðfugla hefur óneitanlega talsverð áhrif á hvernig best væri

að haga búsvæðavernd fyrir þennan hóp fugla. Að jafnaði er t.d. þrisvar til fimm sinnum vænlegra að varðveita votlendi af tiltekinni stærð á Suðurlandi eða Norðurlandi en á Vesturlandi eða Austurlandi. Áhugavert er að velta fyrir sér af hverju þessi munur milli landshluta er á þéttleika vaðfugla í votlendi. Líklega er um að ræða grundvallarmun á frjósemi lands sem skilar sér upp í gegnum fæðukeðjur og hefur áhrif á fæðuframboð mófugla og þar með hversu algengir þeir eru. Vaðfuglaríkustu votlendissvæðin eiga það sameiginlegt að landslag þeirra er mótað af nálægð við stórfjót, t.d. Þjórsá, Ölfusá, Héraðsvötn, Eyjafjarðará, Svarfaðardalsá, Laxá í Aðaldal og Jökulsá á Fjöllum. Flest eru þessi svæði flæðimýrar eða dalbotnamýrar (eða áreyrar, sjá aftar) sem væntanlega hafa mikið gegnumstreymi af steinefnaríku vatni. Þá er líklegt að áhrifa áfoks og nálægðar við gosbelti (t.d. öskufalls) gæti

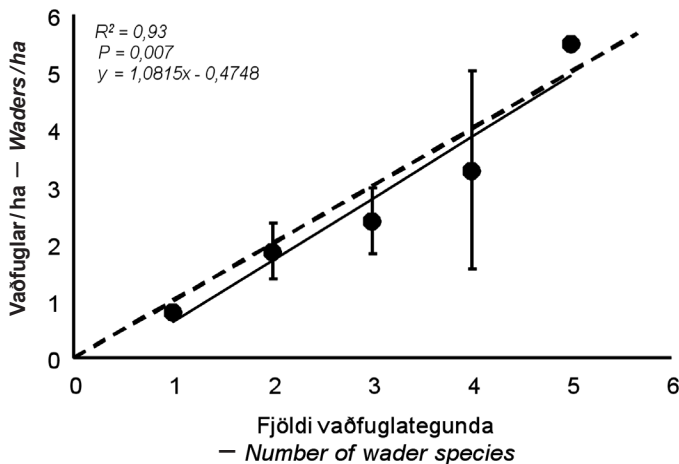
síður á Austurlandi og Vesturlandi þar sem þéttleiki vaðfugla í votlendi er minni. Þá er sýrustig jarðvegs almennt hærra sunnan lands og norðan en fyrir vestan og austan³¹ en algeng fæðudýr vaðfugla, t.d. ánamaðkar þrífast illa í sírum jarðvegi.³² Áfok virðist halda sýrustigi nokkuð uppi^{31,32} en það gæti verið meðal þeirra þátta sem skýra það mynstur sem hér er lýst í þéttleika vaðfugla. Þörf er á ítarlegri rannsóknun á sambandi landshátta eins og jarðvegsgerðar og vatnafars við fjölbreytni og lífmagn fugla til að skýra þetta betur. Við þetta má bæta að hlutfall kolefnis og niturs (C/N), sem oft er notað sem mælikvarði á frjósemi jarðvegs t.d.³⁴ (læggra hlutfall = meiri frjósemi), er hærra í flóamýrum og útkjálkamýrum eins og þeim sem eru ríkjandi á Austurlandi og Vesturlandi en í flæðimýrum og dalbotnamýrum sem eru algengar um sunnan- og norðanvert landið (Hlynur Óskarsson, munnl. uppl.).

1. tafla. Mat á þéttleika vaðfugla í votlendi (fuglar/ha) á helstu láglandissvæðum (undir 200 m y.s.). Beitt var punkttalningum*. Tveimur algengum hópum votlendis* var steypt saman þar eð ekki reyndist munur á þéttleika vaðfugla milli þeirra ($t = -0,14$, $P = 0,89$, frítölur = 113). Marktækur munur var á meðalþéttleika milli landshluta ($F_{5,114} = 3,98$, $P = 0,002$). Minnstur var þéttleikinn á Austurlandi og Vesturlandi en meiri á Suðurlandi, Norðurlandi og Norðausturlandi. Beinn samanburður (LSD** post-hoc t-próf) leiddi í ljós að þéttleiki vaðfugla á Suðurlandi og Norðurlandi var jafnan marktækt (miðað við $P = 0,05$) meiri en á Austurlandi og á báðum svæðunum á Vesturlandi, en Norðausturland var ekki marktækt frábrugðið öðrum svæðum. – Mean density (waders/ha) of waders in wetlands in major lowland basins (under 200 m a.s.) around Iceland. Two most common groups of wetlands*, marshes and dwarf-birch bogs, were grouped as there was not a significant difference in density between them. There was, however, a significant difference in density between areas; S-Iceland and N-Iceland had significantly higher density than W-Iceland (Breidafjörður + Faxaflói) and E-Iceland. NE-Iceland was intermediate.

Landsvæði – Area	Meðaltal (stfrv.) – Mean (st. dev.)	Fjöldi mælipunkta – n
Austurland – East Iceland	0,54 (0,595)	22
Breidafjörður – Breidafjörður	0,45 (0,522)	11
Faxaflói – Faxaflói	0,89 (0,894)	38
Norðausturland – North East Iceland	1,44 (1,424)	9
Norðurland – North Iceland	1,92 (1,801)	13
Suðurland – South Iceland	2,54 (3,555)	22
Alls – Total		115

* Tómas G. Gunnarsson o.fl. 2006.⁷ Þar má einnig sjá kort af staðsetningu mælipunkta.
– See Tómas G. Gunnarsson et al 2006⁷ for details and a map with the sampling plot positions.
** SPSS 12.0.1

Hér má nefna fremur sjaldgæfa og staðbundna landgerð sem yfirleitt ætti að flokkast sem votlendi. Þetta eru grónar áreyrar en þær eru algengastar meðfram stærri jökulám. Jökulár sem ekki er stýrt (t.d. með vatnsmiðlunum eða flóðgörðum) eiga það til að flæmast á eyrum og rjúfa gróðurframvindu. Algengt framvindustig á áreyrum eru hrossanálarflesjur, oft með víðirunnum (*Salix*) og vatnskílum. Þetta búsvæði virðist henta afskaplega vel fyrir spóa og má færa fyrir því rök að stór hluti heimsstofns spóa verpi á þessu búsvæði á Íslandi.^{7,26} Mikill landshlutamunur er á framboði gróinna áreyra en þær eru umfangsmestar á Suðurlandi, svo sem í Skaftafellssýslum og meðfram Markarfljóti og Þjórsá, við Öxarfjörð og á Úthéraði. Rannsóknir erlendis sýna að stýring jökuláa getur gerbreytt gróðurframvindu á áreyrum og því sérstæða dýralífi sem þar finnst við hinar óstöðugu aðstæður.^{35,36,37} Í samhengi við landshlutabundinn mun á þéttleika er fróðlegt að velta fyrir sér tegundafjölbreytni vaðfugla í votlendi. Fyrst má spyrja hvort þéttleiki vaðfugla og tegundafjölbreytni haldist í hendur. Eru það sömu votlendisblettir sem hafa bæði fleiri tegundir og meiri heildarþéttleika vaðfugla? Ef algengustu vaðfuglategundir svara þéttleika eigin tegundar og annarra á svipaðan hátt og ef búsvæðasérhæfing einstakra tegunda er ekki mjög áberandi, má búast við að þéttleiki aukist jafnhvatt og fjöldi tegunda. Sú er einmitt raunin (2. mynd), en þéttleiki vaðfugla í votlendi eykst í beinu hlutfalli við fjölda tegunda á því bili tegundafjölda sem hér var mælt. Það eru því sömu votlendisblettir sem hafa bæði fleiri tegundir og meiri heildarþéttleika vaðfugla. Að ofan kom í ljós að ekki var munur á þéttleika vaðfugla í hrísmýrum og starmýrum heldur fremur landshlutabundinn munur á þéttleika. En hvað með tegundafjölbreytni? Þó að tegundafjölbreytni og heildarþéttleiki vaðfugla haldist í hendur ef allir blettir eru skoðaðir saman, útilokar það ekki að munur sé á tegundafjölbreytni eftir



