

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra ekologie



Bakalářská práce

Role relativní vlhkosti ve hnízdě při inkubaci ptačích vajec

Martina Doubnerová

© 2018 ČZU v Praze

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martina Doubnerová

Územní technická a správní služba

Název práce

Role relativní vlhkosti ve hnízdě při inkubaci ptačích vajec

Název anglicky

Importance of the relative air humidity during incubation of avian eggs

Cíle práce

- 1) Shrnutí dostupné literatury, zabývající se zejména vzdušnou vlhkostí ve hnízdech divokých ptáků, jejím významem pro vývoj ptačího embrya a možnostmi jejího ovlivnění ze strany inkubujících rodičů.
- 2) Deskriptivní studie, popisující vzdušnou vlhkost v reálných hnízdech kulíka říčního (*Charadrius dubius*) a čejky chocholaté (*Vanellus vanellus*).

Metodika

- 1) Proběhne důkladné shromažďování dostupných literárních zdrojů, zejména pomocí webu Google Scholar.
- 2) Do hnízd obou modelových druhů, nalezených v průběhu práce širšího týmu v oblasti českobudějovické pánve budou umístěny datalogery MSR145B16H & FH/100. K dispozici jsou 3 datalogery, přičemž doba expozice dataloggeru v jednom hnízdě bude cca 3 dny. Data budou dále vyhodnocována zejména v kontextu okolního počasí, stupni nasezení snůšky a mohutnosti výstelky hnízdního důlku.

Doporučený rozsah práce

20 stran

Klíčová slova

inkubace vajec, inkubační vlhkost, behaviorální ekologie, čejka chocholatá, kulík říční

Doporučené zdroje informací

DEEMING, D. C. *Avian incubation : behaviour, environment, and evolution*. Oxford: Oxford University Press, 2002. ISBN 0-19-850810-7.

Deeming, D. C. 2011: Importance of nest type on the regulation of humidity in bird nests. *Avian Biology Research*. 4 (1): 23-31.

SWART, D. & RAHN, H. 1988: Microclimate of ostrich nests: measurements of egg temperature and nest humidity using egg hygrometers. *J Comp Physiol B*. 157:845-853.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FŽP

Vedoucí práce

Bc. Martin Sládeček

Garantující pracoviště

Katedra ekologie

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2017

doc. Ing. Jiří Vojar, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 5. 4. 2017

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 10. 04. 2018

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Role relativní vlhkosti ve hnízdě při inkubaci ptačích vajec" jsem vypracovala samostatně pod vedením Mgr. Martina Sládečka a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce.

V Praze dne 30. 4. 2018

Poděkování

Chtěla bych na tomto místě poděkovat vedoucímu práce, Mgr. Martinu Sládečkovi, za vedení této práce, věcné rady, připomínky a trpělivost.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je rozdělena do dvou částí. V první části se věnuji obecným informacím. Předpoklad pro vydařený vývoj zárodku je vhodná teplota, vlhkost a dostupnost dýchacích plynů. Během inkubace dochází ke ztrátám vody vypařováním skrze póry ve skořápce. Při nízké vlhkosti může dojít k vysušení embrya, naopak při příliš vysoké vlhkosti dochází k nesprávnému vývoji embrya a v důsledku absence vzduchové kapsy často k mortalitě embryí.

V druhé části se věnuji zpracování našich výsledků, které byly naměřeny v terénu roku 2017 v oblasti Českobudějovické pánve. Výzkum byl prováděn na dvou modelových druzích a těmi jsou čejka chocholátá (*Vanellus vanellus*) a kulík říční (*Charadrius dubius*). Dále pak v diskuzi porovnávám výsledky námi naměřené a výsledky z literárních zdrojů.

Klíčová slova: inkubace vajec, relativní vlhkost, čejka chocholátá, kulík říční

Abstract

This bachelor thesis is parted into two sections. I dedicated the first section to a general information. Prerequisite for a successful development of an embryo is suitable temperature, humidity and the availability of breathing gases. During the incubation occurs a loss of water through evaporation through the pores in the shell. When the humidity is low the embryo can dry out, on the contrary when the humidity is too high, the embryo develops incorrectly and due to the absence of an air pocket embryo mortality often occurs.

The second section I dedicated to a processing our results which were measured in the terrain in 2017, in the area of south Bohemia. The research was carried out on two model species, and those are the Northern Lapwing (*Vanellus vanellus*) and Little Ringed Plover (*Charadrius dubius*). In the discussion I compare the results we have obtained and the results from literary sources.

Keywords: incubation of eggs, relative humidity, Little Ringed Plover, Northern Lapwing

Obsah

1 Cíle práce	1
2 Literární rešerše.....	2
2.1 Inkubace.....	2
2.2 Složení ptačího vejce.....	3
2.3 Vliv architektury hnízda na vlhkost	5
2.3.1 Výběr vhodného místa.....	5
2.3.2 Morfologie hnízda.....	5
2.3.3 Materiál hnízd	6
2.3.4 Teplota hnízda.....	7
2.4 Vlhkost	7
2.4.1 Vlhkost vzduchu	7
2.4.2 Vlhkost hnízda	8
3 Metodika	11
4 Výsledky	12
5 Diskuze	16
6 Závěr	17
7 Seznam použité literatury.....	18
8 Přílohy	23

1 Cíle práce

Tato bakalářská práce se zabývá relativní vlhkostí při inkubaci ptačích vajec, která hraje důležitou roli při vývoji embrya. Cílem této práce bylo z dostupných literárních zdrojů shromáždit materiály týkající se vlhkosti ve hnízdě ptáků, popsat faktory ovlivňující vlhkost. Popsat proč je vlhkost hnízda důležitá pro vývin embrya. Zpracovat data z našich měření v terénu a vyhodnotit údaje. Vyhodnotit za jakých teplotních podmínek relativní vlhkost roste nebo naopak klesá a čím je tak způsobeno. Jaký vliv na relativní vlhkost mají odchody z hnízda a příchody inkubujících rodičů.

2 Literární rešerše

2.1 Inkubace

Inkubace vajec patří mezi důležité činnosti spojené s hnízděním ptáků. Předpoklad pro vdařený vývoj zárodku je vhodná teplota, vlhkost a dostupnost dýchacích plynů. Existují dvě varianty inkubace. Inkubace vajíčka pouze samostatným hnízdem a prostředím. Tímto způsobem inkubuje jen velmi málo ptáků, například čeled' tabonovití (*Megapodiidae*) (Collias, 1964). Taboni jsou hrabaví ptáci, kteří se vyskytují převážně v Austrálii, v jihovýchodní Asii, na Filipínách, v Nové Guineji a na ostrovech v jihozápadním Tichomoří (Frith, 1989). Rozmnožování tabonů je nejen zvláštní ale i podivné. Převážně samec, ale někdy i společně se samicí, připravují hnízdo pro svá vejce. Shromažďují nejrůznější materiál jako je písek, hlína, větvičky, trávy nebo listy a vytvoří hromadu i několik metrů vysokou, tento proces přípravy hnízda trvá i několik let (Jones & Birks, 1992). Do toho připraveného hnízda snese samice 3-35 vajec, kladení vajec může trvat až po dobu 4 měsíců. Samice se po snůšce většinou o hnízdo již nestará. Samec udržuje v hnízdě konstantní teplotu, za pomoci rozhrabávání a přilhabávání nového materiálu, kterou kontroluje vsunutím zobáku do hnízda. Kuřata po vylíhnutí jsou většinou ihned samostatná a od hnízda odcházejí. Samec ihned po vylíhnutí všech kuřat, začíná opět stavět nové hnízdo na další sezónu. (Veselovský, 2001)

Druhým příkladem inkubace je metoda přímé aplikace tepla na vejce z těla rodiče. Tuto strategii inkubace můžeme dále rozdělit podle toho, zda se na hnízdě střídají oba rodiče. Tento druh inkubace se vyskytuje zhruba u 50 % čeledí ptáků. U 37 % čeledí inkubuje pouze samice a výjimečně inkubuje pouze samec, to je 6% čeledí (Deeming, 2002). Takovým extrémním příkladem jsou tučňáci z rodu *Aptenodytes*, jako je například tučňák císařský (*Aptenodytes forsteri*), který se vyskytuje na Antarktidě a na přilehlých ostrovech v moři. Samice snese pouze jedno vejce, které předá samcovi, celý tento proces je velmi náročný. Někdy se párům stane, že jim vejce upadne, pokud se tak stane, tak mládě uvnitř velmi rychle umírá, protože nedokáže vystát nízké teploty na povrchu ledu (Le Maho, 1977). Samec inkubuje vejce v záhybu kůže mezi nohama, kde je vejce chráněno před mrazy, které dosahují i mínus 40 stupňů (Budd, 1961). U ostatních druhů tučňáků se při inkubaci rodiče střídají. Tučňáci z rodu *Eudyptes* si stavějí „falešná“ hnízda, vystýlají si přírodní prohlubiny, ale k dispozici není moc materiálu, takže obvykle poskládají menší kamínky do tvaru kruhu. Rod

Eudiptula si stavějí hnízdo v podobě nor na pobřeží, kde je měkčí půda. Hnízdo si vystylají větvičkami, kamínky nebo dokonce rybími šupiny (Le Maho, 1977).

Pokud sedí na vejcích jen jeden pták, má několik možností, jak rozdělit svůj čas mezi zahřívání vajec a doplňování energie. Může podniknout jen jeden dlouhý výlet z hnízda za den, mnoho kratších nebo sedět na hnízdě nepřetržitě. Trávit na vejcích veškerý svůj čas si pták může dovolit, pokud má dostatečné energetické zásoby na hladovění nebo je krměn svým druhem (Deeming, 2002). Jedinci, kteří inkubují sami, musí rozdělit svoji aktivitu mezi zahřívání snůšky a shánění potravy. Když rodič z hnízda odletí, riskuje, že se vejce ocitnou mimo vhodnou inkubační teplotu. Inkubující rodič vlivem různých faktorů mění svůj inkubační rytmus – tedy délku a frekvenci intervalů strávených na hnízdě a mimo něj. Embrya jsou však proti nízkým teplotám poměrně odolná, proto při prochladnutí většinou dochází jen ke zpomalení vývoje embrya a prodloužení délky inkubace (Webb, 1987). To může vést k horší kondici mládřat po vylíhnutí a k prodloužení období krmení mládřat v hnízdě, tím i větší pravděpodobnosti predace hnízda. Samice je schopna určit teplotu vajec díky termoreceptorům na hnízdní nažině a to ji pomůže odhadnout, zda a na jak dlouho je bezpečné opustit hnízdo (Zerba & Morton, 1983).

2.2 Složení ptačího vejce

Ptačí vejce se skládá ze zárodečného terčíku, žloutku, bílku, podskořápkové blány se vzduchovou bublinou a ze skořápky, na které je kutikula.

Kutikula je nejsvrchnější vrstva vaječné skořápky. Je vytvořena během poslední zhruba 1,5 hodiny před snesením vejce (Mikšík, 2014). Jedná se o nekalcifikovanou organickou vrstvu na povrchu vejce, je složena z glykoproteinů, polysacharidů, lipidů a anorganického fosforu včetně krystalů hydroxylapatitu. Složky kutikuly také ucpávají póry skořápky, a tak fyzicky omezují vstup bakterií dovnitř vejce. Kutikula hraje důležitou roli v kontrole výměny vody jejím odpuzováním a zamezením její ztráty (Yamamoto, 1997).

Skořápka tvoří pevný obal vejce tvořený především uhličitánem vápenatým. Obsahuje i menší množství uhličitánu hořečnatého a fosforečnanu vápenatého. Obsah vody je minimální, tvoří ho pouze 1 -2%. Skořápka je tvořena dvěma vrstvami – mamilární a spongiózní. Oběma vrstvami prochází skrz póry, které umožňují dýchání zárodku. Skořápka může mít různé zbarvení – od bílé barvy až po tmavé odstíny. U skořápky je důležitým faktorem pevnost, ta není ovlivněna pouze tloušťkou, ale i strukturou. (Karlsson & Lilja, 2008)

Podskořápkové blány se nacházejí ve vejci dvě a to je vnitřní a vnější. Vnitřní blána se nachází více ve středu vejce, a vnější brána je těsně pod skořápkou. Obě blány se skládají z mucinových a kreatinových vláken (Tullett, 1984).

