

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA EKOLOGIE



**Ptáci Online:**

**biologické a technické zhodnocení projektu  
realizovaného v letech 2015–2022**

**Birds Online:**

**biological and technical evaluation of the project  
implemented in the years 2015–2022**

## **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Bakalant: Vlastimil Osoba

Vedoucí práce: doc. Ing. Markéta Zárybnická, Ph.D.

2023

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Vlastimil Osoba

Environmentální vědy  
Aplikovaná ekologie

Název práce

**Ptáci Online: biologické a technické zhodnocení projektu realizovaného v letech 2015–2022**

Název anglicky

**Birds Online: biological and technical evaluation of the project implemented in the years 2015–2022**

---

### Cíle práce

Cílem práce je:

- 1) popsat technologická zařízení a analyzovat technický vývoj monitorovacího systému chytrých ptačích budek, který byl použitý v rámci projektu Ptáci Online (Birds Online), včetně výhod a slabostí jednotlivých vývojových sérií s ohledem na cílové druhy ptáků,
- 2) vytvořit dokumentaci pro instalaci, zprovoznění, údržbu a technickou podporu chytrých ptačích budek,
- 3) vyhodnotit počty aplikovaných chytrých ptačích budek a hnízdní aktivitu ptáků zaznamenaných v chytrých ptačích budkách v období 2015-2022.

### Metodika

Student bude zajišťovat technickou podporu projektu Ptáci Online realizovaného Fakultou životního prostředí ČZU v Praze. V rámci této podpory bude zajišťovat instalace chytrých ptačích budek, jejich pravidelné kontroly a údržby. Na základě získaných zkušeností vytvoří metodické pokyny k technickým postupům a zhodnotí jejich účelnost podle stanovených cílů. Student též shromáždí informace o počtech a druzích hnízdicích ptáků v chytrých budkách, které analyzuje a vyhodnotí.

**Doporučený rozsah práce**

40-50 stran

**Klíčová slova**

Ptáci Online, kamera, chytrá budka, ptáci, hnízdění, monitoring, internet, školy

---

**Doporučené zdroje informací**

- Cooper, James A. and Afton, Alan D. 1981. A Multiple Sensor System for Monitoring Avian Nesting Behavior. *The Wilson Bulletin*. 1981, Vol. 93, 3, pp. 325–333
- Šťastný K., Bejček V., Hudec K. Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice: 2001-2003. Praha: Aventinum, 2006. ISBN 80-86858-19-7
- Zárybnická M. Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta životního prostředí. Using automated data collection from nest boxes for avian research and education: habilitation thesis. Prague: Czech University of Life Sciences Prague, Faculty of Environmental Sciences, 2020. ISBN 978-80-213-3012-2
- Zárybnická M., Kubizňák P., Šindelář J., Hlaváč V., Fisher D., 2016b: Smart nest box: a tool and methodology for monitoring of cavity-dwelling animals. In: *Methods in Ecology and Evolution* [online]. 7(4), s. 483-492 DOI: 10.1111/2041-210X.12509. ISSN 2041210x
- Zárybnická M., Sklenička P., Tryjanowski, P. A Webcast of Bird Nesting as a State-of-the-Art Citizen Science. *PLoS Biology-online*, 2017, roč. 15, č. 1, s. 1-9. ISSN: 1545-7885
- 

**Předběžný termín obhajoby**

2022/23 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

doc. Ing. Markéta Zárybnická, Ph.D.

**Garantující pracoviště**

Katedra ekologie

**Konzultant**

Ing. Petr Kubizňák

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2023

**prof. Mgr. Bohumil Mandák, Ph.D.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 30. 3. 2023

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 30. 03. 2023

---

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, pod vedením doc. Ing. Markéty Zárybnické, Ph.D. a že jsem uvedl všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

V Praze, dne 30. 3. 2023

.....



## **Poděkování**

Rád bych na tomto místě poděkoval vedoucí své práce doc. Ing. Markétě Zárybnické, Ph.D. za její ochotu při vedení této práce, poskytnutou literaturu, za její vstřícnost, přínosné rady v průběhu konzultací a celkovou podporu v průběhu trvání projektu a během dokončení práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Petru Kubizňákovi Ph.D. za praktické připomínky při zpracování práce. Poděkování patří také všem spolupracujícím školám, které se podílejí na provozu a údržbě chytrých ptačích budek.

## Abstrakt

Bakalářská práce dokumentuje, shrnuje a analyzuje dlouholetý výzkum zabývající se monitoringem hnízdění dutinových ptáků pomocí tzv. chytrých ptačích budek, který byl realizován na FŽP od roku 2015 v rámci projektu Ptáci Online (Birds Online). Základním kamenem celého projektu je ptačí budka vybavena sofistikovaným kamerovým systémem, který byl navrhnut a vyvinut speciálně pro tyto účely. Součástí kamerového systému je řídicí (počítačová) jednotka, integrovaná fotopast (IR brána) a řada environmentálních senzorů. Kamerový systém automaticky zaznamenává každou aktivitu uvnitř ptačí budky, která je zachycena prostřednictvím fotopasti umístěné ve vletovém otvoru budky. Videozáznamy jsou následně ukládány na paměťovou kartu a přenášeny prostřednictvím internetové sítě na server ČZU v Praze, kde jsou zálohovány a sdíleny na webových stránkách projektu - [www.ptacionline.cz](http://www.ptacionline.cz).

V průběhu let 2015–2022 proběhla instalace a zprovoznění 66 chytrých ptačích budek v areálu mateřských, základních a středních škol, nemocnic a dalších spolupracujících veřejných a soukromých subjektů. Kamerový systém byl adaptován i pro další typy hnízdních budek tak, aby umožnil monitorování dalších ptačích druhů, např. sýčka obecného (*Athene noctua*), sovy pálené (*Tyto alba*), kavky obecné (*Corvus monedula*), rorýse obecného (*Apus apus*) a poštolky obecné (*Falco tinnunculus*). Na plynulý provoz všech chytrých ptačích budek je centrálně dohlíženo prostřednictvím aplikace Zabbix, která umožňuje sledovat připojení a správnou funkci každé budky a okamžitě zhlásit její výpadek.