2. mynd. Samband meðalþéttleika og tegundafjölbreytni vaðfugla í votlendi á 84 blettum víðs vegar af láglandi. Núllpunktur voru undanskildir. Líkanið er ekki marktækt frábrugðið jafnstöðu (punktalínan, þ.e. ef allt annað er jafnt þá eykst þéttleiki fugla með sama hraða og tegundum fjölga og raunverulegt mynstur er mjög nálægt því innan þess bils tegundafjölda sem hér var mælt. – Relationship between mean density of waders and species diversity on 84 random patches of wetlands in lowland Iceland. The model is not significantly different from unity (dotted line, i.e., the breeding density increases at the same rate as the number of species on a patch, within the range of species diversity measured here.

votlendisgerðum og landsvæðum. Til að skoða þetta var gert línulegt líkan (e. *general linear model*) þar sem votlendisgerð, landshluti og samspil þessara þátta var allt notað til að spá fyrir um fjölda tegunda á votlendisblettum. Báðar breyturnar höfðu marktæk áhrif þegar spáð var fyrir um tegundafjölda, en áhrif landshluta voru þó heldur meiri en áhrif votlendisgerðar. Samspil þessara þátta hafði engin áhrif og var fjarlæggt úr líkaninu (heilðarlíkanið: $R^2 = 0,22$, $P < 0,0001$, $F_{114} = 5,03$; landsvæði: $P < 0,0001$, votlendisgerð: $P = 0,039$). Starmýrar voru almennt með meiri tegundafjölbreytni en hrísmýrar, en landshlutabundinn munur var með sama sniði og þegar þéttleiki vaðfugla var borinn saman að ofan. Þannig var fjölbreytni mest á Suðurlandi og Norðurlandi, nokkuð mikil fjölbreytni á NA-landi en á Vesturlandi og Austurlandi var minnst fjölbreytni.

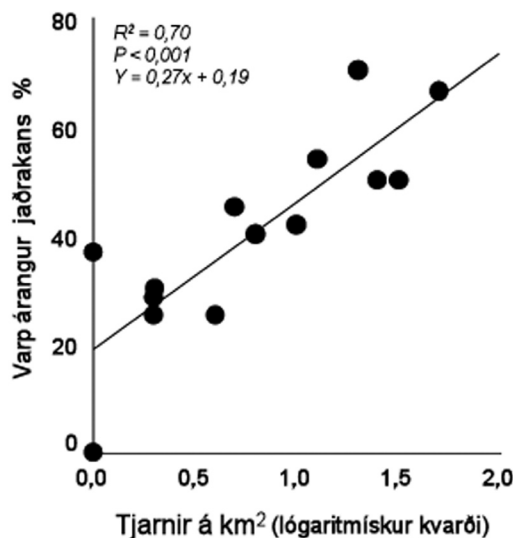
Ályktanir um landshlutabundinn mun byggjast á punktmælingum á 115 punktum sem flestir voru á stærri láglandisflatneskjum. Gagnlegt væri að mæla varpþéttleika nákvæmar á völdum punktum í mismunandi landshlutum. Það verður best gert með ítarlegri kortlagningu óðala með endurteknum heimsóknnum og helst með því að finna og kortleggja hreiður. Stuttar heimsóknir sem fela í sér punkt- eða sniðtalningar gefa vissulega hugmynd um varpþéttleika en hafa þann ágalla að erfitt er að vita í hvaða fasa fuglar eru (er bletturinn t.d. fæðu- eða varp-

svæði) nema þeir sýni óðalsatferli, en slíkt atferli sýna einkum karlfuglar og einungis stundum. Einnig væri fróðlegt að bæta við mælingum á útkjálkum, t.d. Vestfjörðum, en þeir voru lítt kannaðir í umræddri rannsókn.⁷

Svæðisbundin mynstur

Svæðisbundin mynstur eru þau sem verka á mælikvarða landslags, t.d. innan sveitar eða landshluta. Þetta er ef til vill sá mælikvarði sem mannsaugað nemur hvað best án þess að skipulagðar mælingar fari fram og þá jafnframt sá sem mest leggur til almennra ályktana um

mikilvægi votlendis fyrir fugla. Í fyrrnefndri könnun á búsvæðavali vaðfugla á láglandi reyndist viðvera vaðfugla nátengd „blautum“ landslagsþáttum, eins og tjörnum og hárrí vatnsstöðu í skurðum. Slík einkenni juku marktækt líkur á að lóupræll (*Calidris alpina*), hrossagaukur (*Gallinago gallinago*), spói, jaðrakani og stelkur (*Tringa totanus*) myndast á tilteknum blettum án tillits til þess hvort blettur var skilgreindur sem votlendi eður ei.⁷ Það er því ljóst að íslenskir vaðfuglar sækja markvisst í bleytu, en tengist aðgengi að votlendi afkomu? Varpárangur jaðrakans á Suðurlandi sýnir mjög sterk tengsl við þéttleika tjarna (3.



3. mynd. Skýr tengsl eru milli framboðs af fæðusvæðum fyrir fullorðna jaðrakana (tjörnum) á svæðisbundnum mælikvarða (láglandi Suðurlands) og varpárangurs.⁴¹ Varpárangur var metinn sem hlutfall þara sem koma upp einum eða fleiri ungum. $Y = 0,27x + 0,19$, $R^2 = 0,70$, $P < 0,001$, $n = 14$. – There is a strong relationship between breeding success of black-tailed godwits on individual sites and the access to shallow pools.⁴¹

2. tafla. Samanburður á umhverfisþáttum á slembipunktum ($n = 62$), umhverfis jaðrakanaheiður (35), á blettum þar sem stálpaðir jaðrakanaungar voru í fæðuleit (29) og í hreiðurskálum (31, aðeins gróðurhæð mæld). Gefin eru meðaltöl mælinga af átta athugunarsvæðum á Suðurlandi í cm ásamt staðalskekkju (í svögum). Sjá nánar um aðferðir í texta. Samanburður milli hópa (miðað við $P = 0,05$), á einstökum breytum var gerður með línulegu líkani og LSD post-hoc prófi (sjá 1. töflu). – Comparison of environmental variables between random points, Black-tailed godwit nest surroundings, godwit-chick feeding patches and godwit nest cups. Sward height was measured with a sward stick and penetrability with a pointy stick in cm.⁴⁰ A general linear model with an LSD post-hoc test (SPSS 12.0.1) revealed that sward height was significantly higher at chick feeding points and nest cups than elsewhere, chick feeding patches had more hummocks and the diversity of plants was less at nest sites than elsewhere.

	Gróðurhæð* – Sward height	Deigja** – Penetrability	Þýfi*** – Number of hummocks	Fjöldi háplöntu- tegunda**** – Number of vascular plant species in 1 m ²
Slembiblettir – Random points	16,3 (± 0,88)	9,5 (± 0,97)	10,1 (± 4,24)	10,4 (± 1,10)
Umhverfi hreiðurs – Nest surroundings	16,5 (± 0,98)	8,1 (± 0,95)	11,4 (± 3,91)	8,6 (± 0,37)
Ungablettir – Chick feeding points	20,9 (± 0,91)	7,8 (± 0,51)	12,3 (± 6,95)	10,8 (± 0,57)
Hreiðurskál – Nest cup	24,9 (± 1,66)			

* Gróðurhæð var marktækt meiri á ungatelettum og í hreiðurskál en á slembiblettum og í umhverfi hreiðurs.

Umhverfi hreiðurs var ekki marktækt frábrugðið slembiblettum.