Bílek je ve vejci umístěn mezi žloutkem a vnitřní podskořápkovou blánou. Na membránu žloutku je navázán chalázový bílek, který vytváří chalázy. Jeho funkcí je udržet žloutek ve středu. Další vrstva je vnitřní řídký bílek, který navazuje přímo na chalázový bílek. Dále navazuje vnější hustý bílek, kde je uložen žloutek. Poslední vrstvou je vnější řídký bílek (T. Yamamoto, 1997).

Žloutek je obklopen vitelinní membránou, která je tvořena z bílkovin, lipidů a sacharidů. Obsahuje DNA a RNA. Žloutek je heterogenní hmotou, ve které se pravidelně střídají centrické vrstvy světlého a tmavého žloutku. Světlý žloutek obsahuje více vody a bílkovin a tmavý žloutek obsahuje více lipidů a lipofilních karotenoidních barviv. Uprostřed žloutku je dutinka neboli latebra. Vystupuje ve vitelinní membráně krčkem latebry, který je zakončen zárodečným terčíkem (T. Yamamoto, 1997).

Skořápka je určena k ochraně embrya, ale materiál skořápky je nepropustný pro všechny plyny. Aby byla zajištěna nezbytná komunikace s prostředím, je skořápka perforována mikroskopickými póry, kterými se uskutečňuje výměna kyslíku a oxidu uhličitého. Tyto póry však také poskytují únik vodní páry a tím i ztrátu váhy (Ar & Rahn, 1985). U většiny studovaných druhů se vodní páry z vajec ztrácejí v průběhu vývoje poměrně stabilně, takže na konci inkubace typické vejce ztratí difúzí zhruba 15% své původní hmotnosti (Ar & Rahn, 1980). Vejce musí mít plášť, který umožní výměnu kyslíku a oxidu uhličitého rychlostí a parciálními tlaky, které umožňují vývoj (Ar & Rahn, 1980). Až do zahájení plicní ventilace na konci inkubace, veškeré přepravy plynů embrya ptáků probíhá difúzí plynové fáze přes póry vaječné skořápky. Póry vedou do plynového prostoru pod pláštěm mezi vlákny vnější a vnitřní membrány přiléhající ke kapilárám. Jakmile je skořápka vytvořena, počet a vnitřní rozměry pórů jsou fixní a difúzní vodivost skořápky zůstává během inkubace poměrně konstantní (Paganelli, 1980).

Póry jsou jednoduché nálevkovité otvory, které procházejí přes všechny vrstvy skořápky a ústí na jejím povrchu. Na tupém konci vejce se nachází více pórů než na konci ostrém. (Skutch, 1962). Každá vejce obsahuje různé množství pórů, které se pohybuje zhruba od 7 000-17 000 (Tyler, 1953). Různá prostředí vyžadují různé porozity vajec, takže například vajíčka položená v teplém suchém prostředí musí být dostatečně pórovitá, aby umožnila dostatečnou výměnu plynu pro embryo, ale nesmí být zas příliš pórovitá, protože by to vedlo k dehydrataci (Tullett, 1975).

Podle vnějšího otvoru dělíme póry na čtyři skupiny – otevřené, uzavřené, omezené a retikulární. Nejjednodušší systém otevřených pórů se nachází ve skořápkách holubích vajec. Pórovité kanály jsou otevřeny na obou koncích. Omezené systémy pórů můžeme nalézt u Nandu pampového (*Rhea americana*), Ostnáka malého (*Microparra capensis*) nebo Kukačky obecné (*Cuculus canorus*). Retikulární systém pórů byl nalezen u Kasuára přílbového (*Casuarus casuarius*), Čápa bílého (*Ciconia ciconia*) nebo Emu hnědý (*Dromaius novaehollandiae*). (Board & Scott, 1980)

2.3 Vliv architektury hnízda na vlhkost

2.3.1 Výběr vhodného místa

Výběr hnízdního prostředí je důležitý pro úspěšné vylíhnutí mláďat. Je zde mnoho faktorů, které musí brát jedinec v potaz. Prioritou je zabránit možné predaci hnízda a proto ptáci vyhledávají taková místa, aby ztížili práci predátorům s nalezením vajec. (Stauffer, 1960). Dalším důležitým faktorem, jenž rozhoduje o přežití hnízda je jeho umístění ve vegetaci. Mnoho druhů si staví hnízda tak, aby využili teplo ranního slunce, a jiné druhy situují svá hnízda tak, aby v nejžhavější části dne byla ve stínu nebo aby byla hnízda zcela bez slunce (Møller, 1984). V chladném prostředí bychom za nebezpečný faktor mohli označit vítr. Už při malém vánku chladnou vejce 3x rychleji než v bezvětří, ovšem v teplém prostředí naopak vítr napomáhá, aby se hnízdo nepřehřálo (Hilton, 2004).

2.3.2 Morfologie hnízda

Existuje velké množství různých konstrukčních typů hnízd, které (Hansell, 2000) rozdělil do čtyř základních kategorií: otevřená, uzavřená, hnízda stavěná na zemi, hnízda umístěná v dutinách a v zemi. Hnízdo má hned několik funkcí, které jsou rozděleny do čtyř zón. Ne všechny hnízda musejí obsahovat všechny zóny, některé hnízdo má tři zóny, některé dvě a jiné hnízda nemají žádnou zónu. Jsou to: připojovací prvky, strukturní vrstva, vnější vrstva a výstelka (Hansell, 2000).

Mezi připojovací prvky náleží materiál, který udržuje a stabilizuje hnízdo na daném místě. Tento prvek se uplatňuje pouze u hnízd umístěných nad zemí. Hnízda na zemi nebo v dutinách nepotřebují žádné připojovací prvky. Hlavní a nejdůležitější část hnízda je strukturní vrstva. Dává mu celistvost a chrání ho tak před rozpadnutím. Vnější vrstva se nachází vně hnízda a mění tak jeho vzhled (Clark & Mason, 1985). Některé druhy používají lišejníky jako

vnější vrstvu hnízda, protože má vodoodpudivé vlastnosti a chrání hnízdo před průnikem vody (Bailey & James, 2007). Poslední podstatnou vrstvou je výstelka, jejíž základní a funkcí je udržovat v hnízdě ideální mikroklima a je tedy hlavním izolačním a termoregulačním komponentem hnízda (Deeming, 2002)

2.3.3 Materiál hnízd

Po výběru umístění hnízda a tvaru hnízda je na řadě výběr materiálu. Existuje mnoho druhů materiálu, ale podle (Hansell, 2000) existují tři základní složky materiálu: živočišný, vegetační a minerální. Existují velké rozdíly v izolačních vlastnostech u používaných materiálů. (Carol Skowron, 2017).

Nejčastější živočišný produkt je peří, může být buď vlastní peří rodičů, nebo může být i cizí nalezené. Peří je pro ptáky velmi dobrým izolantem. Nejlepším izolantem je prachové peří, a však když se toto peří namočí, stává se z něj velmi špatný izolační materiál, vejce v něm chladnou mnohem rychleji, než kdyby nebyl použit žádný izolační materiál (Hilton et al., 2004). Byl proveden experiment u vlaštovky stromové (*Tachycineta bicolor*), u které peří tvoří 40% hnízdního materiálu. Při experimentu byla z pokusných hnízd veškerá pera během hnízdění odebírána a byl sledován vliv absence per na inkubační chování samice, zdraví mláďat a hnízdní úspěšnost. Rodiče se snažili absenci per kompenzovat a neustále do svých hnízd přinášeli nová pera. Samice ovšem své inkubační chování změnám ve výstelce nijak nepřizpůsobovala. Ze studie vyplynulo, že odebírání výstelky mělo velmi negativní vliv na kondici mláďat. Experimentální hnízda měla také nižší reprodukční úspěch (Lombardo et al., 1995). Podobně jako peří, můžou být shromažďovány nalezené chlupy savců, hadí svlečky nebo pavučiny (Deeming, 2002). Hadí svlečky používají ptáci, kteří hnízdí v zemi, například tyran chocholatý (*Myiarchus crinitus*). Svlečky omotají kolem hnízd, aby odradili ještěrky před případnou predací vajec (Strecker, 1926).

Mezi významné rostlinné materiály řadíme mech. Suchý mech má sice dobré izolační vlastnosti, ale peří je stále lepším izolantem (Hilton et al., 2004). Jelikož mech v sobě velmi dobře zadržuje vodu, tak velmi pomalu vysychá a tím se termoregulační vlastnosti mechu velmi snižují. (Slagsvold, 1989). Proto například jespák skvrnitý (*Calidris melanotos*) mech jako stavební materiál používají jen velmi málo, i když je v biotopech kde žije velmi dobře dostupný (Reid et al., 2002). Naopak lišejníky vodu spíše odpuzují (Hilton et al., 2004). Jejich termoregulační vlastnosti nejsou nijak mimořádné (Reid et al., 2002). Ovšem pro druhy hnízdící ve vlhkém prostředí tundry nebo v prostředí se stálou srážkovou aktivitou mohou být

ideálním řešením (Michael D. Kern, 2018). Když se ovšem hnízda z nich vyrobená opravdu namočí, pak schnou výrazně pomaleji než hnízda z jiných materiálů (Reid et al., 2002). Zelený rostlinný materiál je náhodně umístěn kolem okrajů nebo uvnitř hnízda. Rostlinný materiál a byliny mohou odpuzovat nebo dokonce zabíjet ektoparazity v hnízdě díky obsaženým sekundárním sloučeninám (Wimberger, 2017). Minerální materiály jsou v podstatě dva – kameny a bahno. Někteří ptáci si staví hnízda z oblázků, která svým zbarvením nejenže chrání před predátory, ale plní i funkci termoregulační. Kulík hvízdavý (*Charadrius melodus*), staví otevřené hnízdo na zemi, kde je vystaveno teplotním extrémům a také je ohroženo dravci. Vybírá bíle zbarvené oblázky, aby maximalizoval tepelnou odrazivost pro lepší mikroklima vajec. Ukázalo se, že hnízdo z těchto oblázků má vyšší potenciál odrážet teplo než okolní oblázky (Mayer et al., 2009).

Ptáci ke stavbě hnízda občas používají i umělý materiál. Plastový materiál slouží k ochraně vajec a mláďat proti extrémním podmínkám jako třeba vítr. Jeden z druhů, který ve svých hnízdech používá plast je ťuhýk šedý (*Lanius excubitor*). Ke stavbě používají většinou bílý plast, kvůli jednodušší viditelnosti a snadnějšímu nalezení umělé látky (Votier, 2011).

2.3.4 Teplota hnízda

Během inkubace není teplota zcela konstantní, naopak se mění, hlavně ve vztahu k vnější teplotě, podmínkám okolního prostředí (počasí, přítomnost vegetace, oslunění) a především chování rodiče. Rodič se snaží udržet vejce ve vhodné teplotě pro optimální vývoj, která se pohybuje zhruba v rozmezí 30–40 °C (Webb, 1987), většinou však kolem 38 °C (Davis, 1984).

2.4 Vlhkost

Vlhkostní podmínky v hnízdě ovlivňují pozorovanou ztrátu vody. Vlhkost hnízda, i když je důležitá pro úspěšný vývoj a líhnutí, není obvykle aktivně regulována a vlhkost hnízd souvisí s vlhkostí okolního vzduchu (Deeming, 2002).

2.4.1 Vlhkost vzduchu

Vlhkost je základní vlastnost vzduchu a udává množství vody, které je obsažené ve vzduchu v podobě vodní páry. Vodní pára se nejvíce vyskytuje ve spodních vrstvách atmosféry a vzniká při odpařování vodních ploch. Vlhkost vzduchu je velice proměnlivá, závisí na místě, kde vlhkost měříme, na teplotě ovzduší i ročním období. Množství vodní páry ve vzduchu se nezvětšuje neomezeně, ale pouze do hodnoty, při níž je dosaženo stavu

nasycení vzduchu vodní parou. Čím menší je teplota vzduchu, tím méně vodní páry je potřeba k jeho nasycení. Pro vyjádření množství vodních par ve vzduchu slouží hned několik charakteristik: tlak vodní páry (parciální tlak vodní páry obsažené ve vzduchu), absolutní vlhkost vzduchu, relativní vlhkost vzduchu, rosný bod, poměr směsi a měrná vlhkost vzduchu.

Absolutní vlhkost vzduchu

Pojem, který udává hmotnost vodní páry vázaný na objem vzduchu. Absolutní vlhkost je přímo úměrná teplotě, to znamená, že s rostoucí teplotou vlhkost roste. Množství páry, která může být ve vzduchu obsažena je omezena. Pokud se vzduch plně nasytí, další vlhkost již nepřijme. Definujeme ji vztahem:

$$\phi = m_v / V,$$

kde m je hmotnost vodní páry ve vzduchu o objemu V .