Společně se spolupracujícími subjekty bylo zaznamenáno tisíce zajímavých pozorování 15 druhů ptáků a savců a byly vytvořeny didaktické a metodologické postupy pro zpracování a interpretaci pořízených dat. Předložená práce zároveň slouží jako praktický manuál pro sestavení chytré ptačí budky a její zprovoznění. Autoři projektu by tímto zároveň chtěli poděkovat všem grantovým prostředkům, kterými byl projekt dlouhodobě podporován, především pak FŽP ČZU, ČZU (CIGA), ELNICO s.r.o. a Magistrátu hlavního města Praha.

**Klíčová slova:** Ptáci Online, kamera, chytrá budka, ptáci, hnízdění, monitoring, internet, školy

## Abstract

This thesis summarizes, documents and analyses long-term research dealing with the monitoring of cavity nesting birds using so-called Smart Nest Boxes (SNB), which has been implemented at Faculty of Environmental Sciences since 2015 as part of the Birds Online project. The cornerstone is a camera system integrated into a wooden birdhouse, which was designed and developed specifically for these purposes at Faculty of Environmental Sciences (FES). The camera system includes a control (computer) unit, an integrated camera trigger (IR gate) and a set of environmental sensors. The camera system automatically records every activity inside the birdhouse, which is captured by a camera trigger located in the birdhouse's inlet opening. The video recordings are subsequently saved on a memory card and transferred via the Internet to the server of Czech University of Life Sciences Prague (CULS), where they are backed up and shared on the project's website - [www.ptacionline.cz](http://www.ptacionline.cz).

During the years 2015–2022, number of 66 SNBs were installed and put into operation on the premises of kindergartens, primary and secondary schools, hospitals and other cooperating public and private entities. The camera system was also adapted for other types of nesting boxes allowing to monitor other bird species, e.g. the little owl (*Athene noctua*), the barn owl (*Tyto alba*), the western jackdaw (*Corvus monedula*), the common swift (*Apus apus*) and the common kestrel (*Falco tinnunculus*). The smooth operation of all SNBs is monitored centrally through the Zabbix application, which allows us to monitor the connection and proper function of each birdhouse and report its outage immediately.

Together with cooperating subjects, thousands of interesting observations of 15 species of birds and mammals were recorded, and didactic and methodological outputs were created for the processing and interpretation of the collected data. The presented thesis also serves as a practical manual for assembling a Smart Nest Box and putting it into operation. The authors of the project would also like to thank all the grant funds that have supported the project for a long time, especially FES CULS Prague, CULS (CIGA), ELNICO s.r.o. and the City Hall of Prague.

**Key words:** Birds Online, camera, Smart Nest Box, birds, nesting, monitoring, internet, schools

## Obsah

1.	Úvod .....	9
2.	Cíle práce .....	9
3.	Literární rešerše .....	9
3.1	Porovnání monitorovacích systémů .....	9
3.2	Kamerové systémy pro studium obratlovců .....	12
4.	Materiál a metodika .....	17
4.1	Vývoj chytrých ptačích budek .....	17
4.2	První zprovoznění „online“ modelu chytrých ptačích budek .....	22
4.3	Struktura technických zařízení „online“ modelů chytrých ptačích budek ...	22
4.4	Dokumentace pro implementaci chytré ptačí budky .....	24
4.4.1	Hardware chytrých ptačích budek .....	24
4.4.2	Software chytrých ptačích budek .....	27
4.4.3	Výroba a instalace budky, výkresová dokumentace .....	34
4.4.4	Technická podpora a údržba chytrých ptačích budek .....	35
5.	Výsledky .....	37
5.1	Vyhodnocení instalace a provozu chytrých ptačích budek .....	37
5.2	Vyhodnocení hnízdní aktivity ptáků v chytrých ptačích budkách .....	39
5.3	Vyhodnocení vzdělávacího přínosu a popularizace vědy .....	41
5.4	Další aplikace chytrých ptačích budek .....	44
6.	Diskuse .....	45
6.1	Účelnost a využití chytrých ptačích budek .....	45
6.2	Úskalí použitého hardwaru a softwaru .....	46
7.	Závěr .....	48
8.	Citovaná literatura .....	50
9.	Přílohy .....	53

## 1. Úvod

Projekt Ptáci Online je realizován na Fakultě životního prostředí ČZU v Praze od roku 2015 a navazuje na zkušenosti z monitorování hnízdění sýce rousného (*Aegolius funereus*), který probíhá v Krušných horách od roku 1999 (Zárybnická, et al. 2009, 2012, 2015). Předložená bakalářská práce vyhodnocuje a analyzuje efektivnost kamerového systému, který byl navržen a vyvinut v rámci projektu Ptáci Online za účelem monitorování hnízdění běžných dutinových ptáků, zejména sýkory koňadry (*Parus major*), sýkory modřínky (*Cyanistes caeruleus*) a špačka obecného (*Sturnus vulgaris*), ale i méně častých druhů jako je rorýs obecný (*Apus apus*) či kriticky ohroženého sýčka obecného (*Athene noctua*).

## 2. Cíle práce

Cílem předložené bakalářské práce je:

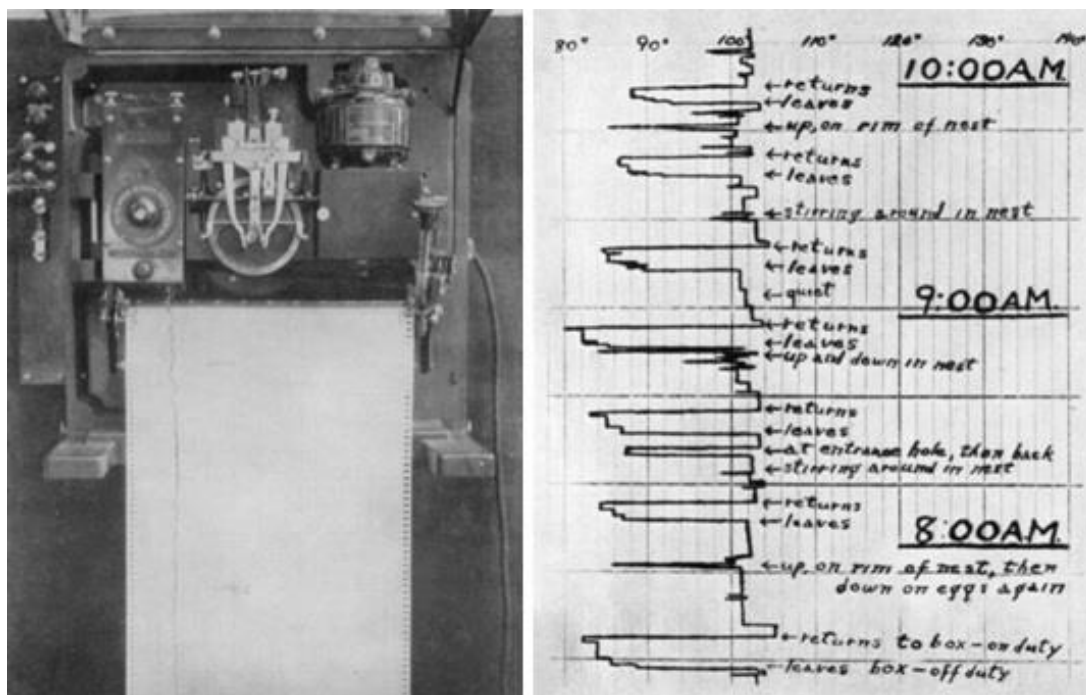
- popsat technologická zařízení a analyzovat technický vývoj monitorovacího systému chytrých ptačích budek, který byl použitý v rámci projektu Ptáci Online (Birds Online), včetně výhod a slabostí jednotlivých vývojových sérií s ohledem na cílové druhy ptáků
- vytvořit dokumentaci pro instalaci, zprovoznění, údržbu a technickou podporu chytrých ptačích budek
- vyhodnotit počty aplikovaných chytrých ptačích budek a hnízdní aktivitu ptáků zaznamenaných v chytrých ptačích budkách v monitorovacím období 2015-2022.

## 3. Literární rešerše

### 3.1 Porovnání monitorovacích systémů

Snaha získávat ucelené soubory dat poskytujících etologické, fyziologické a ekologické informace konkrétních živočišných druhů vedla amatérské i profesionální přírodovědce k návrhu a vývoji více či méně profesionálních monitorovacích zařízení. Dle konkrétního zadání zkonstruovali různá funkční řešení, které ve většině případů nebylo replikovatelné pro jiné výzkumy (Cooper, et al., 1981). V případě studia

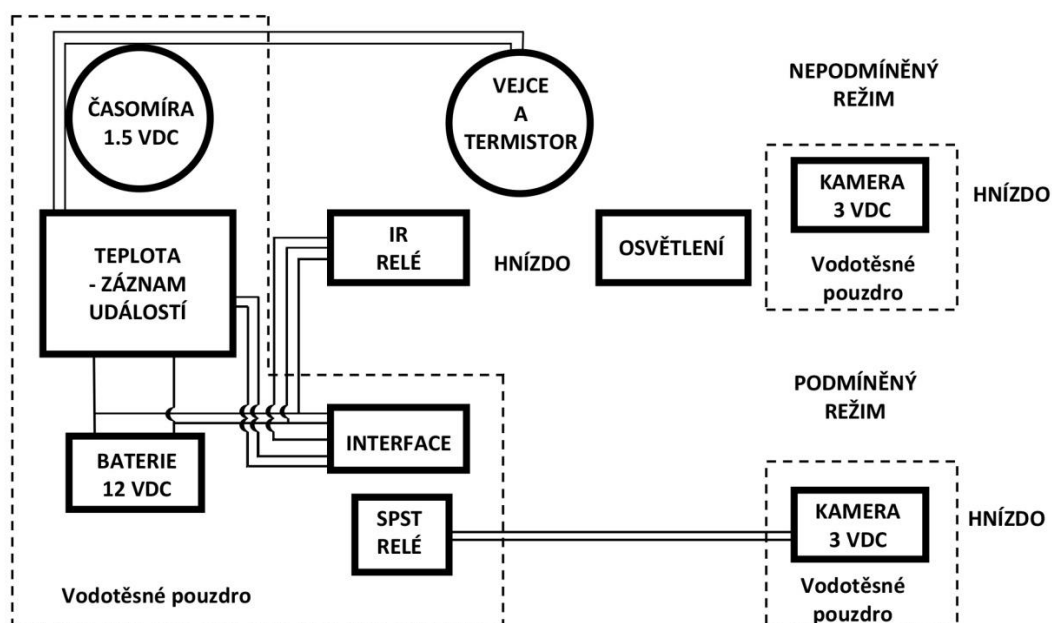
hnízdni biologie ptáků se daná technická řešení vždy odvíjela od specifík konkrétních druhů i předmětu studia. V každé době byly možnosti výzkumníků limitovány aktuálním vývojem, úrovní technického pokroku a dostupností vhodných komponent. Navzdory různým technickým limitacím zejména v počátcích technologického vývoje, dokázali vědečtí pracovníci získávat na svoji dobu ojedinělá data a informace (Skutch, 1962). První metody získávání biologických informací zahrnovaly pozorování objektu z krytu nebo instalaci jednoduchého mechanického spínače připojeného ke grafickému záznamu (Obr. 1) (Baldwin, et al., 1927).



Obrázek 1 Teplotní záznamové zařízení, které bylo součástí hnízdní budky v roce 1926 (Baldwin, et al., 1927).

V roce 1927 britský lesník F. W. Champion navrhl a vytvořil technické řešení pro automatické pořizování fotografií v indické džungli, které umožnilo získání prvních fotografií bengálského tygra, indického leoparda a jiných divokých zvířat v jejich přirozeném prostředí (Champion, 1927). Jedná se o první případy alternativního lovu divoké zvěře „beze zbraní“. Zařízení fungovalo na principu automatického sepnutí spouštěcího mechanismu fotoaparátu pomocí návnady připevněné na drátu. Tento systém byl až v 90. letech 20. století nahrazen pohybovým čidlem nebo infračerveným paprskem implementovaným do miniaturního zařízení označovaného jako fotografická past. (Fleming, et al., 2014).