** Ekki reyndist marktækur munur á deigju milli neinna flokka bletta.

*** Þýfi var marktækt meira á ungatelettum en umhverfis hreiður. Ekki var munur á slembiblettum og öðrum blettum.

**** Tegundafjölbreytni háplantna var marktækt minni umhverfis hreiður en á öðrum gerðum bletta.

mynd). Ekki er enn fullljóst hvernig orsakasamhenginu er háttað en það eru einkum fullorðnir jaðrakana sem nýta sér tjarnirnar beint, sérstaklega framan af varptíma. Líkt og ungar flestra vaðflugategunda taka jaðrakanaungar megnið af fæðu sinni af gróðri eða yfirborði.³⁸ Telja má sennilegt að framboð af vatnaskordýrum, t.d. rykmýi og vorflugum, sé oft meira í næsta nágrenni við tjarnir en annars staðar. Það má því leiða að því líkur að framboð af tjörnum og öðru votlendi leiði af sér aukid fæðufamboð, bæði fyrir fullorðna vaðflugla og unga þeirra.

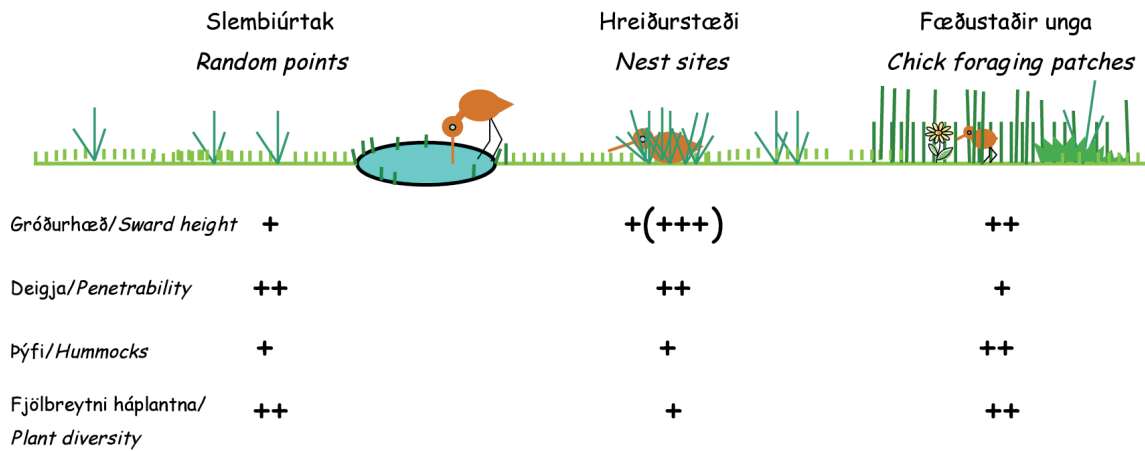
Sumrin 2002 og 2003 var fæðufamboð vaðfluglaunga á mismunandi mælikvörðum í votlendi á Suðurlandi kannað, annars vegar með fallgildrum og hins vegar með því að háfa af gróðri. Talin voru öll dýr stærri en 3 mm. Uppistaðan í fæðu vaðfluglaunga eru liðdýr sem tekin eru af lágum gróðri, en einnig er nokkuð tekið af yfirborði og þessar sýnatökuaðferðir gefa báðar gagnlega hugmynd um það framboð smádyra sem vaðfluglaungar upplifa.³⁸ Fæðufamboð var marktækt meira í starmýrum en hrísmýrum samkvæmt báðum aðferðum.

Þegar fæðufamboð var borið saman á milli bletta úti í mýrunum og graslendisbletta á sömu svæðum kom verulegur munur í ljós: graslendi var með mun meiri þéttleika smádyra en mýrlendi (háfun; graslendi: 199,6 dýr/sýni (± 23,61 staðalskekkja), mýrlendi: 65,7 (± 7,02); $t = -6,8$, $P < 0,0001$, frítölur = 54; fallgildur; graslendi: 4,4 dýr/gildrudag (± 0,28), mýrlendi: 3,2 (± 0,38), $t = 1,9$, $P = 0,05$, frítölur = 43). Munur á fæðufamboði fyrir vaðfluglaunga er því auðmælanlegur, bæði milli votlendisgerða og frá einu gróðurlendi til annars innan svæða. Þessi munur endurspeglar í dreifingu vaðfluglaunga eins og vikið verður að síðar.

Staðbundin mynstur

Til þess að skilja betur val jaðrakana á mismunandi blettum voru gerðar mælingar á gróðurfari, deigju og þýfi. Næsta nágrenni hreiðurs, hreiðurskál og blettir þar sem ungar fundust í fæðuleit voru bornir saman við slembivalda bletti (2. tafla). Í kringum hvern punkt (slembi, hreiður og ungateletti) voru gróðurhæð og deigja mæld á 10 slembipunktum innan 5 m radíuss. Meðaltal þessara

tíu mælinga var notað sem metill fyrir hvern blett. Járnstöng sem var 1,5 m að lengd, 10 mm í þvermál og vó 900 g var látin detta úr 0,5 m hæð og mælt var hversu djúpt hún sökk í undirlagið, en þetta er einkum mælikvarði á deigju jarðvegs.⁴⁰ Til að mæla gróðurhæð var sama stöng látin standa á endann og plastskífa (25 cm x 30 cm og 120 g) með gati í miðjunni látin falla utan um stöngina úr 1 m hæð. Mælt var hversu hátt frá jörðu skífan staðnæmdest. Hæðin sem skífan stöðvast í ræðst einkum af hæð, stífni og þéttleika gróðurs⁴⁰ en hér verður þessi mæling nefnd gróðurhæð. Til að fá mat á þýfi voru þúfur taldar innan sama 5 m radíuss. Þá voru háplöntutegundir á einum slembivöldum fermetra innan hvers 5 m radíuss greindar og taldar. Gróðurhæð var mæld í hreiðurskál með sömu aðferð og lýst er að ofan nema að því leyti að stöngin var sett ofan í mitt hreiður og skífan látin detta ofan á hulningu hreiðurs. Aðeins voru taldir blettir með ungu sem voru eldri en einnar viku til að tryggja að staðsetning unga væri nokkuð óháð staðsetningu hreiðurs. Samanburð á þessum umhverfisþáttum milli gerða bletta má sjá í



4. mynd. Einfölduð mynd af búsvæðavali jaðrakana á smáum mælikvarða innan votlendis (sjá 3. og 4. töflu). Fullorðnir jaðrakana sækja í tjarnir og polla í fæðuleit (en tjörnir á myndinni tengist annars ekki samantektinni að neðan). Hreiðrum er fundinn staður úti í einsleitri mýrinni þar sem það vekur síst athygli afræningja, en hreiðurskálín sjálf er yfirleitt vel falin inni í gróðurtoppi (krossar í sviga). Ungar sækja í þurrari teygginga af gras- og blómlendi þar sem gróður er hár, þýfi gjarnan meira og fæðuframboð meira en úti í mýrinni. Krossar tákna ómagnbundna breytingu í samanburði við aðrar gerðir bletta. – Schematic diagram of black-tailed godwit habitat selection on a small scale (tables 3 and 4). Adult godwits obtain much of their food from standing pools of water. Nests are usually well concealed within tussocks but otherwise placed in a uniform area of habitat. Chicks seek out drier patches with higher vegetation and often more hummocks, where the availability of arthropods is higher than in the adjacent marsh. The +’s denote a qualitative comparison with other types of patches. The ones in brackets denote the nestcup itself.

3. töflu. Blettir voru flokkaðir með fjölpátta lógaritmísku aðhvarfslíkani þar sem flokkarnir þrír voru háðar breytur (e. *multinomial model*). Heildarlíkanið var há-marktækt og flokkaði rétt 44% af ungablettum, 54% af hreiðurstæðum og 75% af slembiblettum (3. tafla). Athugunarsvæði var haldið inni í líkaninu til að gera ráð fyrir staðbundnum áhrifum. Í stuttu máli finna jaðrakana hreiðri oftast stað úti í mýri sem líkist sem mest því sem algengast er í umhverfinu, gróður er fremur fábreyttur (dregur ekki athygli að hreiðrinu) en hreiðurskálín sjálf er jafnan vel falin í gróðurtoppi.