Relativní vlhkost vzduchu

Tento pojem vyjadřuje poměr mezi skutečným a maximálním možným nasycením vzduchu vodní parou. Udává se v procentech [% RH]. Jinak řečeno, je to procentní podíl nasycení suchého vzduchu vodní párou při konstantní teplotě. Pro lepší představu, suchý vzduch má relativní vlhkost 0 %, naopak relativní vlhkost nasyceného vzduchu je 100 %. Relativní vlhkost můžeme určit z parciálního tlaku vodní páry. Relativní vlhkost vzduchu pak můžeme definovat vztahem:

$$\phi = (\phi / \phi_n) * 100,$$

kde ϕ_n označuje absolutní vlhkost vzduchu nasyceného vodními parami.

Rosný bod

Je to teplota, při které je vzduch maximálně nasycen vodními parami, to znamená, že relativní vlhkost vzduchu dosáhne 100 % (Chyský, 1977).

2.4.2 Vlhkost hnízda

kromě okolní vlhkosti vzduchu, kterou ptáci nemohou regulovat, tak ji mohou ovlivnit pouze výběrem správné hnízdní sezóny, umístěním, materiálem a konstrukcí hnízda. Během inkubace dochází ke ztrátám vody vypařováním skrze póry ve skořápce (odpařováním vody vejce ztratí až 15% své hmotnosti), ale na druhou stranu později se voda začíná tvořit metabolismem samotného embrya (Walsberg, 1980). Při příliš nízké vlhkosti může dojít k vysušení embrya, naopak při příliš vysoké vlhkosti (nebo při nedostatečném vypařování vody

z důvodu příliš velké tloušťky skořápky) dochází k nesprávnému vývoji embrya a v důsledku absence vzduchové kapsy často k mortalitě embryí před líhnutím. Při vysoké relativní vlhkosti vzduchu se mohou také rychleji rozmnožit patogenní mikroorganismy (Rahn & Paganelli, 1990). Na druhé straně vysoká vlhkost při inkubaci pomáhá kompenzovat vysoké teploty okolního prostředí a zabraňuje vysoušení embrya při těchto teplotách (Deeming, 2011). Aby se zabránilo nadměrné ztrátě vody, skořápka se přizpůsobí tak, že má relativně nízkou vodivost vodních pár a je přizpůsobena klimatickým podmínkám. Ztráta vody je určována čistě fyzikálními faktory, nad kterými vyvíjející se embryo nemá žádnou kontrolu (Grant, 2010).

Nemůžeme přesně říct jaká je optimální hodnota relativní vlhkosti, neboť tyto hodnoty se velmi liší. Podle studie u pštrosa dvouprstého (*Struthio camelus*) je hodnota relativní vlhkosti 33,5% (Swart & Rahn, 1988). Další poměrně nízká relativní vlhkost byla naměřena u racka tříprstého (*Rissa tridactyla*), která ukazovala hodnoty 38%. Tyto hodnoty se velmi liší v rámci jednotlivých čeledí, neboť u racka šedého (*Larus hyperboreus*) byla tato hodnota 50% (Morgan, Paganelli, & Rahn, 1978). Naopak oproti pštrosu dvouprstému, který má velmi nízkou relativní vlhkost, nalezneme i druhy s vysokou relativní vlhkostí. Například u kajky mořské (*Somateria mollissima*) byla hodnota naměřena mezi 72-81% (Lomholt, 1976). Mezi průměrné hodnoty relativní vlhkosti můžeme zařadit holuba skalního (*Columba livia*) s hodnotami mezi 46-52% (Lomholt, 1976).

Zajímavým příkladem jsou líhně, kde dochází k umělé inkubaci vajec. U kachny domácí (*Anas platyrhynchos f. domestica*) a křepelky japonské (*Coturnix japonica*) je vlhkost v inkubátoru 65-75%, zatímco v dolíhňové lísce se vlhkost zvyšuje 80- 90% (Huss, Poynter, & Lansford, 2008). Doporučená vlhkost vzduchu v líhni pro kur domácí (*Gallus gallus*), husa domácí (*Anser anser domesticus*) a bažant obecný (*Phasianus colchicus*) je v předlíhni 55 – 65 %, v dolíhni 70-80%, teplota při inkubaci byla od 37,6 °C do 37,9 °C a teplota v líhni byla o pár desetin menší od 37,1 °C -37,4 °C. Zjistilo se, že při inkubaci násadových vajec slepic tvoří ztráta vody 400 – 500 mg za den. V první polovině líhnutí jsou ztráty vody největší. Zdrojem relativní vlhkosti vzduchu v líhních jsou vodní páry (Bruzual, Peak, Brake, & Peebles, 2000).

Zajímavou studií je zjišťování teploty a vlhkosti hnízda v závislosti na chování inkubujícího rodiče u kulíka sněžného (*Charadrius nivosus*). Z grafu lze zjistit, že čím více stoupá okolní teplota vzduchu, tím méně rodič odchází z hnízda, protože je nutné, aby vejce stínil. V hodinách od 12: 00-13: 00 došlo k výraznému poklesu relativní vlhkosti. Z 90% byly vejce rodiči stínovány. Tato poloha umožnila volný průtok okolního vzduchu s nízkou

relativní vlhkostí kolem vajec (viz obrázek příloha 1a). Tento výzkum byl proveden u Saltonského moře, kde je poměrně vysoká vlhkost vzduchu. Bylo zaznamenáno, že ptáci částečně regulují vlhkost ve hnízdě namáčením svého peří. Očekávalo se, že k namáčení peří dojde při nejnižších okolních vlhkostech nebo při nejnižších tlacích, aby nedošlo k nadměrné ztrátě vody. Nejnižší tlak 11,1 torrů a výrazný pokles vlhkosti (z 41% na 26%) byl mezi 12-13 hodinou. Ovšem k namočení hnízda břichem rodiče došlo už v 11 hodin a 20 minut. (Grant, 1982).

Další výzkum byl prováděn na bantamce (*Gallus gallus f. domestica*). Z výsledku lze pozorovat, že s okolní rostoucí teplotou klesá okolní vlhkost. V tomto případě nedošlo k žádnému výraznému výkyvu teploty (maximálně o pár desetín stupňů celsia), tudíž to nemělo žádný vliv na relativní vlhkost hnízda (viz obrázek příloha 1b) (Andersen & Steen, 1986).

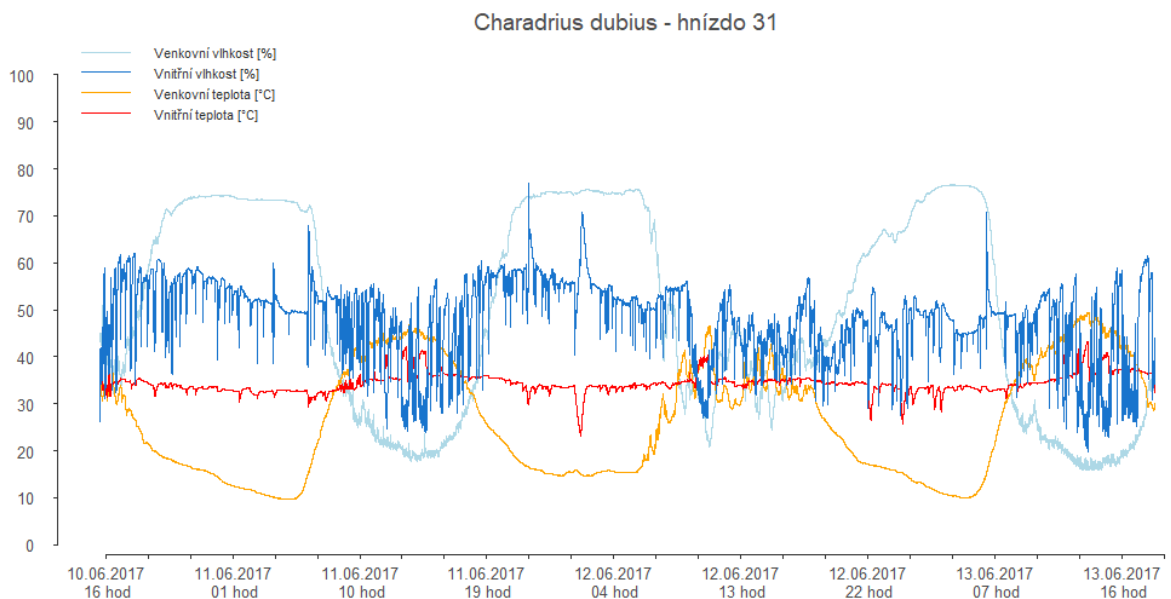
3 Metodika

Práce v terénu probíhala v roce 2017 od dubna do června v oblasti Českobudějovické pánve. Do nalezených hnízd modelových druhů čejky chocholaté (*Vanellus vanellus*) a kulíka říčního (*Charadrius dubius*) byl umístěn datalogger MSR145B16H & FH/100. Datalogger zaznamenával relativní vzdušnou vlhkost (přesnost +/- 1%) a teplotu (přesnost +/- 0.1%) vedle hnízda a s pomocí proby mezi vejci i v hníždě. Tyto údaje byly zaznamenávány každých 5 vteřin. Datalogger byl ponechán v hníždě po dobu 3 dní. Poté byl z hnízda odinstalován. Data z dataloggerů byla nahrána do počítače a poté vizualizovaná a analyzována v programu R (R Core Team, 2016). Pro každé hnízdo byl stanoven medián teplot a vlhkosti ve hníždě. Byla popsána změna všech měrných veličin v průběhu dne. Jsou porovnány data všech hnízd, které znázorňují průměry a směrodatnou odchylku.

4 Výsledky

Z grafů lze zjistit, že venkovní vlhkost stoupá s klesající venkovní teplotou. Ze všech sledovaných hnízd byla nejnižší venkovní teplota 1°C a venkovní vlhkosti se při této teplotě pohybovala od 80 do 90%. Naopak s rostoucí venkovní teplotou klesá venkovní vlhkost. Maximální naměřená teplota byla 49°C a průměrná venkovní vlhkost při maximální teplotě se pohybuje od 20 do 25%. Vnitřní teplota všech sledovaných hnízd se pohybuje od 26,6 °C do 37,2 °C. (Viz příloha 2a-2m).

Když je teplota ve hnízdě konstantní zůstává téměř vždy i relativní vlhkost hnízda konstantní. Pokud dojde k teplotnímu výkyvu ve hnízdě jako například mezi 13-14 hodinou (graf č. 1), kde došlo k výraznému teplotnímu nárůstu, došlo zde i k výraznému poklesu relativní vlhkosti. Naopak mezi 2 -3 hodinou ranní došlo k poklesu teploty ve hnízdě z 35°C na 24°C, zde je i vidět výkyv v rostoucí relativní vlhkosti (graf č. 1).



Graf č. 1 Příklad průběhu měrných veličin na hnízdě kulíka říčního. Na vodorovné ose jsou zaneseny časové údaje, na svislé ose je stupnice v procentech pro vlhkost nebo ve stupních celsia pro teplotu. Žlutá křivka zobrazuje venkovní teplotu, červená křivka vnitřní teplotu hnízda ve stupních celsia. Světle modrá křivka znázorňuje venkovní vlhkost a tmavě modrá křivka vnitřní vlhkost hnízda v procentech.

V tabulce číslo 1 vidíme výsledky ze všech devíti pozorovaných hnízd. Medián vlhkosti se pohyboval od 39,57% (1. kvartil: 33,2 %, 3. kvartil: 42,43%) do 47,47% (40,5%, 54,92%). U hnízd kulíka říčního se medián vlhkosti pohyboval od 37,6% (31,42%, 40,92%) do 48,65% (44,35%, 54,02%).