Vývoj elektronických a fotografických součástí zapříčinil rozvoj důmyslných zařízení schopných detekovat přítomnost jedinců na hnízdě nebo v jeho okolí (Obr. 2). Termistory a termočláanky byly umisťovány na vejcích nebo jejich náhražkách (Norton, 1972). Přímo na hnízdě nebo poblíž hnízda byla umisťována fotoelektrická čidla (Kessler, 1962) detekující přítomnost inkubujících jedinců nebo byl obraz zaznamenáván různými časosběrnými kamerovými aparaturami.



Obrázek 2 Schéma zapojení multisenzorického systému – přeloženo z originálu (Norton, 1972).

Například v letech 1969–70 byly používány špičkové kamery německé výroby Nizo S-80 a Nikkorex Zoom 8 pro pořizování časosběrných záznamů v kolonii tučňáků kroužkových (*Pygoscelis adeliae*) na antarktické stanici Hallett (72° 19' S, 170° 13' E). Filmová kazeta Super 8 mm obsahovala přibližně 1500 záznamových polí, což vyžadovalo při nastavení 1 záznam/min. výměnu každých 60 hodin. Kamera byla zapouzdřena v izolovaném boxu, jehož interiér byl navíc ohříván odporovým termostatickým vodičem (Obr. 3). Napájení bylo vedeno z nedalekých ubikací polární základny (Weller, et al., 1972).





Obrázek 3 Kamera 8 mm (Braun-Nizo S 80) uložená v izolovaném pouzdře vyhříváném odporovým termostatickým páskem.

### 3.2 Kamerové systémy pro studium obratlovců

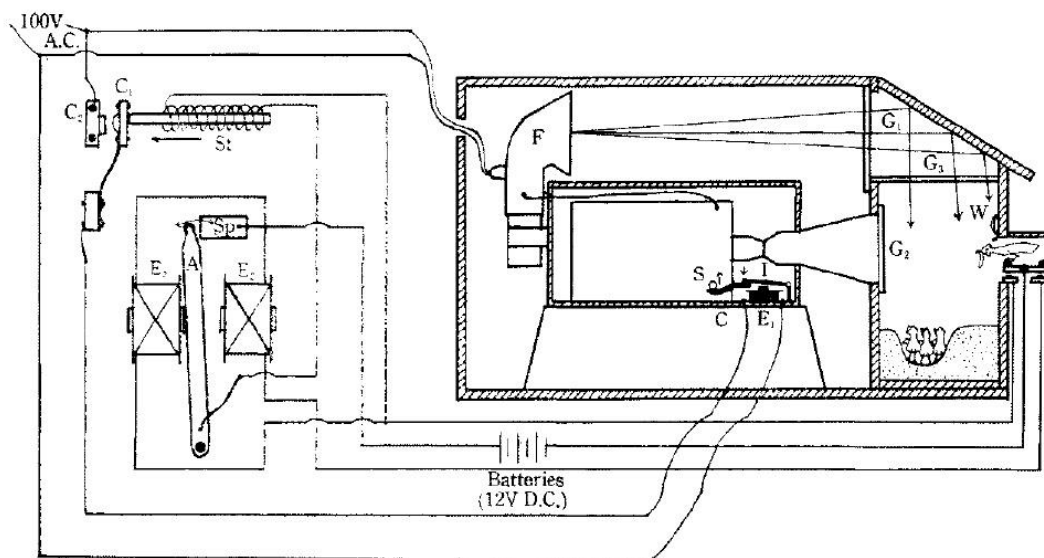
Současná úroveň a dostupnost kamerové techniky na světovém a tuzemském trhu umožňuje využití pestré škály kamerových systémů pro komerční i akademické účely. Kromě dostupnosti se zvýšila kompaktnost a rozměrové parametry, které spolu s výkonem poskytují nesrovnatelně vyšší objemy dat. Rovněž digitalizace, na rozdíl od analogových výstupů, umožňuje jejich ukládání, zálohování a zpracování nejen manuálně, ale také pomocí umělé inteligence. Použití a způsoby řešení jsou však i nadále vysoce závislé na biologii jednotlivých druhů a typu sbíraných dat a informací. Ve druhé polovině 20. století byl zaznamenán neobyčejný rozvoj ve využití kamerových systémů pro studium obratlovců, obzvláště ptáků. V letech 1956 až 2007 bylo identifikováno 327 prací využívajících kamerové systémy ke studiu 255 druhů ptáků 19 různých řádů (Cox, et al., 2012). Studie popisují predaci studovaných druhů ( $n = 114$ ), potravní ekologii ( $n = 103$ ) a chování dospělých jedinců na hnízdě ( $n = 81$ ).



Většina uváděných kamerových systémů byla částečně nebo úplně vyrobena uživateli (69 %). Použité kamery byly obvykle využity pro časosběrné snímkování (tj. méně než 25 snímků za sekundu) a vzácně za účelem videonahrávek v reálném čase (tj. více než 25 snímků za sekundu) (Cox, et al., 2012). Za nízkorozpočtové sestavy autoři považují komplety v cenové relaci v přepočtu od 8000,- Kč do 16 500,-Kč, které se vesměs ukázaly jako velmi spolehlivé. Míra ztráty dat vlivem poruchy zařízení byla zpravidla nízká a závislá na povaze konkrétního zadání. Převažovaly výpadky elektrického proudu, technická selhání kamery a poškození kabelů hlodavci. Ve všech případech byla rizika pečlivě zvažována a velký zřetel byl brán na prevenci a snížení negativních faktorů způsobující selhání celého systému. Podobně jako kamery na antarktické stanici Hallett (Weller, et al., 1972), byly ve venkovním prostředí použity i fotoaparáty Brownie Hawkey vybavené bleskem a speciálním spouštěcím mechanismem (Gysel, et al., 1956). Ukázalo se, že při nejméně příznivých klimatických podmínkách zůstával systém plně funkční, pokud byl v případě výskytu sněhu nebo deště vložen do zaskleného pouzdra. Pouze v případě nadílky vysoké vrstvy sněhu bylo nutné udržovat zařízení funkční a odstranit sníh z objektivu a návnady. Tento systém byl ve většině případů využíván s ohledem na ohniskovou vzdálenost objektivu a ručním nastavení vzdálenosti spouštěcího mechanismu s návnadou byl optimální pro záznam živočichů do velikosti lišky.