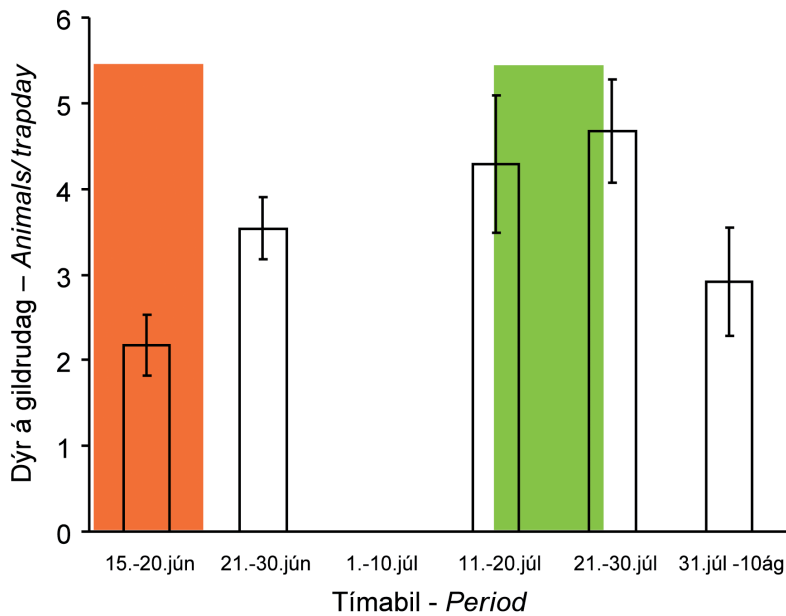
Almennt má segja að ungar leiti sér fæðu á blettum með hærri gróðri og gjarnan meira þýfi en búast mætti við fyrir tilviljun. Ungablettir hneigjast heldur til þess að vera þurrari og með fjölbreyttari gróðri en slembiblettir (4. tafla). Til að kanna fæðuframboð á ungastöðum voru blettir innan svæða, þar sem ungar fundust í fæðuleit, bornir saman við slembivalda bletti með háfun af gróðri. Þéttleiki liðdýra var mun meiri þar sem jaðrakanaungar fundust í fæðuleit en á slembivöldum blettum (ungablettir: 133 dýr/sýni ± 19,5; slembiblettir 90 dýr/sýni ± 12,1, $t_{62} = 1,95$, $P = 0,049$). Allt ber því

að sama brunni: Ungar leita upp úr flóum og mýrum og upp í þurrari teygginga af gras- og blómlendi þar sem bæði er auðveldara að felast og finna fæðu (4. mynd).

Af framangreindu má vera ljóst að notkun vaðfugla á votlendi er margslungin og taka verður mið af mismunandi mælikvörðum og þörfum lífsferilsstiga ef komast á til nokkurs skilnings á tengslum vaðfugla og votlendis. Þarfir unga og fullorðinna eru greinilega mismunandi, a.m.k. hjá jaðrakana, en fullorðnir sækja í votlendi og ungar í graslendi og jaðra mýranna. Eins og fyrr sagði er varpárangur jaðrakana nátengdur

3. tafla. Flokkun bletta út frá búsvæðamælingum með fjölpátta lógaritmísku aðhvarfi þar sem allir flokkar bletta voru háðar breytur (e. *multinomial logistic regression*). Heildarlíkanið: Nagelkerke (*Pseudo-R*) = 0,47; log-likelihood = 192,5; Chi-square 66,1; Fritölur = 20, $P < 0,001$). Marktækar spábreytir í lokalíkani voru gróðurhæð (Chi-square = 16,1; $P < 0,001$), deigja (Chi-square = 4,6; $P = 0,05$), fjöldi háplantna (Chi-square = 11,0; $P = 0,004$) og athugunarsvæði sem haldið var inni í líkaninu (Chi-square = 26,7; $P = 0,021$). Stefnu sambanda má sjá á 4. mynd. – Classification of Black-tailed godwit habitat patches with a multinomial logistic regression. Final predictors were sward height, penetrability, plant diversity and study site. Directions of relationships are given in figure 4.

Spáður flokkur – <i>Predicted group</i>	Raunflokkur – <i>Actual group</i>			
	Ungar – <i>Chick patches</i>	Hreiður – <i>Nests</i>	Slembi – <i>Random patches</i>	% rétt flokkað – % <i>Correct classification</i>
Ungar – <i>Chick patches</i>	13	1	15	44,8
Hreiður – <i>Nests</i>	3	19	13	54,3
Slembi – <i>Random patches</i>	7	8	46	75,4



5. mynd. Líklegar breytingar á fæðuframboði fyrir vaðfuglaunga á láglandi yfir varptíma. Grafið sýnir fjölda smádýra (> 3mm) sem komu í 54 fallgildirur á 12 athugunarsvæðum víðs vegar um Suðurland 2002 og 2003 (sameinuð ár). Ekki var safnað fyrstu 10 daga í júlí. Rauða skyggða svæðið sýnir hvenær jaðrakanaungar væru þurftafrekastir (síðasta vika áður en þeir verða fleygir) ef jaðrakana myndu verpa strax eftir komuna til landins. Græna súlan sýnir hvenær stórir jaðrakanaungar eru raunverulega mest á ferðinni. – Likely changes in food availability of wader chicks throughout the Icelandic summer based on pit-fall trap samples from S-Iceland. No sampling took place in the first 10 days of July. The red bar shows the most energy demanding age (the median week before fledging) of Black-tailed godwit chicks if they were to start incubation shortly after arrival in Iceland. However, they delay their breeding for 3–4 weeks and as a result, chicks require the most energy (green bar) when the availability of surface arthropods is seemingly highest.

aðgengi að grunnnum tjarnapollum (3. mynd) sem eru líklega uppspretta fæðu, bæði fyrir fullorðna og unga. Tímasetning varps, og þar með tímabundinn breytileiki í notkun á votlendi, er líklega einnig undir vali sem verkar í gegnum afkomu unga (þ.e. varptíminn ætti að hliðrast til þannig að mikið fæðuframboð fari saman við það tímabil sem ungararnir eru þurftafrekastir). Jaðrakana koma til landsins frá miðjum apríl fram í byrjun maí.⁴¹ Miðgildi dreifingar á upphafi álegu er 29. maí (112 hreiður, staðalfrávik 10,9 dagar). Þetta þýðir að jaðrakana bíða hátt í mánuð með að verpa eftir komuna til landsins. Með því að bíða virðast þeir tímasetja varp þannig að ungararnir eru þurftafrekastir þegar framboð af liðdýrum virðist vera mest (5. mynd). Spói kemur til Íslands 2–3 vikum á eftir jaðrakan en verpur samt á sama tíma.²⁶ Jaðrakan og spói eru náskyldir og ungar þeirra

hafa svipaða lífshætti þótt spói verpi almennt á fremur þurrari stöðum. Ekki er ólíklegt að náttúruval sem verkar í gegnum afkomu unga hafi átt þátt í að tímasetja varp þessara tegunda og ef til vill fleiri íslenskra vaðfugla.