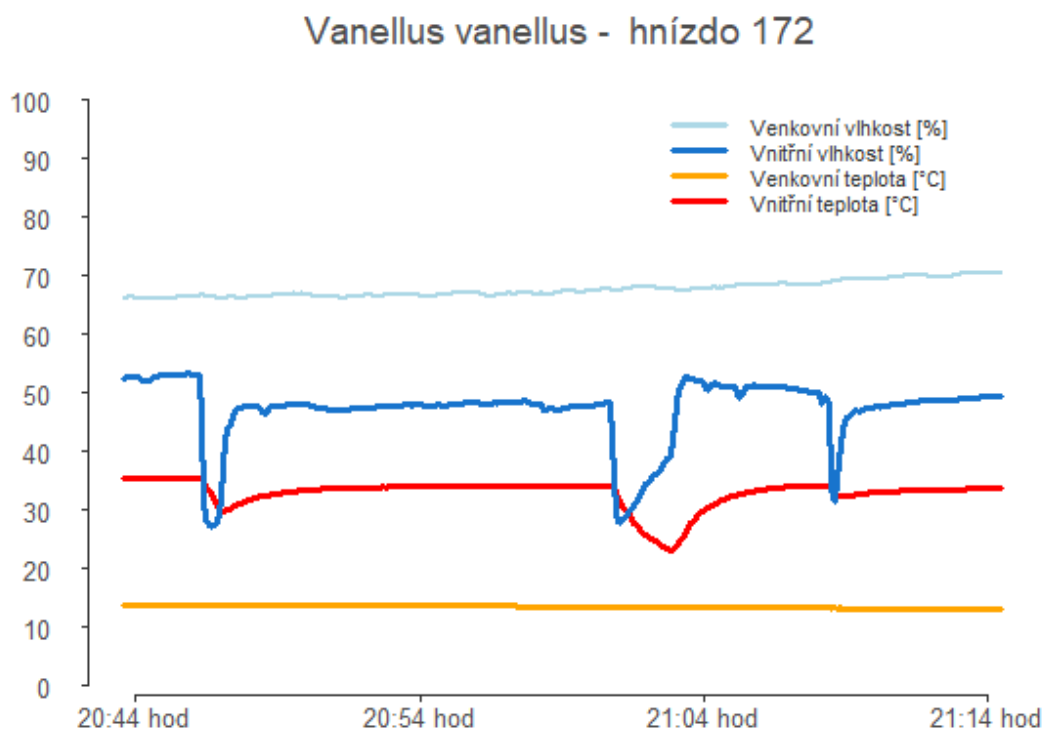
Medián teploty u čejky chocholaté se pohybuje od 34,89 °C do 35,22 °C. U kulíka říčního se medián teploty pohybuje od 32,62 °C do 37,82 °C. S výjimkou hnízda číslo 207, kde pravděpodobně proběhlo nepřesné měření, kvůli přílišnému zavedení próby do země.

Hnízdo	Medián vlhkosti	1. kvartil vlhkosti	3. kvartil vlhkosti	Medián teploty
Kulík říční_207	48,65	44,35	54,02	26,64
Kulík říční_210	37,6	35,37	40,92	32,62
Kulík říční_221	40,85	36,57	45,11	34,76
Kulík říční_227	41,64	31,42	51,61	37,82
Kulík říční_231	46,835	35,7925	53,55	35,8
Čejka chocholátá_124	44,98	40,5	48,53	34,86
Čejka chocholátá_134	47,47	35,49	54,92	34,79
Čejka chocholátá_153	46,61	38,57	51,99	34,89
Čejka chocholátá_172	39,57	33,2	42,43	35,22

Tabulka č. 1 – udává v jednotlivých hnízdech medián vlhkosti, jednotlivé kvantily vlhkosti uvnitř hnízda, medián teploty a průměrnou teplotu uvnitř hnízda

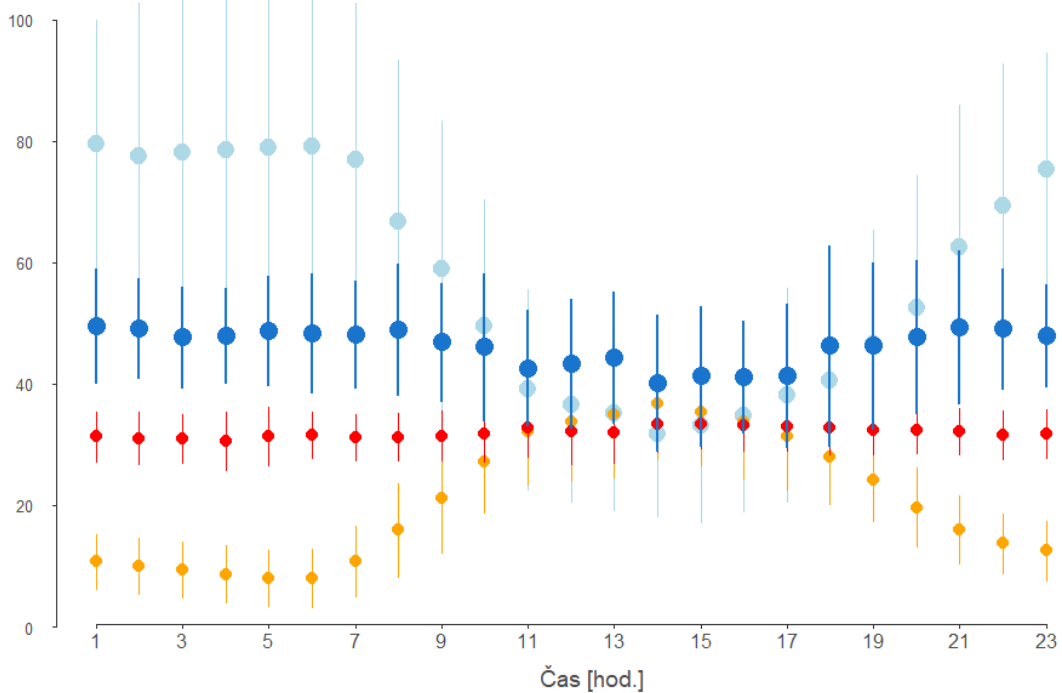
V příloze 3a a 3b vidíme histogramy, relativní vlhkosti naměřené ve hnízdech, na kterých vidíme, že četnost je velmi odlišná u všech devíti sledovaných hnízd, ani u stejného druhu si četnost relativní vlhkosti není podobná.

Výrazné pohyby vlhkosti ve hnízdech byly typicky způsobovány inkubačním chováním (příchody, odchody) rodičů. Na grafu číslo 2 lze vidět, že pták 3x odejde z hnízda, čímž dochází k rychlé výměně vzduchu. V okolí je chladnější vzduch s velkou relativní vlhkostí a nízkou absolutní vlhkostí. Tudiž nastane, že se chladnější vzduch relativně rychle ohřeje o vajíčka a vysaje z vajec vlhkost. Když dojde tedy ke zvýšení teploty (ohřátím o vejce), zůstane absolutní vlhkost vzduchu stejná, ovšem relativní vlhkost vzduchu klesne. Vzduch o vyšší teplotě může rozpustit více vodní páry. Když se pták vrací zpět na hnízdo a sedne si tak začne teplota poměrně rychle růst a tím se zvyšuje kapacita. (graf č. 2)



Graf č. 2 - Na vodorovné ose jsou zaneseny časové údaje, na svislé ose je stupnice v procentech pro vlhkost nebo ve stupních celsia pro teplotu. Žlutá křivka zobrazuje venkovní teplotu, červená křivka vnitřní teplotu hnízda ve stupních celsia. Světle modrá křivka znázorňuje venkovní vlhkost a tmavě modrá křivka vnitřní vlhkost hnízda v procentech.

Na grafu č. 3 jsou zaneseny průměrné hodnoty ze všech hnízd a jejich odchylky. Když je teplota nejvyšší, tak je okolní vlhkost nejnižší v průběhu dne a naopak. Teplota ani vlhkost ve hnízdě žádný systém neukazují. Vlhkost ve hnízdě je obecně mnohem méně variabilní (směrodatné odchylky), než vlhkost mimo hnízdo.



Graf č. 3 – Zde jsou zaneseny data všech hnízd, které znázorňují průměry a směrodatnou odchylku (+,-). Na vodorovné ose jsou zaneseny časové údaje, na svislé ose je stupnice v procentech pro vlhkost nebo ve stupních celsia pro teplotu. Žlutá linie zobrazuje venkovní teplotu, červená křivka vnitřní teplotu hnízda ve stupních celsia. Světle modrá křivka znázorňuje venkovní vlhkost a tmavě modrá linie vnitřní vlhkost hnízda v procentech.

5 Diskuze

Z grafů (viz příloha 2a-2m) lze jednoznačně říci, že pokud roste okolní teplota, klesá zároveň okolní vlhkost. Lze vidět, že vlhkost ve hnízdě je víceméně konstantní a reaguje na změnu teploty uvnitř hnízda. Pokud se hnízdo jen o pár stupňů zahřeje, výrazně klesne vlhkost ve hnízdě. A opět i naopak platí, že pokud hnízdo prochladne, tak relativní vlhkost ve hnízdě stoupá. Když inkubující ptáci odejdou z hnízda, tak se do hnízda nahrne vzduch, který má vysokou relativní, ale nízkou absolutní vlhkost, což závisí na teplotě. Do hnízda se nahrne studený vzduch, který se ale rychle ohřeje o vajíčka, protože ty mají vysokou teplotu (okolo 35 °C). Tím dochází k rychlému ochlazení hnízda, snižuje se kapacita pro vlhkost a pomalu roste. Když rodič opět sedne zpět do hnízda na vejce, tak se hnízdo opět relativně rychle ohřeje do původní teploty.

Variabilita mediánu vlhkosti ve hnízdě mezi všemi hnízdy je relativně velká. Avšak medián vlhkosti mezi druhy spíše není, ale pro toto tvrzení by byla třeba měření více hnízd, v našem výzkumu jich máme poměrně málo. Nami nejvyšší naměřená relativní vlhkost byla 48,6 5% zatímco nejnižší relativní vlhkost byla 37,6 %, obě vlhkosti byly naměřeny ve hnízdě kulíka říčního (tab. 1).

Nami naměřené hodnoty relativní vlhkosti jsou poměrně nižší, než se používají v umělých líhních, kde se relativní vlhkost uměle nastavuje na hodnoty 60 – 65%. Tato je běžně používaná v umělých líhních, protože na základě měření je to ideální vlhkost pro odpařování vody z vajec. Bílek obsahuje hodně vody, která se skrze póry odpařuje, kdyby ve hnízdě nebyla vlhkost, tak se vejce zcela vysuší. Těsně před líhnutím se relativní vlhkost uměle zvyšuje, aby se kuře dostalo snadněji ze skořápky ven. K tomuto zvýšení vlhkosti před líhnutím dochází i ve volné přírodě, kdy se ptáci snaží relativní vlhkost zvýšit.

6 Závěr

Cílem této práce bylo zjistit jaký vliv má relativní vlhkost při inkubaci ptačích vajec. Bylo zjištěno, že hnízdo musí mít určitou relativní vlhkost, aby nedocházelo k vysoušení vajíček a k případnému poškození embrya. Zjistila jsem, že relativní vlhkost hnízda se poměrně liší u jednotlivých druhů, neboť každý pták musí přizpůsobit vlhkost hnízda oblasti, ve které žije. Druhy ptáků žijící poblíž moře mají samozřejmě relativní vlhkost vyšší než druhy ptáků žijící na poli. Významnou roli hraje inkubační chování ptáků, kteří z hnízd odcházejí, což způsobí změnu teploty a zároveň změnu vlhkosti ve hnízdě. Příchody inkubujících rodičů zpět na hnízdo, kteří při ideální vlhkosti mohou vajíčka jen stínit svým tělem nebo při případné nízké relativní vlhkosti si máčí peří a poté usedají zpět do hnízd a tím dodají hnízdu vlhkost.