V současné době byly všechny podobné mechanismy nahrazeny kompaktními automatickými, zpravidla digitálními fotoaparáty schopnými zaznamenat statický snímek nebo kratší videozáznam v kteroukoli denní i noční dobu. Na trhu jsou dnes desítky různých typů fotopastí, které jsou hojně využívány amatérskými zájemci, přírodovědci, myslivci ale i policií pro objasňování trestné činnosti. Mnohé typy jsou v nadstandardním provedení a jsou vybaveny přenosem pořízených záznamů prostřednictvím WIFI nebo GSM připojení. Lze tak okamžitě vyhodnocovat informace, které zaslaná fotografie poskytuje. Výše uvedené monitorovací systémy se zpravidla zabývají detekcí a sběrem fotografií v konkrétních biotopech, tj. povětšinou v otevřeném terénu, kde se zvěř volně pohybuje a záběr je pořízen pouze v případě vstoupení živočicha do kamerovým zařízením detekovaného prostoru. Může tak být zkoumán samotný výskyt, migrace nebo abundance konkrétního druhu a nezdědka fotopast přispěje k objevu nových nebo dalších živočišných druhů považovaných za vyhynulé, jako např. malého sudokopytníka kančila stříbrohřbetého (*Tragulus versicolor*) (Nguyen A., et al., 2019).

Navzdory využívání velkého množství úspěšných kamerových zařízení, některé fáze životních cyklů živočichů zůstávají nadále skryty. Patří k nim např. druhy s noční aktivitou nebo druhy žijící v podzemí či dutinách. Ačkoliv množství informací o dutinových druzích jsme schopni získat přímým pozorováním (např. četnost krmení nebo střídání partnerů během péče o mláďata), tento způsob nám neumožní získat informace o krmení mláďat či komunikace mezi rodiči a mláďaty, která probíhá uvnitř hnízdních dutin. K tomuto účelu je nutné použití kamerových systémů.



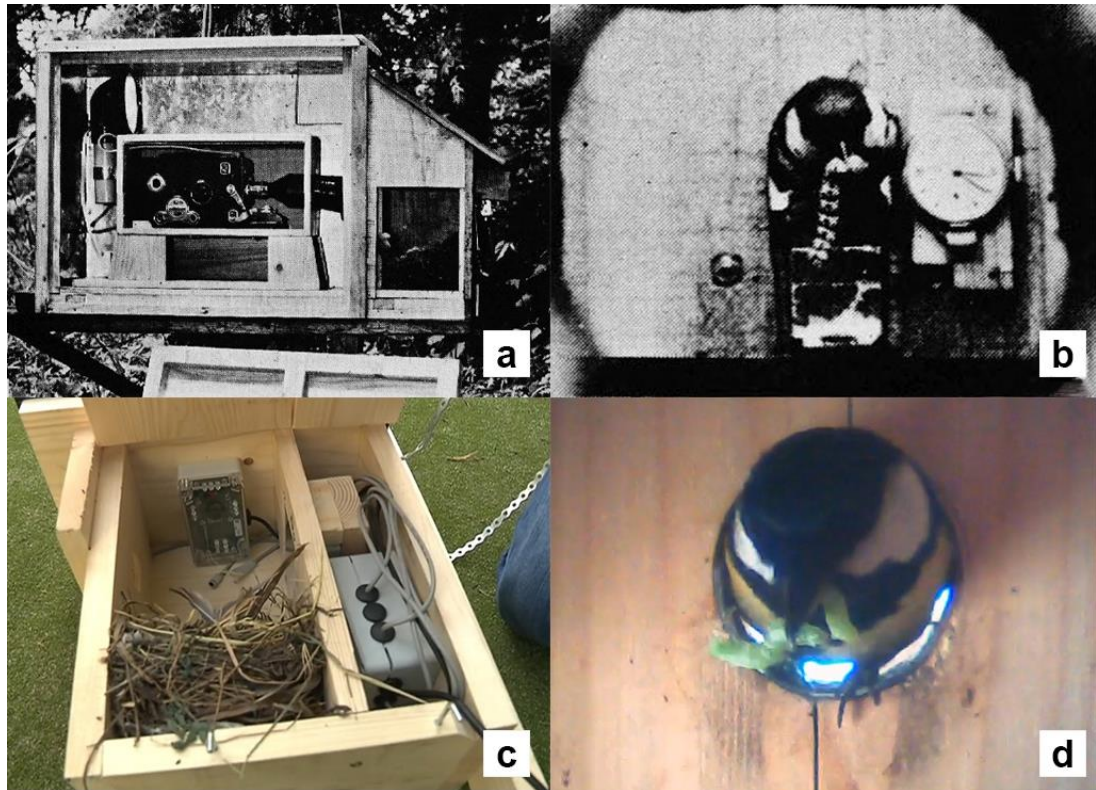
Obrázek 4 Schéma zapojení monitorovací ptačí budky dle Royama 1956.

Legenda: E1 – elektromagnet 100 V AC, E2 a E3 – elektromagnety 12 V DC, A – kovové rameno se stříbrným kontaktem, Sp – stříbrná podložka, St – spoušť cívky, C1 a C2 – sada stříbrných kontaktů, F – paprsek světla, S – spoušť uzávěrky, C – kamera, I – ocelová hřídel, G1 a G2 – skleněné desky, G3 – mléčná skleněná deska, W – náramkové hodinky.