Fæðuframboð er sennilega sá nærtæki þáttur sem hefur hvað mest áhrif á fjölda og dreifingu vaðfugla. Að framan var greint frá nýlegum samburði á fæðuframboði fyrir vaðfugla í votlendi á Suðurlandi. Munur var greinilegur bæði milli votlendisgerða og milli bletta innan svæða, og þessi munur endurspeglar í dreifingu vaðfugla. Einnig er talsverður breytileiki í fæðuframboði yfir sumarið og tímasetning varps virðist vera með þeim hætti að framboð liðdýra á sverði og gróðri sé hvað mest þegar ungar þurfa mest á því að halda. En hverju þarf að bæta við? Þörf er á mælingum í fleiri gerðum votlendis og

víðar um landið. Gagnlegt væri að tengja magn og breytileika smádýra beint við staðbundinn og landshlutabundinn breytileika í frjósemi jarðvegs⁴², því ekki er víst að gróðurfar (sem búsvæðaflokkun byggist yfirleitt á) gefi góða mynd af smádýrafánu. Slíkt samband myndi einnig flýta fyrir aðkallandi flokkun líffræðilegrar fjölbreytni en tímafrekt er að safna pöddum og greina alls staðar þar sem flokka þarf. Þá þarf að bæta upplausn gagna sem tímasetning fæðutopps (5. mynd) er byggð á. Mæla þarf breytileika í þessum toppi milli ára og landshluta en hann er líklegur til að hafa áhrif á landshlutabundinn mun á varptíma og lýðfræði vaðfugla.^{39,43} Greina þarf hversu mikilvægir mismunandi hópar eru í fæðu vaðfugla og einnig er mikilvægt að aðgreina fjölda dýra frá orkuinnihaldi fæðu þar eð margir hryggleysingar vaxa yfir sumarið³⁷ og fjöldi sem kemur í gildirur þarf því ekki að endurspeglar eiginlegt fæðuframboð fyrir vaðfuglaunga, þótt líklega geri hann það í reynd.

LÍFFRÆÐILEG FJÖLBREYTNÍ, LANDNOTKUN OG FRAMTÍÐ ÍSLENSKRA VAÐFUGLA

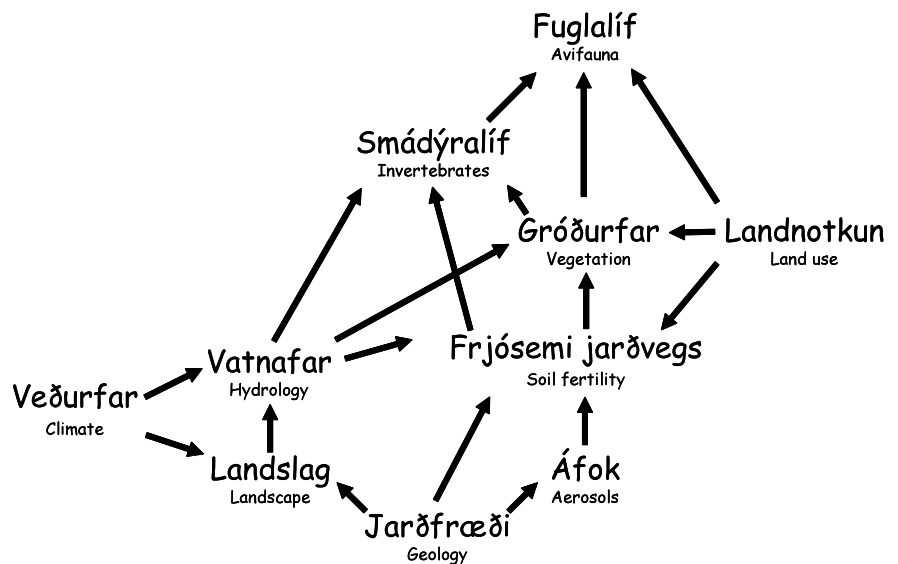
Frá því um aldamótin 1900 hefur um helmingi af öllu votlendi heimsins verið spillt.⁴⁴ Röskun votlendis á Íslandi er einnig veruleg; um 90% votlendis á Suðurlandi og Vesturlandi hefur verið raskað^{45,46} og líklega gegnir svipuðu máli um aðra landshluta. Þessar miklu breytingar vekja spurningar um áhrif, bæði bein áhrif á menn, t.d. vegna hlutverks votlendis við temprun flóða og bindingu kolefnis⁴⁷, og áhrif á aðrar lífverur eins og plöntur, liðdýr og fugla. Hér að framan var sýnt fram á að tengsl vaðfugla og votlendis eru margslungin. Sumir landshlutar eru mun fuglaríkari en aðrir og áhrif mósáikur landsins á fugla verka allt niður á mælikvarða þúfna í mýrum landsins. En hvaða máli skiptir skilningur á tengslum vaðfugla við umhverfi sitt? Í því samhengi er gagnlegt að velja fyrir

sér stöðu vaðfugla í vistkerfi lands á Íslandi. Vistkerfi og fæðuvefir eru afar flókin og sýbreytileg kerfi, og tengsl þátta, bæði innan og milli þrepa, verða seint skýrð til fulls. Þó eru ýmis grunnmynstur sem augljóslega skipta máli og geta veitt stuðning við skoðun og greiningu tengsla. Á einföldu líkani af landvistkerfi Íslands (6. mynd) má gera ráð fyrir að ólífrænir þættir, jarðfræði og veðurfar hafi mótandi áhrif og stjórni rennsli vatns og frjósemi jarðvegs. Samspil jarðvegseiginleika og vatnafars ræður mestu um gróðurfar.⁴⁸ Smádýralíf byggist á sömu eiginleikum auk áhrifa gróðurs, sem verka í gegnum þrívíddarbyggingu gróðursins og lífrænar leifar.⁴² Fuglar fylgja þannig grunnþáttum jarðar og veðurfars sem birtast í byggingu búsvæða og fæðuframboði. Vaðfuglar eru ríkjandi hópur fugla í vistkerfi lands á Íslandi. Aðra mófugla mætti nefna, svo sem þúfu-tittling (*Anthus pratensis*) og rjúpu (*Lagopus muta*), en sem hópur hafa vaðfuglar algera sérstöðu á Íslandi sökum fjölda og mikils lífmassa.⁷ Vaðfuglar eru því líklega einhverjir bestu mælikvarðarnir á ástand og heilbrigði vistkerfa á landi, einkum vegna þess að þeir eru einna efst í fæðukeðju landvistkerfis hér á landi og mjög algengir. Að auki eru þeir hreyfanlegir og viðgangur vaðfuglastofna gefur því víðtækari vísbendingar um ástand lands en framvinda staðbundnari lífvera. Votlendi er samhangandi kerfi af blettum og rásam með sameiginlega virkni og vistkerfi.⁴⁹ Þetta kerfi er svo samofið blettum af öðru tagi, t.d. ræktarlandi og graslendi, sem sumir hverjir eru einnig afar mikilvægir fyrir ýmsar lífverur og eru notaðir samhliða votlendinu. Þrátt fyrir þetta felst votlendisvernd einkum í því að vernda einstaka bletti af votlendi án tillits til tengsla og heildstæðni kerfa.³⁰ Vaðfuglar eru mikilvægir í landvistkerfum og flytja t.d. bæði hryggleysingja og fræ plantna milli frá einu votlendi til annars.^{50,51} Þá geta vaðfuglar, sem oft eru margir saman, haft veruleg staðbundin áhrif á fæðustofna sína.⁵² Aukinn

skilningur á ferðum vaðfugla og nýtingu þeirra á mismunandi blettum í mósaik íslenskra búsvæða hefði mikið gildi fyrir þekkingu á samhengi landslags og skilning á hvernig best verður unnið að viðhaldi líffræðilegrar fjölbreytni.