7 Seznam použité literatury

- Andersen, Ø., & Steen, J. B.** (1986). Water economy in bird nests. *Journal of Comparative Physiology B*, 156(6), 823–828. <https://doi.org/10.1007/BF00694257>
- Ar, A., & Rahn, H.** (1980). Water in the Avian Egg:Overall Budget of Incubation. *Zoology*, 20(September), 373–384.
- Ar, A., & Rahn, H.** (1985). Pores in avian eggshells: Gas conductance, gas exchange and embryonic growth rate. *Respiration Physiology*, 61(1), 1–20.
[https://doi.org/10.1016/0034-5687\(85\)90024-6](https://doi.org/10.1016/0034-5687(85)90024-6)
- Bailey, R. H., & James, P. W.** (2007). birds and the dispersal of lichen propagules. *Cambridge University*, 11(1), 105–106.
- Board, R. G., & Scott, V. D.** (1980). Porosity of the avian eggshell. *Integrative and Comparative Biology*, 20(2), 339–349. <https://doi.org/10.1093/icb/20.2.339>
- Bruzual, J. J., Peak, S. D., Brake, J., & Peebles, E. D.** (2000). Effects of relative humidity during incubation on hatchability and body weight of broiler chicks from young breeder flocks. *Poultry Science*, 79(6), 827–830. <https://doi.org/10.1093/ps/79.6.827>
- Budd, G. M.** (1961). The biotopes of emperor penguin rookeries. *Emu*.
<https://doi.org/10.1071/MU961171>
- Carol Skowron, Mi. K.** (2017). The Insulation in Nests of Selected North American Songbirds. *American Ornithological Society*, 97(4), 816–824.
- Clark, L., & Mason, J. R.** (1985). Use of nest material as insecticidal and anti-pathogenic agents by the European Starling. *Oecologia*, 67(2), 169–176.
<https://doi.org/10.1007/BF00384280>
- Collias, N. E.** (1964). The evolution of nests and nest-building in birds. *Integrative and*

Comparative Biology, 4(2), 175–190. <https://doi.org/10.1093/icb/4.2.175>

Davis, S. D., Williams, J. B., Adams, W. J., & Brown, S. L. (1984). The Effect of Egg Temperature on Attentiveness in the Belding's Savannah Sparrow. *American Ornithological Society*, 101(3), 556–566.

Deeming, D. C. (2002). *Avian incubation: behaviour, environment, and evolution*. New York: Oxford University Press, 2002. ISBN 9780198508106.

Deeming, D. C. (2011). Importance of nest type on the regulation of humidity in bird nests. *Avian Biology Research*, 4(1), 23–31.
<https://doi.org/10.3184/175815511X13013963263739>

Frith, H. J. (1989). breeding habits in the family megapodiidae., 25(2), 179–182.

Grant, G. S. (1982). Avian Incubation: Egg Temperature, Nest Humidity, and Behavioral Thermoregulation in a Hot Environment. *Ornithological Monographs*, 30(30), 1–75.

Grant, G. S. (2010). Avian Incubation: Egg Temperature, Nest Humidity, and Behavioral Thermoregulation in a Hot Environment. *Ornithological Monographs, American O(30)*, 1–75.

Hilton, G. M., Hansell, Mi. H., Ruxton, G. D., Reid, J. M., & Monaghan, P. (2004). Using artificial nests to test importance of nesting material and nest shelter for incubation energetics. *The Auk*, 121(3), 777–787. <https://doi.org/10.2307/4090314>

Huss, D., Poynter, G., & Lansford, R. (2008). Japanese quail (*Coturnix japonica*) as a laboratory animal model. *Lab Animal*, 37(11), 513–519.
<https://doi.org/10.1038/labani1108-513>

CHYSKÝ, Jaroslav. *Vlhký vzduch*. 2. upr. a dopl. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1977

Jones, D., & Birks, S. (1992). Megapodes: Recent ideas on origins, adaptations and

- reproduction. *Trends in Ecology and Evolution*, 7(3), 88–91.
[https://doi.org/10.1016/0169-5347\(92\)90247-9](https://doi.org/10.1016/0169-5347(92)90247-9)
- Karlsson, O., & Lilja, C.** (2008). Eggshell structure, mode of development and growth rate in birds. *Zoology*, 111(6), 494–502. <https://doi.org/10.1016/j.zool.2007.11.005>
- Le Maho, Y.** (1977). The emperor penguin: a strategy to live and breed in the cold. *American Scientist*, 65(6), 680–693.
- Lombardo, M. P., Bosman, R. M., Faro, C. A., Stephen, G., Lombardo, M. P., Bosman, R. M., ... Kluisza, T. S.** (1995). Effect of Feathers as Nest Insulation on Incubation Behavior and Reproductive Performance of Tree Swallows (*Tachycineta bicolor*). *American Ornithologists*, 112(4), 973–981.
- Lomholt, J. P.** (1976). Relationship of weight loss to ambient humidity of birds eggs during incubation. *Journal of Comparative Physiology ■ B*, 105(2), 189–196.
<https://doi.org/10.1007/BF00691121>
- Mayer, P. M., Smith, L. M., Ford, R. G., Watterson, D. C., McCutchen, M. D., & Ryan, M. R.** (2009). Nest construction by a ground-nesting bird represents a potential trade-off between egg crypticity and thermoregulation. *Oecologia*, 159(4), 893–901.
<https://doi.org/10.1007/s00442-008-1266-9>
- Michael D. Kern, C. V. R.** (2018). Altitudinal Variations in Nests of the Hawaiian Honeycreeper *Hemignathus virens virens*. *American Ornithological Condor*, 86(4), 443–454.
- Mikšík, I.** (2014). Eggshell. *Sluka*, 10, 49–56.
- Møller, A. P.** (1984). On the Use of Feathers in Birds' Nests: Predictions and Tests. *Wiley on Behalf of Nordic Society Oikos*, 15(1), 38–42.
- Morgan, K. R., Paganelli, C. V., & Rahn, H.** (1978). Egg Weight Loss and Nest Humidity during Incubation in Two Alaskan Gulls. *The Condor*, 80(3), 272–275.

- Paganelli, C. V.** (1980). the Physics of Gas-Exchange Across the Avian Eggshell. *American Zoologist*, 20(2), 329–338.
- R Core Team** (2016). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rahn, H., & Paganelli, C. V.** (1990). Gas fluxes in avian eggs: Driving forces and the pathway for exchange. *Comparative Biochemistry and Physiology -- Part A: Physiology*, 95(1), 1–15. [https://doi.org/10.1016/0300-9629\(90\)90002-A](https://doi.org/10.1016/0300-9629(90)90002-A)
- Reid, J. M., Cresswell, W., Holt, S., Mellanby, R. J., Whitfield, D. P., & Ruxton, G. D.** (2002). Nest scrape design and clutch heat loss in Pectoral Sandpipers (*Calidris melanotos*). *Functional Ecology*, 16(3), 305–312. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2435.2002.00632.x>
- Skutch, A. F.** (1962). The constancy of incubation. *The Wilson Bulletin*, 74(2), 115–152. <https://doi.org/10.2307/4159040>
- Slagsvold, T.** (1989). Experiments on clutch size and nest size in passerine birds. *Oecologia*, 80(3), 297–302. <https://doi.org/10.1007/BF00379030>
- Stauffer, D. F.** (1960). Factors Affecting Nesting Success in Riparian Bird Communities. *The Condor*, 82(2), 149–158.
- Strecker, J. K.** (1926). on the use, by birds, of snakes' sloughs as nesting material. *American Ornithological Society*, 43(4), 501–507.
- Swart, D., & Rahn, H.** (1988). Microclimate of ostrich nests: measurements of egg temperature and nest humidity using egg hygrometers. *Journal of Comparative Physiology B: Biochemical, Systemic and Environmental Physiology*, 157(6), 845–853. <https://doi.org/10.1007/BF00691017>
- Tullet, S. G.** (1975). Regulation of avian eggshell porosity. *Journal of Zoology*, 177, 339–

348.

Tullett, S. G. (1984). the Porosity of Avian Eggshells. *Camp. Biochem. Physiol*, 78(1), 5–13.
[https://doi.org/10.1016/0300-9629\(84\)90083-5](https://doi.org/10.1016/0300-9629(84)90083-5)

Tyler, C. (1953). Studies on egg shells. II.-A method for marking and counting pores.
Journal of the Science of Food and Agriculture, 4(6), 266–272.
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740040603>

Veselovský, Zdeněk. *Obecná ornitologie*. Ilustroval Jan DUNGEL. Praha: Academia, 2001.
ISBN 80-200-0857-8.

Votier, S. C., Archibald, K., Morgan, G., & Morgan, L. (2011). The use of plastic debris as nesting material by a colonial seabird and associated entanglement mortality. *Marine Pollution Bulletin*, 62(1), 168–172. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.11.009>

Walsberg, G. E. (1980). The gaseous microclimate of the avian nest during incubation.
Integrative and Comparative Biology, 20(2), 363–372.
<https://doi.org/10.1093/icb/20.2.363>

Webb, D. R. (1987). Thermal Tolerance of Avian Embryos: A Review. *The Condor*, 89(4), 874–898.

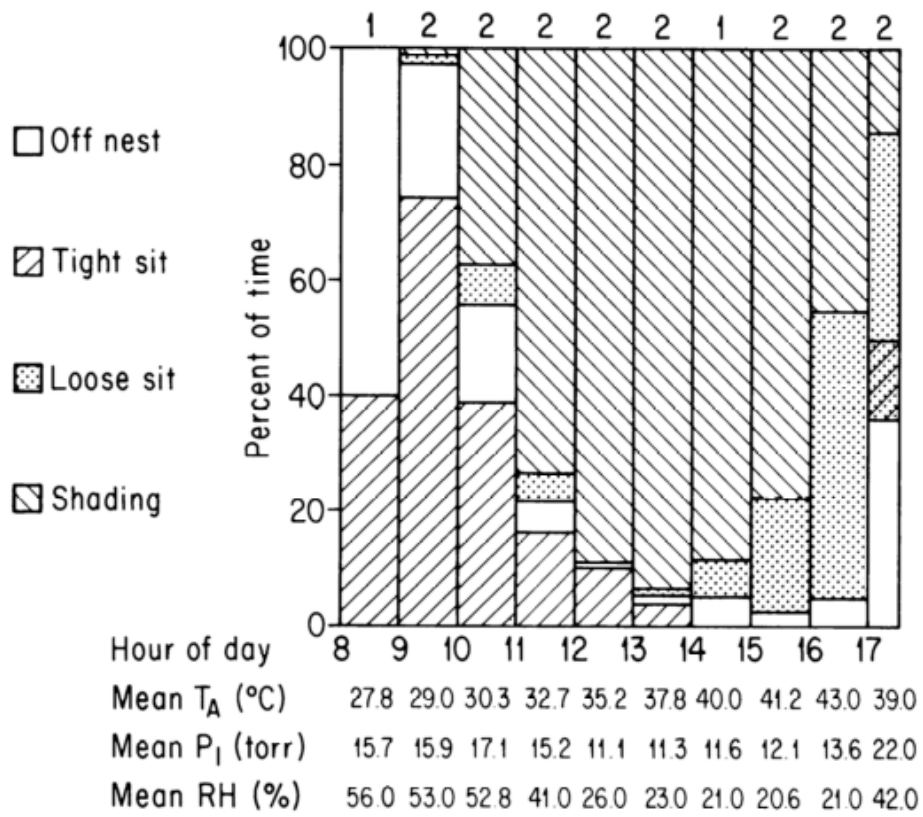
Wimberger, P. H. (2017). The Use of Green Plant Material in Bird Nests to Avoid Ectoparasites. *American Ornithological Society*, 101(3), 615–618.

Yamamoto, Takehiko. (1997). *Hen eggs: their basic and applied science*. Boca Raton: CRC Press, ISBN 0849340055.

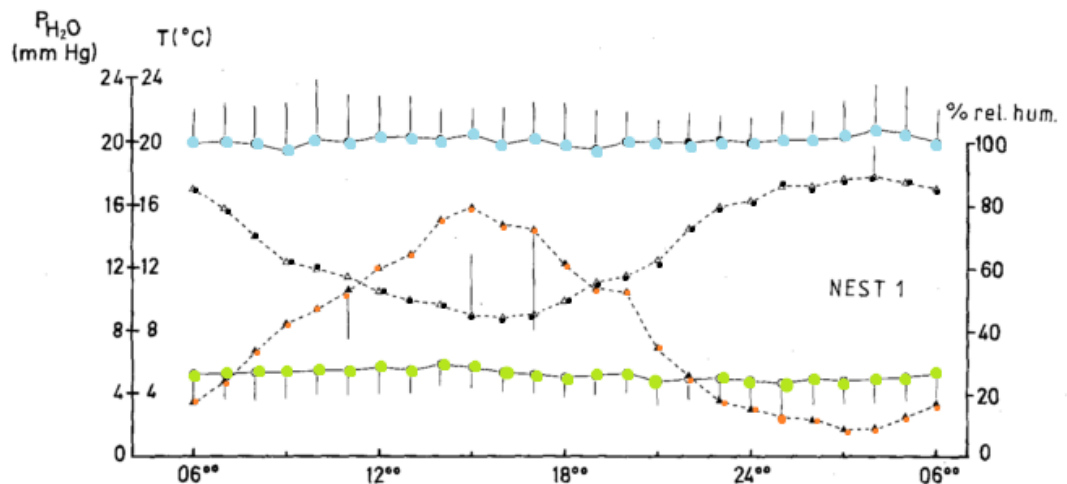
Zerba, E., & Morton, M. L. (1983). The rhythm of incubation from egg laying to hatching in Mountain White-crowned Sparrows. *Ornis Scandinavica*, 14(3).