V samotných začátcích vývoje ptačích budek s kamerovým vybavením se nejednalo o kontinuální přenos z hnízdní dutiny; přesto však bylo možné získat rozsáhlý obrazový materiál, který následně sloužil jako rozsáhlý zdrojový soubor biologických dat. První velice sofistikované řešení ptačí budky vybavené kamerovou technologií monitorovalo pár sýkory koňadry v průběhu jeho hnízdění (Royama, 1959) (Obr. 4). Zařízení pořizovalo snímky jednotlivých vletů obou jedinců společně s ulovenou kořistí, kterou rodiče přinášeli jako potravu mláďatům. Dlouhodobá

pozornost byla věnovaná optimalizaci funkčnosti spínacího mechanismu u vletového otvoru (Obr. 5), který v mnoha případech vypověděl službu a neuvedl celou aparaturu v činnost. I přes značná úskalí a výpadky systému se jednalo o výhodný způsob získání velkého množství dat s minimálním úsilím v terénu.

Celý kamerový systém byl odnímatelný od hnízdní budky a mohl tak být přesunut k jiné budce, kde právě probíhalo hnízdění (Obr. 5a). I přes zdánlivou robustnost byl tento systém považován za neinvazivní prakticky bez jakéhokoli rušivého dopadu na hnízdící pár. Systém však kvůli svým nadměrným rozměrům měl omezené možnosti umístění a byl umisťován pouze v omezené míře v odpovídajících biotopech konkrétních druhů - např. ve větvích stromů ve vyšší výšce nad zemí již bylo fakticky nemožné. Zajímavostí byla i časová značka na každém pořízeném snímku, v podobě vyfotografovaných náramkových hodinek umístěných uvnitř budky vedle vletového otvoru (Obr. 5b). Toto jednoduché řešení umožňovalo snadnější analýzu a třídění dat. Dnešní digitální obrazový výstup obsahuje oproti tomu individuální časovou značku již ve svém názvu (Zárybnická et al., 2019).



Obrázek 5 Mezigenerační srovnání monitorovacích budek: nahoře interiér budky a snímek sýkory koňadry dle Royoma (1956), dole interiér chytré ptačí budky snímek sýkory koňadry s kořistí dle Zárybnická et al. (2019).

S postupnou miniaturizací informačních technologií a rychlým nástupem inovací ve všech technických oborech se rozvinulo autonomní navrhování a vývoj monitorovacích jednotek. Typickým příkladem byl systém pro monitorování sýce rousného (Zárybnická, 2008), (Kouba et al., 2015) vyvinutý na FŽP v Praze, později rozšířený také na běžné druhy, především pěvce (Zárybnická et al., 2019). Tento systém je již plně funkční v retrospektivní in online formě a je doposud nepřekonaným z hlediska kvality, kompatibility a rozsahu sbíraných informací.

## 4. Materiál a metodika

### 4.1 Vývoj chytrých ptačích budek

Vývoj chytrých ptačích budek byl započat v roce 2002, kdy Markéta a Jan Zárybníční aplikovali pohybové čidlo a teplotní sensor do prvních hnízd sýce rousného. Následně M. Zárybnická rozvinula tyto činnosti v mezifakultní spolupráci (Vladimír Bezouška a Pavel Děd z Technické fakulty, ČZU), jejíž cílem byl vývoj automatického systému umístěného v upravené hnízdní budce pro sýce rousné. Použité zařízení se skládalo z kamery s externím objektivem (DECAM), čipové identifikační čtečky s externí anténou, infračervené (IR) světelné brány pro detekci pohybu, časového záznamníku, infračervené osvětlovací diody SFH 485–2880nm a akumulátoru 12 V 60Ah. Byl také použit čipový RFID kroužek k identifikaci každého jedince, který byl připevněn na jeho běhák. Tímto kroužkem byli označeni oba rodiče včetně mláďat. Pokud se jedinec vyskytl v blízkosti čipové antény, došlo k zaznamenání ID kroužku na čipovou čtečku a při detekci pohybu IR bránou byly pořízeny 1–3 digitální snímky s rozlišením 640x480 pixelů, na kterých bylo znatelné, zda jedinec do budky vchází s kořistí nebo bez ní, anebo zda budku opouští. Z datového záznamníku bylo možné určit přesnou dobu konkrétního jedince strávenou na hnízdě. První takové monitorování hnízd sýce rousného pomocí kamerového systému a čipového identifikačního zařízení proběhlo v letech 2004 a 2006 v Krušných horách a 2005 ve Finsku (Kauhava). Monitoring proběhl kontinuálně po dobu 24 hodin denně v průběhu inkubace a výchovy mláďat (Zárybnická, 2008).

V roce 2012 M. Zárybnická a prof. Václav Hlaváč z fakulty elektrotechnické ČVUT v Praze zahájili spolupráci na návrhu a vývoji unikátní inteligentní ptačí budky, kterou v rámci své magisterské práce (při FEL ČVUT) vyvíjel Petr Kubizňák. V roce 2014 byla aplikována první generace chytré ptačí budky, model 1.0 (Tab. 1). Ve čtyřech provedeních ji vědci aplikovali během hnízdění sýce rousného v Krušných horách v letech 2014–2017. Použité budky byly vybavené dvěma průmyslovými kamerami, pohybovým senzorem a snímači teploty. V mezistěně v prostoru budky byla umístěna řídicí jednotka, která zajišťovala chod celého kamerového systému. Všechna tato zařízení byla napájena pomocí 12 V 60Ah baterie, kterou bylo nutné vyměnit z kapacitních důvodů přibližně jednou za týden. Pomocí tohoto zařízení se vědcům podařilo získat velké množství jedinečných záběrů z průběhu hnízdění. Použití tohoto monitorovacího systému přispělo k získání jinak skrytých informací o chování rodičů, jejich podílu na jednotlivých hnízdních aktivitách, o druhu přinášené



potravy, o způsobu jejího uskladnění, načasování jednotlivých aktivit a také o chování mláďat (Zárybnická, et al., 2016).

„Velký přínos celého systému spočívá v tom, že se skutečně zaznamenávají pouze aktivity po přeletu do budky, např. samce přinášejícího potravu pro samici a mláďata. Záznamy nečinné samice a mláďat sedících na hnízdě, které přinášejí minimum informací, jsou tak eliminovány. Toto technické novum zásadně usnadňuje zpracování dat a není proto nutné procházet nekonečnými hodinami záznamů, kdy se v hnízdě vlastně nic neděje.“ (ČTK, 2014) Nejenom z tohoto důvodu projevil zájem ve Finsku, kde sídlí největší populace sýců rousných v Evropě. Následný zájem médií (Hajek, 2014) svědčí o popularitě této výzkumné metody s vysokou přidanou populárně vědeckou hodnotou.