Landnotkun hefur og mun hafa gríðarleg áhrif á landvistkerfi og er lykilþáttur (6. mynd). Landnotkun hefur mikil áhrif á jarðveg, t.d. vegna áburðargjafar og umsetningar næringarefna í gegnum beit. Þá hefur landnotkun bein áhrif á gróðurfar, yfirleitt með þeim hætti að breyta blettóttu landi í einsleita ræktun, t.d. tún eða skóg. Beit hefur talsverð áhrif á fugla, ekki aðeins með því að breyta byggingu búsvæða heldur einnig vegna áhrifa hennar á fæðuframboð.⁵³ Beit getur haft bæði neikvæð og jákvæð áhrif og reyndar er beit bæði villtra dýra og búsmala víðast forsenda fyrir því að gróðurfar haldist á

hentugu framvindustigi fyrir vaðfugla.⁵⁴ Bein áhrif landnotkunar á fugla eru einnig vel þekkt, t.d. vegna þeirrar truflunar sem hún getur valdið stofnum.⁵⁵ Af þessu má sjá að framtíð líffræðilegrar fjölbreytni á Íslandi er nátengd náttúrulegum ferlum og samspili þeirra við landnotkun. Það ástand sem nú ríkir er að talsverðu leyti mótað af búsetu manna og með auknum þéttleika og umsvifum hafa menn sífellt meiri áhrif. Að framan fengust vísbendingar um að skörun líffræðilegrar fjölbreytni á efri stigum og landnotkunar sé líklega mun meiri en búast mætti við ef fuglar og landnýting væru jafndreifð. Þéttleiki og fjölbreytni mófugla voru mest í frjósömum landbúnaðarhéruðum sunnanlands og norðan. Þetta er væntanlega vegna þess að ræktunarskilyrði eru hvað best á sömu stöðum og fjölbreytni í gróðri og dýralífi er einna mest. Einnig er



6. mynd. Einfalt líkan af vistkerfi Íslands: samspil eðlisþátta, gróðurs, dýralífs og landnotkunar. Grunninn að frjósemi landsins og mósaik búsvæða mynda eðlisþættir jarðar og veðurfar. Eiginleikar jarðar móta landslagið ásamt veðurfari (veðrun vatns, vinds og jökla) og hafa einnig mest að segja um magn og dreifingu áfoks og efnasamsetningu jarðvegs. Auk mótunar landslags ræður veðurfar miklu um magn og dreifingu vatns. Auk áhrifa jarðrænna þátta, ræðst frjósemi jarðvegs mikið af vatnafari. Samspil frjósemi og vatnsbúskapar ræður svo einna mestu um gróðurfar – mósaik og tegundasamsetningu. Gróður stendur undir smádýralífi bæði sem lífrænar leifar og með því að móta þrívídd búsvæða. Frjósemi jarðvegs, t.d. sýrustig og magn uppleystra næringarefna, hefur einnig bein áhrif á smádýr. Þá hefur jarðraki áhrif á magn og samsetningu smádýrafánunnar. Fjöldi og dreifing fugla ræðst svo af fæðuframboði og gróðurfari. Landnotkun hefur einkum bein áhrif á frjósemi jarðvegs (t.d. með áburðargjöf tengdri landbúnaði), gróðurfar (ræktun) og fugla (t.d. truflun). – Schematic diagram of the (Icelandic) terrestrial ecosystem.

líklegt að hér endurspeglis jákvæð áhrif landbúnaðar á fuglalíf, en það er vel þekkt erlendis að landbúnaður sem iðkaður er af lítilli ákefð (e. *non-intensive*) hefur jákvæð áhrif á vaðfugla. Þau verka einkum í gegnum aukið fæðuframboð sem fylgir áburðargjöf og með hækkun sýrustigs, en súrari jarðvegur hefur neikvæð áhrif á fæðuframboð.³² Þegar ákveðnu stigi er náð í ákefð landnotkunar verða sam-söfnuð áhrif neikvæð þegar eyðing búsvæða þrengir meira að dýralífi en sem nemur þeim jákvæðu áhrifum sem nefnd voru að ofan. Þessi vendipunktur er væntanlega nokkuð langt undan á Íslandi, en flestir nágrannar okkar í V-Evrópu og N-Ameríku glíma við veruleg vandamál vegna þess að of mikið hefur verið gengið á auðlindir á landi, þjónusta vistkerfa brotnar niður og líffræðileg fjölbreytni tapast.^{32,56,57,58,59} Íslenskir vaðfuglastofnar eru flestir enn mjög sterkir og helst það í hendur við framboð hentugra búsvæða. Hins vegar eru blikur á lofti ef ágangur eykst með sama hraða og gerst hefur síðasta áratug. Einkum eru það ríkisrek-in skógræktarverkefni, frístunda-byggðir og breytt búsetumynstur í sveitum landsins sem eru að brjóta upp það landslag sem ríkt hefur á Íslandi síðustu aldir.^{10,60} Umhugsunarefni er hvaða fórnir felast í því að bylta íslensku búsetulandslagi, sem er einstakt í Evrópu.

Líta má á landið sem bútasauð af mismunandi búsvæðablettum. Þeir eru þó í samhengi, og margar lífverur reiða sig á fleiri en eina gerð bletta. Skoða þarf hvernig mismunandi samsetning bletta hefur áhrif á lífslíkur og varpárangur og á hvaða mælikvarða mynstrin verka. Þarf búsvæði B að vera við hliðina á A eða má það vera 5 km eða 20 km í burtu án þess að það komi niður á lífslíkum eða varpárangri? Þetta verður að skoða með því að fylgja einstaklingum á ferðum innan varptíma og tengja ferðir þeirra við áður nefnda þætti. Nauðsynlegt er að skoða ólíkar tegundir, t.d. þær sem sækja mikið í votlendi (t.d.

hrossagauk (*Gallinago gallinago*) eða jaðrakán) og þær sem sækja meira í þurrlandi (t.d. spóa eða heiðlóu).^{7,30} Þótt munur sé á landnotkunarmynstri tegunda er líklegt að munur á lífssögu (e. *life-history*) útskýri mikið af breytileikanum og þá ætti að rannsaka fáar vel valdar tegundir af kostgæfni frekar en að rannsaka fleiri tegundir verr.⁶¹

Nauðsynlegt er að kortleggja líffræðilega fjölbreytni á Íslandi sem allra fyrst og bera saman við skilyrði fyrir mismunandi landnotkun, t.d. matvælaframleiðslu og byggðapróun. Til dæmis er óæskilegt að byggja þar sem jarðvegsauðlindir og líffræðileg fjölbreytni eru hvað mest, því hús geta allt eins staðið á ófrjósome landi. Svo hraðar breytingar á íslensku landslagi standa nú yfir að erfitt er að réttlæta nákvæmar, seinlegar og dýrar aðferðir við flokkun á landi. Þörf er á grófflokkun – strax. Sú flokkun ætti fremur að byggjast á tengslum líffræðilegrar fjölbreytni við eðlisþætti á stórum mælikvörðum (sbr. 6. mynd) en á ítarlegri flokkun búsvæða út frá gróðurfari sem oft er óstöðugt, jafnvel á stuttum tímamælikvörðum. Enn fremur eru tengsl bletta, oft fjarlæggra (t.d. í gegnum viðloðun vatns og ferðir fugla), svo sterk að óraunhæft getur verið að flokka út frá staðbundnum einingum án þess að tengsl mósaikurinnar séu könnuð. Með öðrum orðum þá er lýsandi flokkun á landi út frá útliti (t.d. gróðri) að jafnaði ekki líkleg til að leiða til þess skilnings á ferlum sem þarf fyrir sveigjanlegar spár um samspil landnotkunar og náttúrufræðis. Fuglar eru líklega auðtaldasti hópur lífvera í íslenskri náttúru og á landi eru vaðfuglar þeirra algengastir. Eins og sýnt var að framan fylgja vaðfuglar næringarstöðu á stórum og litlum mælikvörðum og eru að auki ávitar á annað líf niður á mjög staðbundna mælikvarða. Rannsóknir á samspili vaðfugla við umhverfi sitt gætu því verið sérlega notadrjúgar við að kortleggja breytileika í frjósemi lands og líffræðilega fjölbreytni og við að meta áhrif landnotkunar á landvistkerfi Íslands.