8 Přílohy

Příloha: 1a



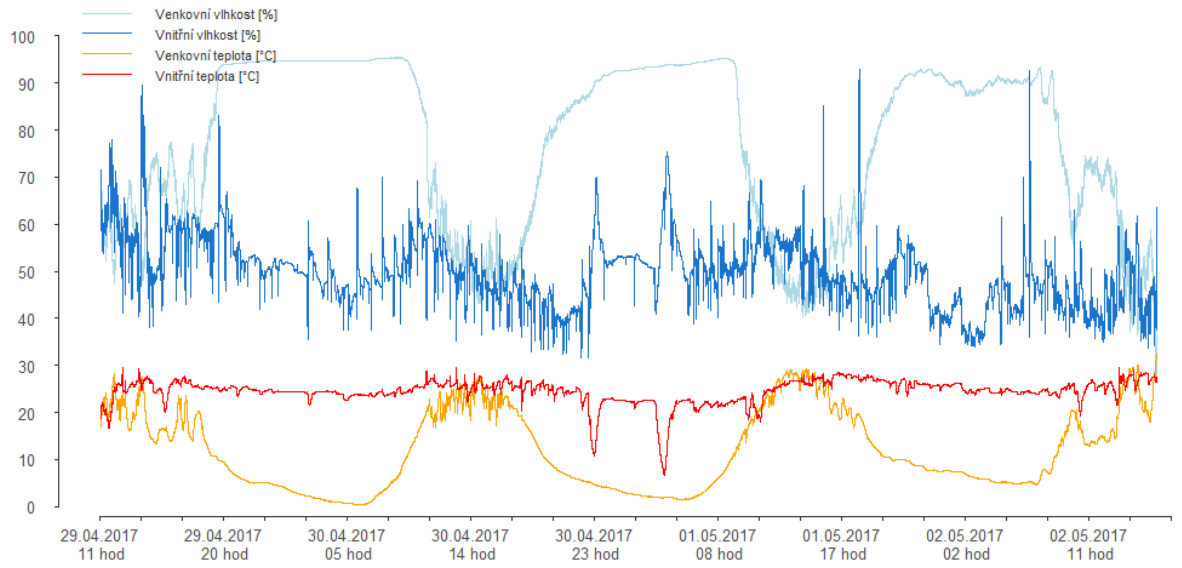
Příloha: 1b



Na vodorovné ose je znázorněn čas, na svislé ose vlevo je teplota (°C) a na svislé ose vpravo relativní vlhkost (%). Zelená barva označuje relativní vlhkost ve hníždě, modrá barva teplotu hnízda, černá barva relativní vlhkost vzduchu a oranžová barva teplotu vzduchu.