V této době vzniká myšlenka přizpůsobit inteligentní budku pro monitorování běžných druhů ptáků tak, aby ji mohla využívat široká veřejnost. „Nejen že by kamerou vybavené budky mohly být dostupné na běžném trhu, ale počítá se začlenění veřejnosti, a hlavně škol, do vlastního sběru a hodnocení dat. Zájemci z řad jednotlivců i škol by tak mohli budky aplikovat přímo na svém pozemku v nejrůznějších částech ČR a probíhající hnízdění sledovat prostřednictvím online přenosu. Vznikne tak pro vědeckou obec jedinečná příležitost, jak prezentovat populární formou svoji práci studentům i laické veřejnosti. Vše se daří koncipovat tak, aby mohla spolupráce na zkušebních online budkách začít již v roce 2015“ (Zárybnická, 2014). V následujících letech byla myšlenka realizována prostřednictvím projektu Ptáci Online, což souviselo i s rozšířením realizačního týmu. V rámci tohoto projektu byla navržena, vyvinuta a aplikována druhá (Model 2.0) a třetí (Model 3.0) generace chytrých ptačích budek, které byly postupně umisťovány za účelem monitorování hnízdění běžných druhů ptáků na soukromých pozemcích mateřských, základních i středních škol a dalších odborných a vzdělávacích institucích (např. Ministerstvo ŽP) v ČR i v zahraničí. Provoz některých z těchto budek probíhá do současnosti. Design a vývoj nově upravených chytrých ptačích budek (modely 2.0 a 3.0) zajišťoval Petr Kubizňák v rámci doktorského studia na FŽP a tento vývoj realizoval ve spolupráci s firmou Elnico, s.r.o. Instalaci, údržbu a dohled nad budkami zajišťoval Vlastimil Osoba a za vzdálený přenos dat z chytrých ptačích budek na server ČZU byl zodpovědný Ing. Tomáš Kotek (rektorát, ČZU).

V rámci rozvoje projektu v letech 2014–2018 byly vytvořeny celkem tři základní typy chytrých ptačích budek. První typ (Model 1.0.) byl navržen a vyvinut pro

aplikaci ve stavu „offline“, tedy bez možnosti připojení k internetu a použití zdroje napájení (12 V 60Ah baterie). Tento typ budky byl určen pro monitorování sýce rousného v Krušných horách, tedy v lesním prostředí vzdáleném mimo síťové zdroje. Druhý a třetí typ chytrých ptačích budek byl navržen a vyvinut pro aplikaci ve stavu „online“, tedy pro použití v osídlených oblastech s přístupem k síťovému zdroji napájení a Internetu. Oba modely 2.0 a 3.0 sloužily pro použití ve stavu „online“, ale lišily se výkonem, použitou technologií a softwarem — viz srovnání (Tab. 1).

Po implementaci první série chytrých ptačích budek a nasbíraných zkušenostech s funkčností chytrých ptačích budek navrhl autor technologického řešení (Kubizňák, 2016) inovovat hardwarové řešení řídicí jednotky. Byl navržen upgrade řídicí desky založené na procesorovém modulu SQM4-SX6 obsahující procesor NXP i.MX6 SoloX s asymetrickým dvoujádroem ARM Cortex A9 800 MHz a ARM Cotex M4 200 MHz. Tuto inovaci ocenili uživatelé větších škol např. se dvěma, resp. třemi stupni včetně mateřských škol. V těchto institucích bylo možné, počínaje rokem 2018, sledovat online hnízdění prostřednictvím internetového prohlížeče a současně chytrá ptačí budka pořizovala požadované video záznamy. Jako dostatečná se osvědčila délka záznamů 20–30 sekund, která vystihne velkou většinu aktivit ptáků. Délku pořizovaných videozáznamů lze libovolně nastavovat změnou konfiguračního souboru. Oba modely 2.0 a 3.0 umožňovaly uživatelům prostřednictvím webových stránek [www.ptacionline.cz](http://www.ptacionline.cz) retrospektivní shlédnutí pořizovaných videozáznamů i online přenos. Soubory uložené během dne na paměťové kartě řídicí jednotky jsou během klidnějšího období na síti (zpravidla po půlnoci) automaticky nahrány na server ČZU.

<b>Model</b>	<b>1.0</b>	<b>2.0</b>	<b>3.0</b>
<b>Rok výroby</b>	2014	2016	2018
<b>Náklady</b>	\$1400	\$560	\$560
<b>Řídící jednotka</b>			
<i>Výrobce</i>	Elnico	Elnico	Elnico
<i>Mikroprocesor</i>	NXP Vybrid VF6 ARM Cortex A5 500 MHz+ ARM Cortex M4 167 MHz	NXP Vybrid VF6 ARM Cortex A5 500 MHz+ ARM Cortex M4 167 MHz	NXP i.MX6SoloX ARM Cortex A9 800 MHz+ ARM Cortex M4 227 MHz
<i>RAM</i>	256 MB	256 MB	1 GB
<i>NAND FLASH</i>	256 MB*	256 MB	256 MB
<i>MicroSD karta</i>	4 GB‡	16 GB‡	16 GB‡
<i>Ethernet</i>	100 Mbit/s	100 Mbit/s	100 Mbit/s
<i>WiFi</i>	802.11 b/g/n	No	No‡
<i>Uložení</i>	171 x 121 x 55 mm, IP65	125 x 115 x 58 mm, IP53	125 x 115 x 58 mm, IP53
<i>Napájení</i>	12 V traction battery	15 V PoE (Power over Ethernet)‡	15 V PoE (Power over Ethernet)‡
<b>Ostatní komponenty</b>			
<i>Výrobce</i>	Elnico	Elnico	Elnico
<i>Mikrofon</i>	Samostatně	Samostatně	Součást kamery
<i>Detektor pohybu</i>	Brána s infračerveným paprskem	Brána s infračerveným paprskem	Brána s infračerveným paprskem
<i>Čtečka RFID</i>	Ano	Ne	Ne
<i>Fotosnímač slun. svítu</i>	Fotorezistor + ADC	Fotorezistor + ADC	Luxmetr
<i>Čidlo vnitřní teploty</i>	Ano	Ano	Ano*
<i>Čidlo vnější teploty</i>	Ano	Ano	Ano
<i>Vlhkoměr</i>	Ne	Ne	Ano
<i>Tlakoměr</i>	Ne	Ne	Ano
<i>Magnetické čidlo</i>	Ne	Ne	Ano*
<i>Vnější reproduktor</i>	Ne	Ne	Ano*