SUMMARY

Shorebirds and wetlands

The abundance and density of shorebirds in Iceland is great. Mild oceanic climate, fertile volcanic soils and vast expanses of suitable habitat, sculpted by human settlement, support shorebird populations of global importance. This paper reviews the current information about habitat use of shorebirds in Iceland, with particular reference to wetlands. The use of wetlands by breeding shorebirds is temporally variable and wetland use is most active during the pre- and post-breeding periods. During the incubation and chick rearing periods one or both parents are tied to the territory or brood and often use wetlands less. Spatially, the density of shorebirds in wetlands varies markedly. On a country-wide scale, densities are highest in south and north Iceland but much lower in the east and west. This is probably a reflection of geological substrates and hydrology. Soils in the east and west are less influenced by recent volcanic activity and the fertilizing effects of large glacial rivers are less pronounced. On a smaller scale, most shorebirds show a strong association with wet features in the landscape and black-tailed godwits *Limosa limosa islandica* show a very strong correlation between large-scale breeding success and the availability of shallow pools. Studies of black-tailed godwits on a small scale show that nests are placed in a uniform area of the marsh but are well concealed. Chicks seek out drier tracts of mesic grassland, which tends to have higher vegetation, more hummocks and on average a much higher food abundance than the surrounding marsh. Shorebirds are the most prominent group of birds in the Icelandic terrestrial ecosystem, both in terms of distribution and abundance. They are relatively easily counted and this summary shows that distribution patterns follow nutrition levels from country-wide scales down to scales of a few square meters. An understanding of how the mosaic of habitat patches is reflected in shorebird fitness is likely to be very valuable in assessing biodiversity patterns and for validating the effects of different land-use scenarios in lowland Iceland.

ÞAKKIR

Þessi grein var rituð til heiðurs Arnþóri Garðarssyni á 70 ára afmæli hans. Arnþóri færi ég bestu þakkir fyrir vináttu og heimspekilega hvatningu í vel á annan áratug. Jenny Gill og Graham Appleton tóku þátt í öflun gagna sem notuð voru til að bera saman þéttleika og fjölbreytni vaðfugla eftir landshlutum. Gunnar Tómasson og Elsa Marísdóttir veittu svöngum feltmanni margvíslegan stuðning meðan sú vinna sem þessi kafli byggist á fór fram og Gunnar las jafnframt yfir handrit. Hlynur Óskarsson og Jón S. Ólafsson lásu yfir og lagfærðu margt. Þessu ágæta fólki er þakkað kærlega fyrir stuðninginn.

HEIMILDIR

1. Arnþór Garðarsson 1975. Íslenskir votlendisfuglar. Bls. 100–134 í: *Votlendi, rit Landverndar nr. 4* (ritstj. Arnþór Garðarsson). Landvernd, Reykjavík.
2. Ólafur Einarsson & Rees, E.C. 2002. Occupancy and turnover of Whooper Swans on territories in northern Iceland: Results of a long-term study. *Waterbirds* 25. 202–210.
3. Árni Einarsson, Gerður Stefánsdóttir, Helgi Jóhannesson, Jón S. Ólafsson, Gísli Már Gíslason, Wakana, I., Guðni Guðbergsson & Arnþór Garðarsson 2004. The ecology of Lake Myvatn and the River Laxá: Variation in space and time. *Aquatic ecology* 38. 317–348.
4. Árni Einarsson 2004. Lake Myvatn and the River Laxa: An introduction. *Aquatic Ecology* 38. 111–114.
5. Arnþór Garðarsson 2006. Temporal processes and duck populations: examples from Myvatn. *Hydrobiologia* 567. 89–100.
6. Guðmundur A. Guðmundsson 2002. Estimates of breeding populations of Icelandic waders. Öbirt skýrsla fyrir International Wader Study Group. Náttúrufræðistofnun Íslands, Reykjavík. 15 bls.
7. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Appleton, G.F., Hersir Gíslason, Arnþór Garðarsson, Watkinson, A.R. & William J. Sutherland 2006. Large-scale habitat associations of birds in lowland Iceland: Implications for conservation. *Biological Conservation* 128. 265–275.
8. Thorup, O. (ritstj.) 2006. Breeding waders in Europe 2000. *International Wader Studies* 14 (publication of the International Wader Study Group). 142 bls.
9. International Wader Study Group 2003. Waders are declining worldwide. Conclusions from the 2003 International Wader study group conference, Cádiz, Spain. *Wader Study Group Bulletin* 101/102. 8–12.
10. Tómas Grétar Gunnarsson 2006. Íslenskir mófuglar og skógrækt. *Fuglar, rit Fuglaværndar* 3. 46–52.
11. Þóra Ellen Þórhallsdóttir 2001. Ásýnd landsins. Ráðunautafundur 2001, Reykjavík. Bls. 77–85.
12. Guðmundur A. Guðmundsson 1998. Þýðing votlendis fyrir fugla. Í: *Íslensk votlendi – verndun og nýting*. Ritstj. Jón S. Ólafsson. Háskólaútgáfan, Reykjavík. Bls. 167–172.
13. Arnþór Garðarsson 1998. Íslensk votlendi. Í: *Íslensk votlendi – verndun og nýting*. Ritstj. Jón S. Ólafsson. Háskólaútgáfan, Reykjavík. Bls. 11–35.
14. Gill, J.A., Norris, K., Potts, P.M., Tómas G. Gunnarsson, Atkinson, P.W. & Sutherland, W.J. 2001. The buffer effect and large-scale population regulation in migratory birds. *Nature* 412. 436–438.
15. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Þorlákur Sigurbjörnsson & Sutherland, W.J. 2004. Arrival synchrony in migratory birds. *Nature* 431. 646.
16. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Newton, J., Potts, P.M. & Sutherland, W.J. 2005. Seasonal matching of habitat quality and fitness in a migratory bird. *Proceedings of the Royal Society of London B* 272. 2319–2323.
17. Reed, J.M. & Oring, L.W. 1992. Reconnaissance for future breeding sites by Spotted Sandpipers. *Behavioural ecology* 3. 310–317.
18. Redmond, R.L. 1986. Egg size and laying date of long-billed curlews *Numenius americanus*: implications for female reproductive tactics. *Oikos* 46. 330–338.
19. Tulp, I. 2007. The arctic pulse: timing of breeding in long distance migrant shorebirds. *Doktorsritgerð við háskólann í Groningen, Hollandi*. 259 bls.
20. Blomqvist, D., Kempenaers, B., Lanctot, R.B. & Sandercock, B.K. 2002. Genetic parentage and mate guarding in the Arctic-breeding Western Sandpiper. *Auk* 119. 228–233.
21. Forstmeier, W. & Weiss, I. 2004. Nest-site selection and success of mottled ducks on agricultural lands in southwest Louisiana. *Wildlife Society Bulletin* 31. 433–442.
22. Evans, P.R. & Pienkowski, M.W. 1984. Population dynamics of shorebirds. Í: *Shorebirds: Breeding Behavior and Populations* (ritstj. Burger, J. & Olla, B.L.). Behaviour of marine animals, Current perspectives in research 5. 83–123.
23. Byrkjedal, I. & Thompson, D. 1998. Tundra plovers: The Eurasian, Pacific and American Golden plovers and Grey plover. T & AD Poyser Ltd. London. 422 bls.
24. Downie, I.S., Coulson, J.C., O'Connell, M.J., Evans, P.R., Thomas, C.J. & Whitfield, D.P. 1996. Functional ecology of peatland animals in the Flow Country of northern Scotland: II. Invertebrate distribution and availability. Research and Advisory Services Directorate Report. Scottish Natural Heritage, Edinburgh.
25. Pierce, E.P. 1997. Sex roles in the monogamous purple sandpiper *Calidris maritima* in Svalbard. *Ibis* 139. 159–169.
26. Tómas Grétar Gunnarsson 2000. Stofnvistfræði spóa á Suðurlandi. 45 eininga MS-ritgerð við Háskóla Íslands. 133 bls.
27. Ens, B.J., Kersten, M., Brenninkmeijer, A. & Hulscher, J.B. 1992. Territory quality, parental effort and reproductive success of oystercatchers (*Haematopus ostralegus*). *Journal of animal ecology* 61. 703–715.
28. Tómas Grétar Gunnarsson 2006. Monitoring wader productivity during autumn passage in Iceland. *Wader study group bulletin* 110. 21–29.
29. George, T.L. & Zack, S. 2001. Spatial and temporal considerations in restoring habitat for wildlife. *Restoration Ecology* 9. 272–279.
30. Haig, S.M., Mehlman, D.W. & Oring, L.W. 1998. Avian movements and wetland connectivity in landscape conservation. *Conservation biology* 12. 749–758.
31. Björn Jóhannsson 1960. Íslenskur jarðvegur. Bókaútgáfa Menningarsjóðs. Reykjavík. 134 bls.
32. Wymenga, E., Oosterveld, E. & Bruinzeel, L. 2006. Management of meadow bird communities in Frysland. Bottlenecks and solutions in the core areas of the Black-tailed godwit. A & W – report 911. Altenburg & Wymenga ecological consultants, Veenwouden, the Netherlands (www.altwym.nl). 33 bls.
33. Hólmfríður Sigurðardóttir 1995. Ánamaðkar í túnnum. Ráðunautafundur 1995. 177–183.
34. Hornibrook, E.R.C., Longstaffe, F.J., Fyfe, W.S. & Bloom Y. 2000. Carbon-isotope ratios and carbon, nitrogen and sulfur abundances in flora and soil organic matter from temperate-zone bog and marsh. *Geochimical Journal* 34. 237–245.
35. Fruget, J.F. 1992. Ecology of the lower Rhone after 200 years of human influence – a review. *Regulated Rivers: Research and Management* 7. 233–246.
36. Merritt, D.M. & Cooper, D.J. 2000. Riparian vegetation and channel change in response to river regulation: A comparative study of regulated and unregulated streams in the Green River Basin, USA. *Regulated Rivers: Research and Management* 16. 543–564.
37. Nilsson, D. & Dynesius, M. 1994. Ecological effects of river regulation on mammals and birds – a review. *Regulated Rivers: Research and Management* 9. 45–53.
38. Schekkerman, H. & Beintema, A. 2007. Abundance of invertebrates and foraging success of Black-tailed Godwit *Limosa limosa* chicks in relation to agricultural grassland management. *Ardea* 95. 39–54.
39. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Evar Petersen, Appleton, G. & Sutherland, W.J. 2005. A double buffer effect in a migratory shorebird population. *Journal of animal ecology* 74. 965–971.
40. Sutherland, W.J. (ritstj.) 1996. *Ecological census techniques*. Cambridge University Press. Cambridge. 352 bls.
41. Tómas Grétar Gunnarsson, Gill, J.A., Petersen, A., Appleton, G. & Sutherland, W.J. 2005. A double buffer effect in a migratory shorebird population. *Journal of Animal Ecology* 74. 965–971.
42. Bardgett, R. 2005. *The Biology of Soil: A Community and Ecosystem Approach*. Oxford University Press, Oxford. 254 bls.
43. Gill, J.A., Langston, R.H.W., Alves, J.A., Bocher, P., Vieira, N.C., Crockford, N., Gélineau, G., Groen, N., Tómas G. Gunnarsson, Hayhow, B., Hooijmeijer, J., Kentie, R., Kleijn, D., Lourenço, P., Masero, J., Meunier, F., Potts, P.M., Roodbergen, M., Schekkerman, H., Wymenga, E. & Piersma, T. 2008. Contrasting populations trends in two populations of black-tailed godwit, *Limosa limosa*: a review of causes and recommendations. *International Wader Study Group Bulletin* 114. 43–50.
44. Dugan, P. 1993. *Wetlands in danger*. Michael Beasley, Reed International books. London. 192 bls.
45. Þóra Ellen Þórhallsdóttir, Jóhann Þórsson, Svafa Sigurðardóttir, Kristín Svavarsdóttir & Magnús H. Jóhannsson 1998. Röskun votlendis á Suðurlandi. Í: *Íslensk votlendi, verndun og nýting* (ritstj. Jón S. Ólafsson). Háskólaútgáfan. 283 bls.
46. Hlynur Óskarsson 1998. Framræsla votlendis á Vesturlandi. Í: *Íslensk votlendi, verndun og nýting* (ritstj. Jón S. Ólafsson). Háskólaútgáfan. 283 bls.
47. Hlynur Óskarsson & Ása Aradóttir 2001. Gildi úthaga – þjónusta vistkerfa. Ráðunautafundur 2001. Bls. 65–68.
48. Rydin, H. & Jeglum, J.K. 2006. *The biology of peatlands*. Oxford University Press. Oxford. 360 bls.
49. Hilmar J. Malmquist 1998. Ár og vötn á Íslandi: Vistfræði og votlendistengs. Í: *Íslensk votlendi, verndun og nýting* (ritstj. Jón S. Ólafsson). Háskólaútgáfan. 283 bls.
50. Green, A.J. & Sanchez, M.I. 2006. Passive internal dispersal of insect larvae by migratory birds. *Biology Letters* 2. 55–57.
51. Sanchez, M.I., Green, A.J. & Castellanos, E.M. 2006. Internal transport of seeds by migratory waders in the Odiel marshes, south-west Spain: consequences for long-distance dispersal. *Journal of Avian Biology* 37. 201–206.
52. Gill, J.A., Sutherland, W.J. & Norris, K. 2001. Depletion models can predict shorebird distribution at different spatial scales. *Proceedings of the Royal Society Society of London B*. 268. 369–376.
53. Dennis, P., Skartveit, J., McCracken, D.I., Pakeman, R.J., Beaton, K., Kunaver, A. & Evands, D.M. 2008. The effects of livestock grazing on foliar arthropods associated with bird diet in upland grasslands of Scotland. *Journal of Applied Ecology* 45. 279–287.