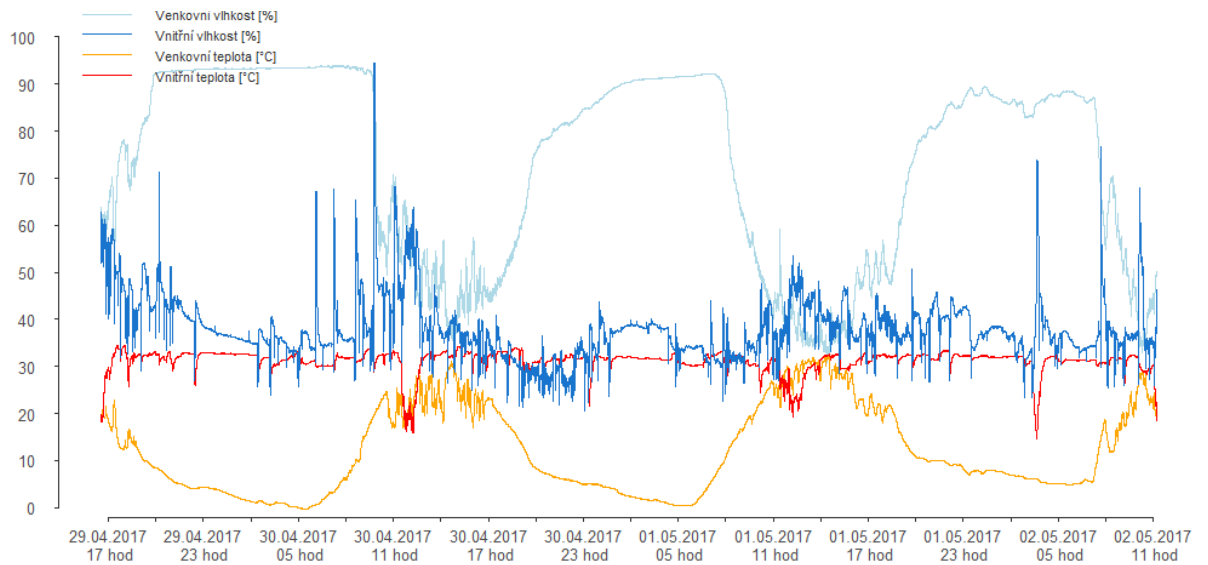
Příloha: 2a

Charadrius dubius - hnízdo 07



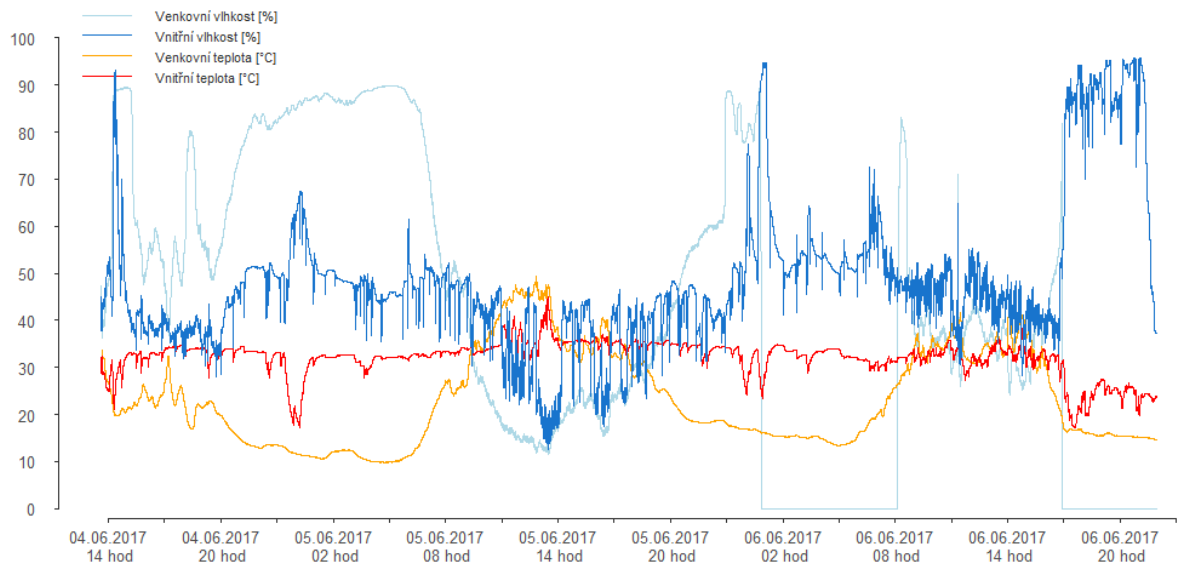
Příloha: 2b

Charadrius dubius - hnízdo 10



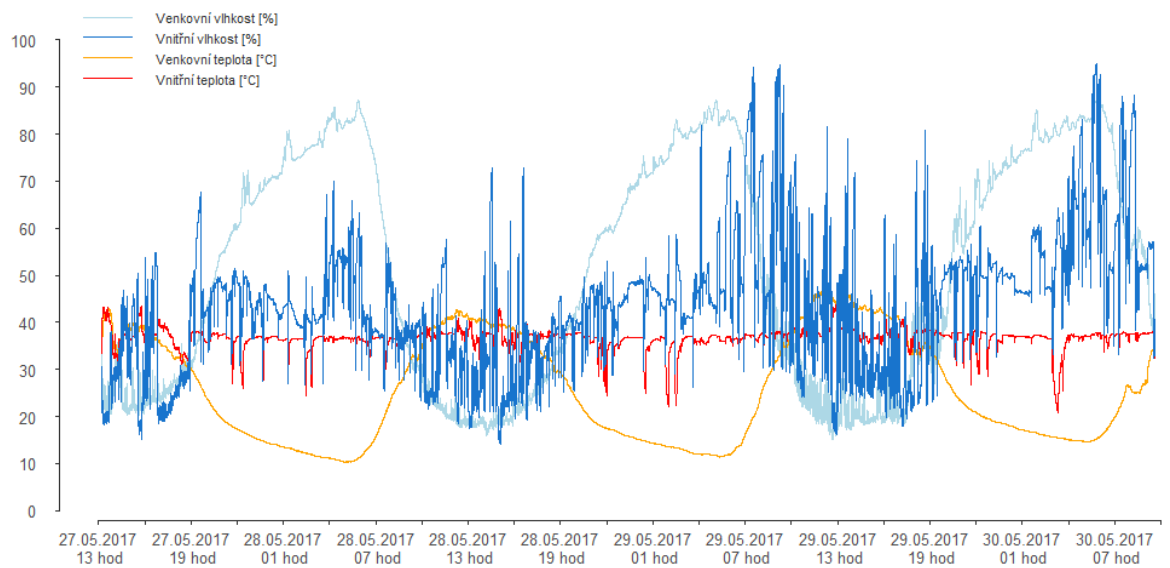
Příloha: 2c

Charadrius dubius - hnízdo 21



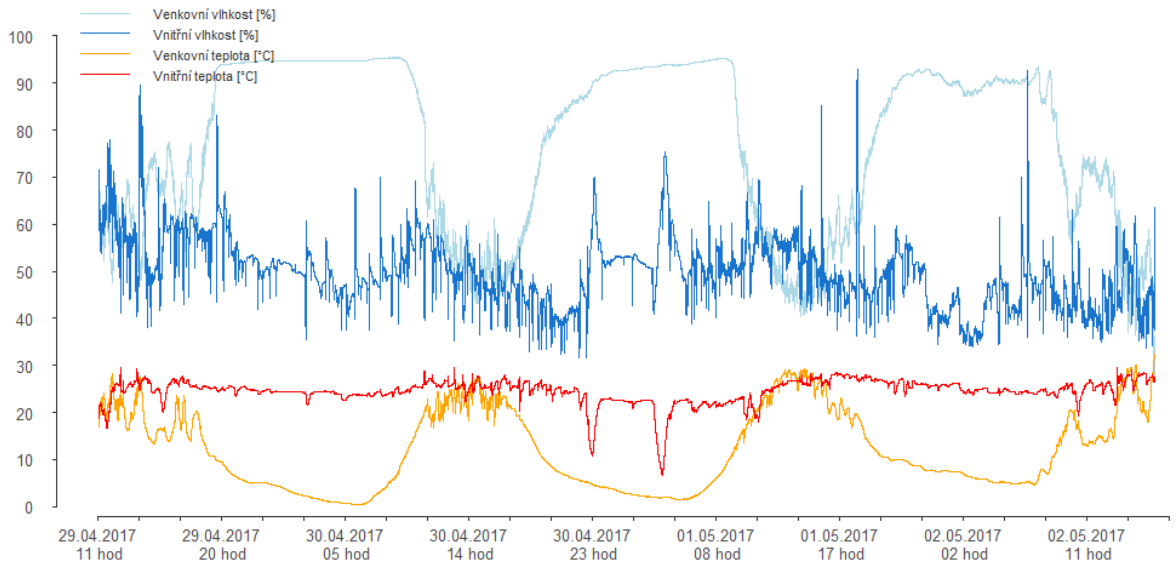
Příloha: 2d

Charadrius dubius - hnízdo 27



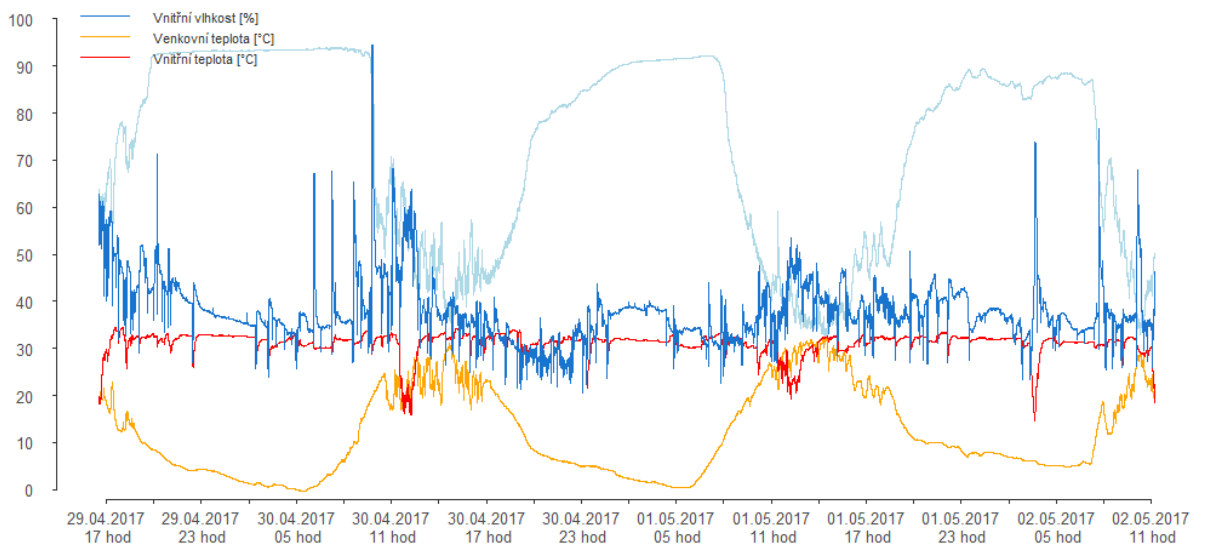
Příloha: 2e

Charadrius dubius - hnízdo 207



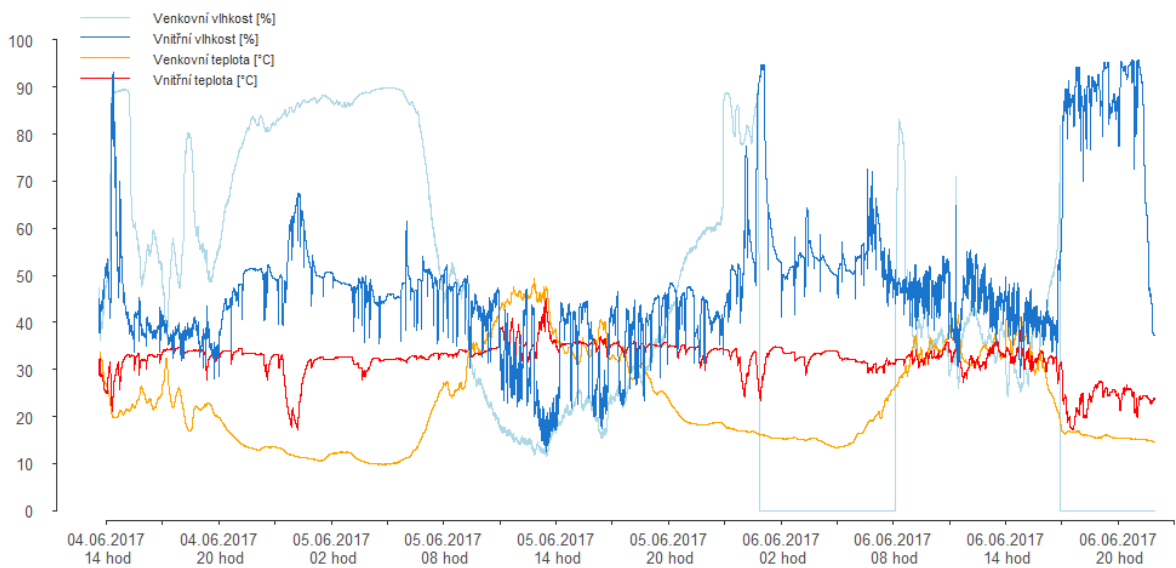
Příloha: 2f

Charadrius dubius - hnízdo 210



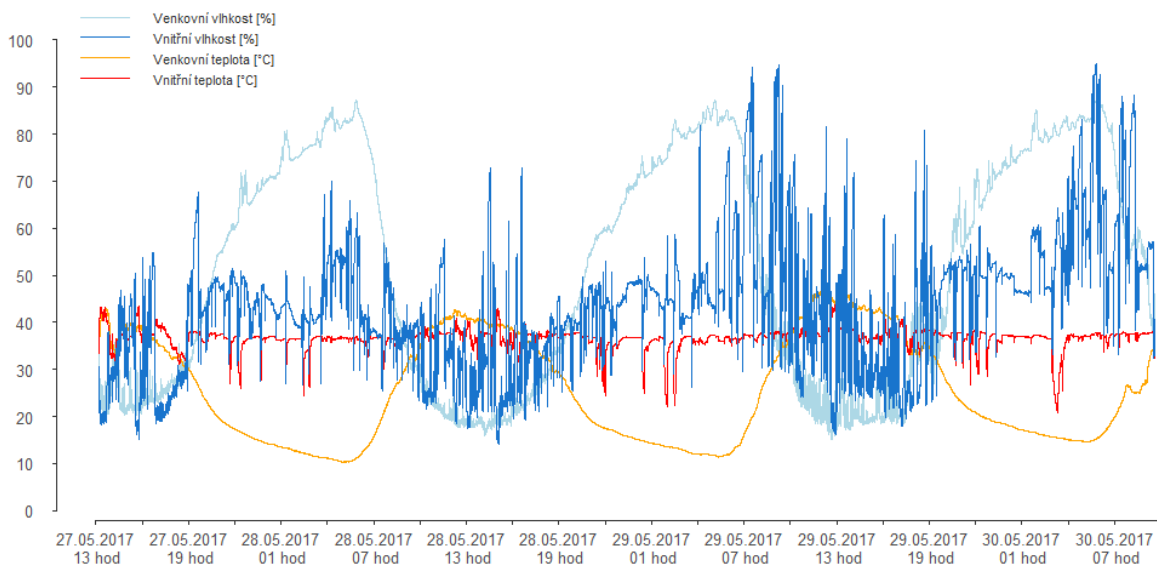
Příloha: 2g

Charadrius dubius - hnízdo 221



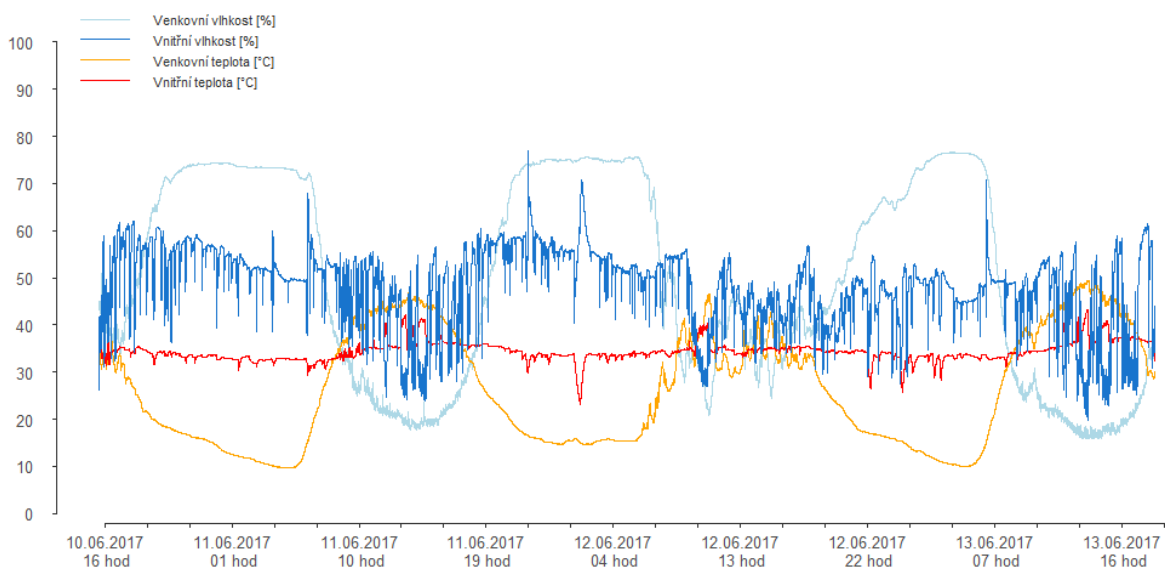
Příloha: 2h

Charadrius dubius - hnízdo 227



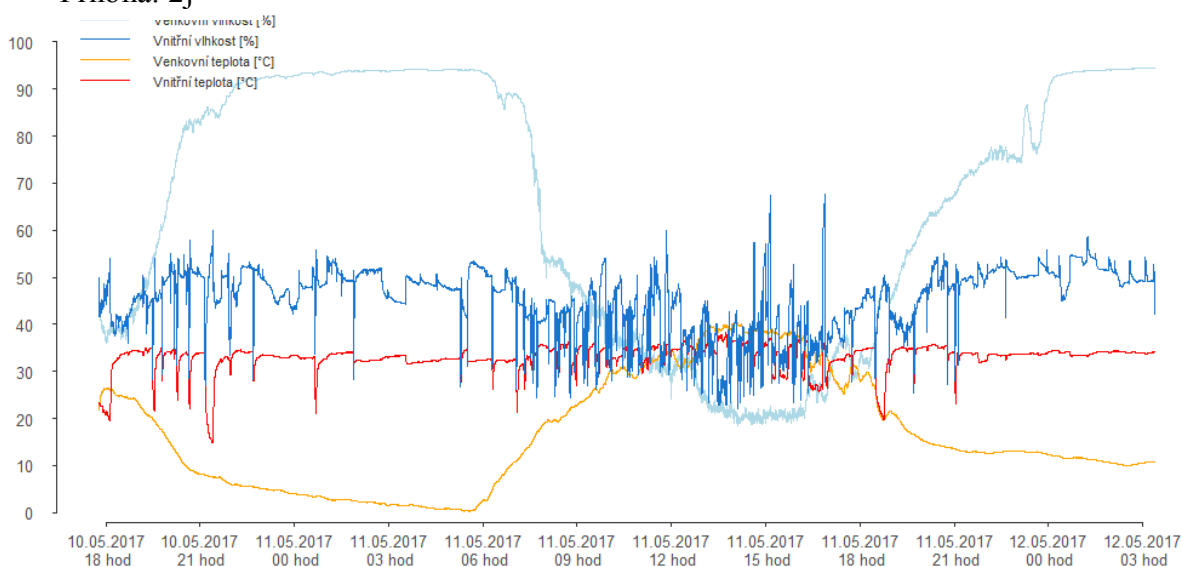
Příloha: 2i

Charadrius dubius - hnízdo 231



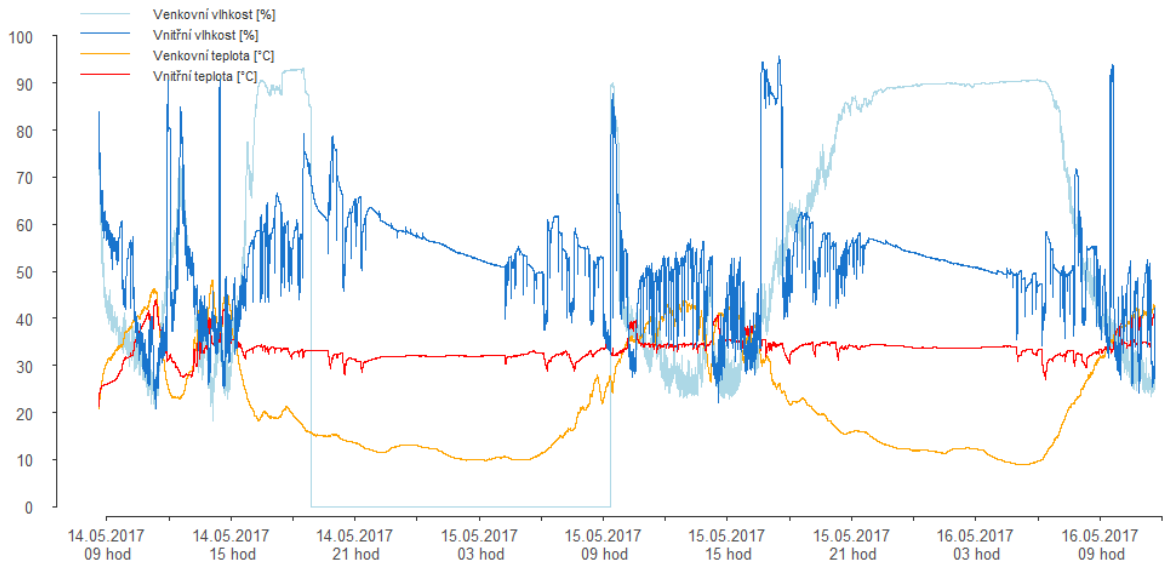
Příloha: 2j

Vanellus vanellus - hnízdo 124



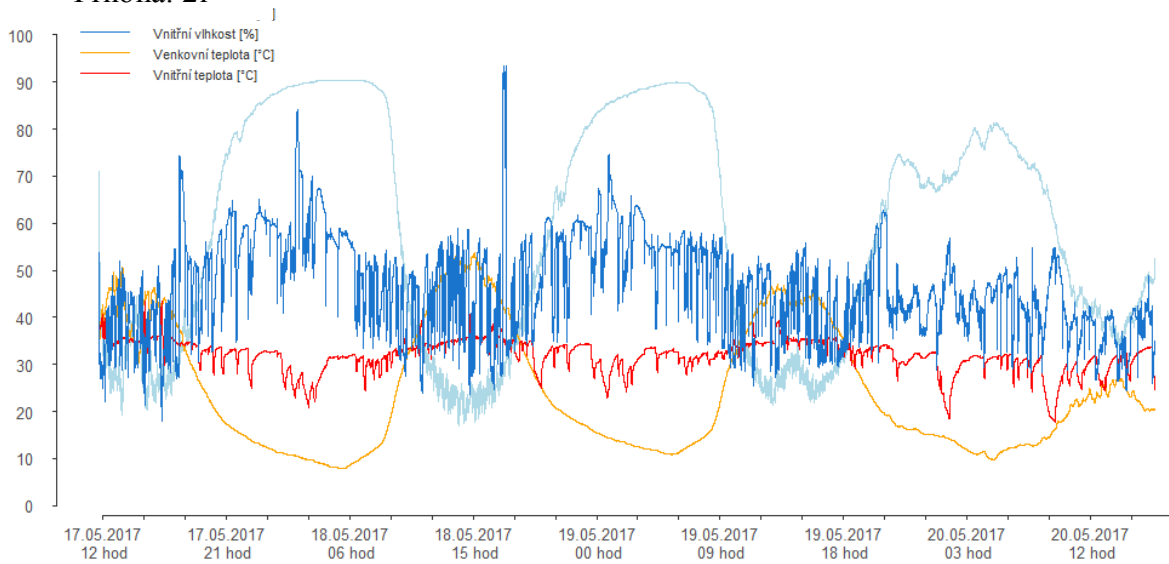
Příloha: 2k

Vanellus vanellus - hnízdo 134



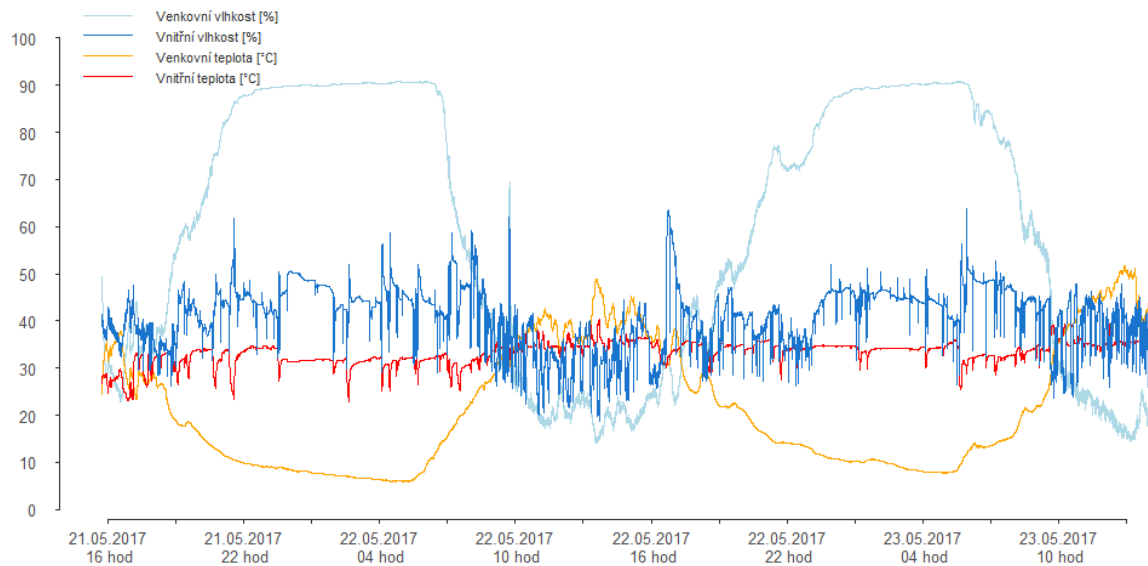
Příloha: 2l

Vanellus vanellus - hnízdo 153

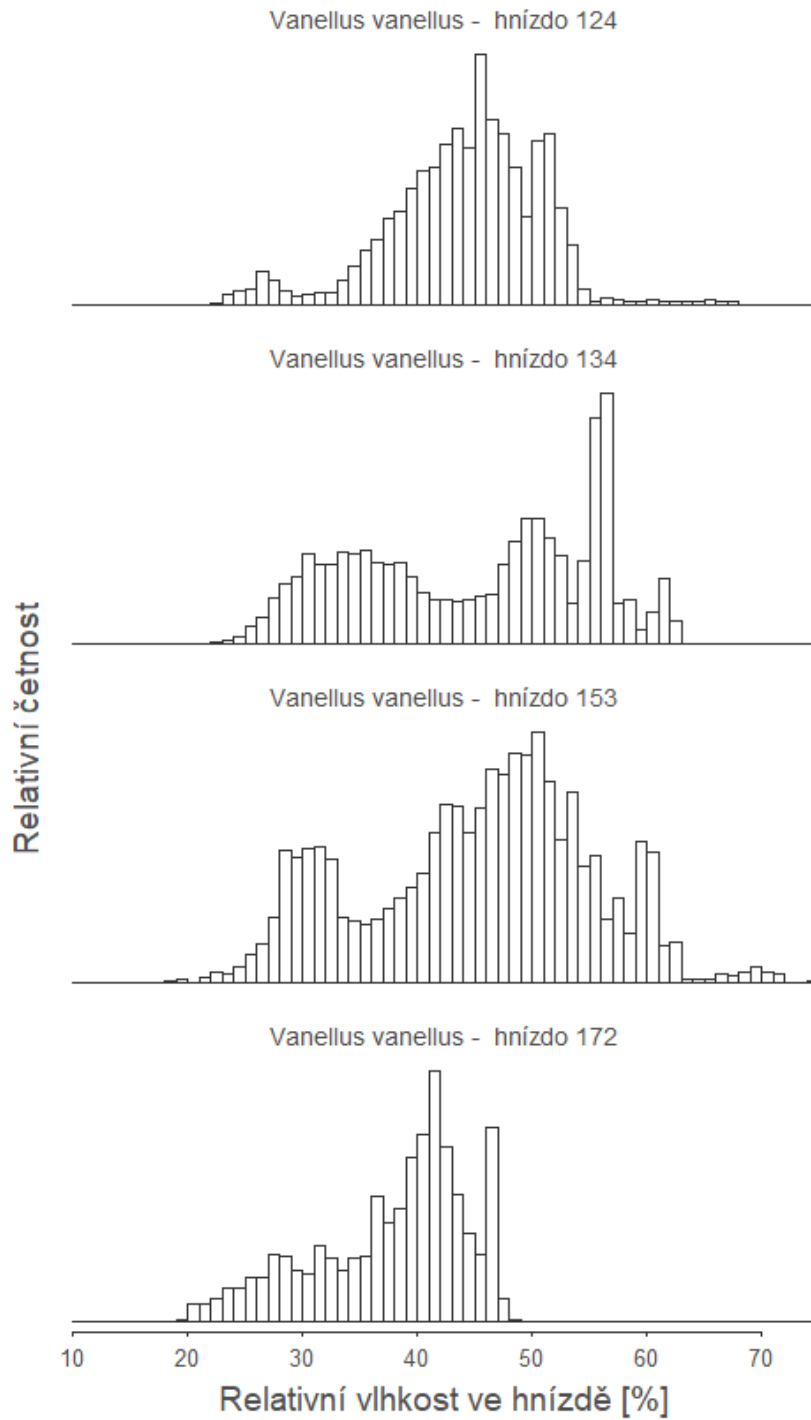


Příloha: 2m

Vanellus vanellus - hnízdo 172

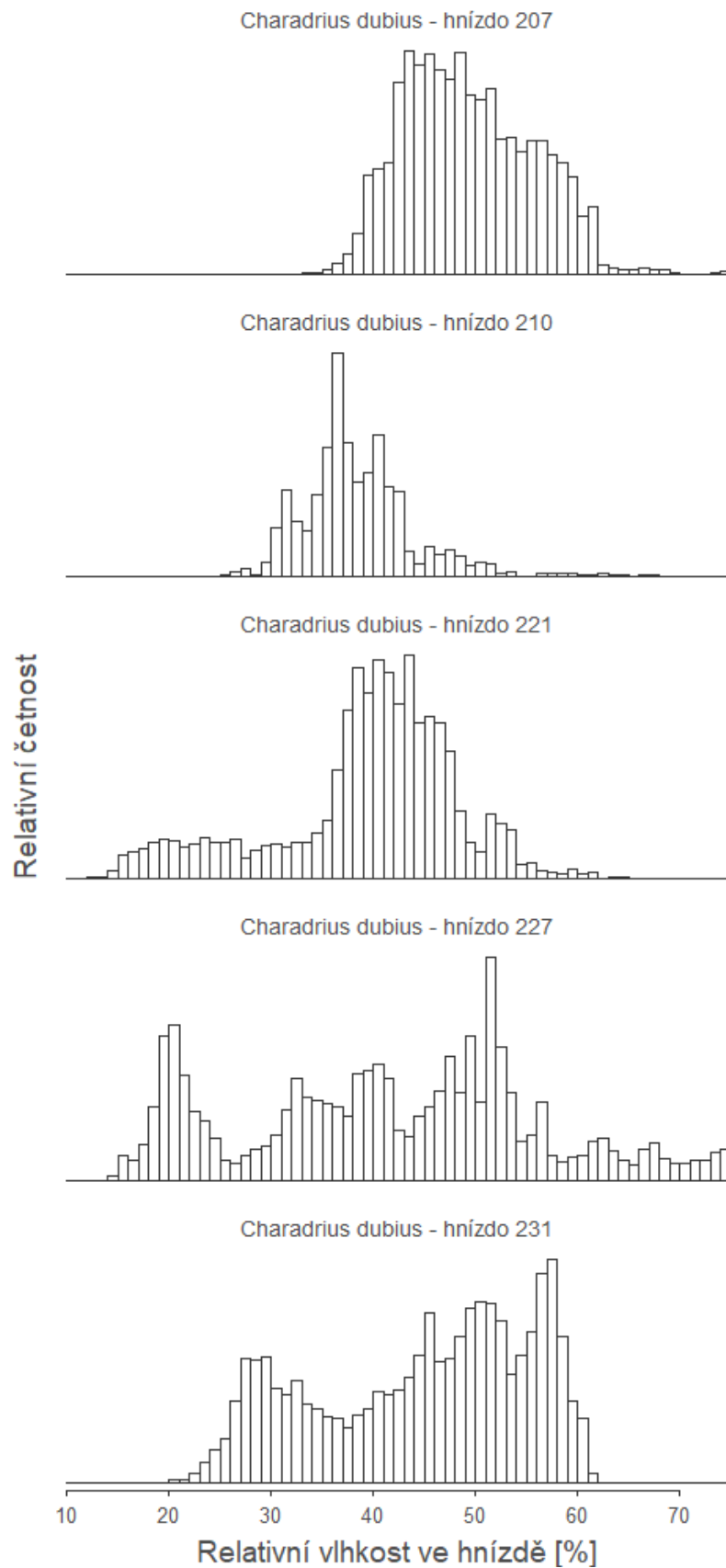


Příloha: 3a



Obrázek č. 1- Na obrázku je znázorněna relativní vlhkost v procentech v jednotlivých hnízdech čejky chocholaté

Příloha: 3b



Obrázek č. 2- Na obrázku je znázorněna relativní vlhkost v procentech v jednotlivých hnízdech kulíka říčního