54. Tichit, M., Doyen, L., Lemel, J.Y., Renault, O., Durant, D. 2007. A co-viability model of grazing and bird community management in farmland. *Ecological Modelling* 206. 277–293.
55. Liley, D. & Sutherland, W.J. 2007. Predicting the population consequences of human disturbance for Ringed Plovers *Charadrius hiaticula*: a game theory approach. *Ibis* 149. 82–94.
56. Kleijn, D., Berendse, F., Smit, R. & Gilissen, N. 2001. Agri-environment schemes do not effectively protect biodiversity in Dutch agricultural landscapes. *Nature* 431. 723–725.
57. Benton, T.G., Bryant, D.M., Cole, L. & Crick, H.Q.P. 2002. Linking agricultural practice to insect and bird populations: a historical study over three decades. *Journal of Applied Ecology* 39. 673–697.
58. Kundzewicz, Z.W., Ulbrich, U., Brucher, T., Graczyk, D., Kruger, A., Leckebusch, G.C., Menzel, L., Pinskiwar, I., Radziejewski, M. & Szwed, M. 2005. Summer floods in central Europe – Climate change track? *Natural Hazards* 36. 165–189.
59. Eglinton, S.M., Gill, J.A., Bolton, M., Smart, M.A., Sutherland, W.J. & Watkinson, A.R. 2008. Restoration of wet features for breeding waders on lowland grassland. *Journal of Applied Ecology* 45. 305–324.
60. Tómas Grétar Gunnarsson 2006. Tjarnirnar í Flóanum og náttúruvernd í Árborg. *Glugginn* (sunnlenskt fréttablað), 9. febrúar. Bls. 10.
61. Dulvy, N.K., Ellis, J.R., Goodwin, N.B., Reynolds, J.D. & Jennings, S. 2004. Methods of assessing extinction risk in marine fishes. *Fish and Fisheries* 5. 255–276.

UM HÖFUNDINN



Tómas Grétar Gunnarsson (f. 1974) lauk BS-prófi í líffræði frá Háskóla Íslands 1997, MS-prófi í vistfræði frá sama skóla 2000 og doktorsprófi í vistfræði frá University of East Anglia 2004. Hann gegndi rannsóknastöðum við síðastnefnan skóla og Cambridge-háskóla 2005–2008. Tómas var forstöðumaður Háskólaseturs Snæfellsness 2006–2009 en er nú forstöðumaður Háskólaseturs Suðurlands. Hann hefur stundað fjölbreyttar rannsóknir á vistfræði fuglastofna.

PÓST- OG NETFANG HÖFUNDAR/AUTHOR'S ADDRESS

Tómas Grétar Gunnarsson
Háskóli Íslands
Háskólasetur Suðurlands
Tryggvagötu 36, IS-800 Selfoss
Gunnarsholti, IS-851 Hella
tomas@hi.is