<i>Nástavbové sloty</i>	Ne	Ne	Ano*
<i>USB konektory</i>	Ne	Ne	Ano*
<b>Kamera</b>			
<i>Výrobce</i>	Imaging Develop. Systems	Ailipu Technology	Ailipu Technology
<i>Model</i>	UI-1541LE-M	ELP-USB100W05MT-RL36	ELP-USB100W04H-RL36
<i>Rozlišení</i>	1280 x 1024 px (1.3 MPx)	1280 x 720 px (1 MPx)	1280 x 720 px (1 MPx)
<i>Barevný režim</i>	Monochromatický	Barevný(den)/ monochromatický(noc)	Barevný(den)/ monochromatický(noc)
<i>IR přísvit</i>	stále	Při nízkém osvětlení	Při nízkém osvětlení
<i>Připojení</i>	USB	USB	USB
<i>Počet</i>	2	1‡	1‡
<b>Video</b>			
<i>Kódování</i>	MJPEG	MJPEG	H.264
<i>Datový kontejner</i>	mkv	mkv	mp4
<i>Snímková frekvence</i>	10 fps	6 fps	30 fps
<i>Zpoždění spouště</i>	16 ms	20–200 ms	-3000 až 2000 ms
<i>Záznam videa</i>	Ano	Ano	Ano
<i>Živý přenos</i>	Ne	Pouze v místní síti, S určeným přehrávačem	Internet, Standardní stream (RTSP)
<i>Záznam vs. živý přenos</i>	Pouze záznam	Střídavý provoz	Souběžný provoz
<b>Údržba a sběr dat</b>			
<i>Pravidelná údržba</i>	Ano	Ne	Ne
<i>Vzdálený přístup</i>	Ne	Ano	Ano
<i>Vzdálený sběr dat</i>	Ne	Ano	Ano
<i>Automatická záloha dat</i>	Ne	Ano	Ano
<i>Publikování dat na web</i>	Ne	Ano	Ano
(* Příslušenství zatím nezakomponováno, ‡ nastavitelná možnost v terénu)			

Tabulka 1 Přehled technických specifikací řídicích jednotek, kamer, a ostatních komponent modelů 1.0, 2.0 a 3.0 chytrých ptačích budek (Kubizňák, et al., 2019).

## 4.2 První zprovoznění „online“ modelu chytrých ptačích budek

Projekt Ptáci Online byl započat v roce 2015 instalací prvních pěti chytrých budek (Model 2.0) v Praze. Instalace a „online“ implementace chytré ptačí budky vyžadovala komplexní přístup a značné úsilí, zejména v počátcích projektu při zprovoznění budek. Pro úspěšný provoz chytrých budek byl nutný vývoj technického zařízení (tj. hardware i software) a zajištění vhodné lokality pro umístění. Způsobilá lokalita byla určována vhodným biotopem, ve kterém se vyskytovaly běžné ptačí druhy a přístupem k internetové a elektrické zásuvce. Nutný byl též dostatečně rychlý internetový přenos dat. Zkušební prototypy chytrých ptačích budek byly instalovány v roce 2015, kdy proběhly montáže prvních pěti chytrých ptačích budek v lokalitě Praha Lužiny (bytový balkón soukromého uživatele) a na školní zahradě v ZŠ Mládí, Praha Stodůlky (ČT, 2015).

Autor této práce se připojil projektovému týmu v roce 2016 a od té doby se stal zodpovědným za aplikaci a provoz chytrých budek na pozemcích uživatelů. Veškeré podklady, instrukce a zkušenosti obdržel autor práce od Markéty Zárybnické a Petra Kubizňáka během instalace chytré ptačí budky na základní škole v obci Čížová dne 6. 4. 2016. Jednalo se o názornou formu instruktážního školení seznamující s instalací a integrací chytré ptačí budky, včetně předání potřebného hardwaru a softwaru. V průběhu dopoledne byla nakonfigurována řídicí jednotka, provedena instalace kabelu a chytrá ptačí budka (společně s řídicí jednotkou modelu 2.0 a kamerovým systémem) byla vyvěšena na bříze bělokoré (*Betula pendula*) ve výšce 6 metrů nad zemí, ve vzdálenosti 4 metrů od školní budovy. Délka připojeného datového kabelu z místa připojení na internet v ředitelně k budce byla 16 metrů.

## 4.3 Struktura technických zařízení „online“ modelů chytrých ptačích budek

Instalované a zprovozněné chytré ptačí budky (Model 2.0 a 3.0) zůstaly a kontinuálně (24/7) pracovaly na určené lokalitě po několik let. Tyto kamerové systémy byly vyvinuty na míru firmou Elnico, s.r.o. (zodpovědná osoba Petr Kubizňák) a skládaly se z řady technických zařízení. Stavebním kamenem celého systému byla na míru vyvinutá řídicí jednotka (počítač), který byl umístěn v plastové krabičce o rozměrech 125 x 115 x 48 mm s odolností proti vniknutí vody a prachu zhruba odpovídající normě IP53 (tj. se silnou, ne však kompletní ochranou proti prachu a pouze omezenou odolností proti vodě). Řídicí jednotka byla v případě modelu 2.0

vybavena mikroprocesorem NXP Vybrid VF6 (RAM 256 MB), který byl nahrazen mikroprocesorem NXP i.MX6SoloX (RAM 1 GB) u modelu 3.0. V obou případech byla řídicí jednotka vybavena MicroSD pamětíovou kartou pro ukládání pořízených dat. Maximální rychlost ethernetového přenosu je v obou případech 100Mb/s. V rámci monitorovacího systému (všech modelů) byla k řídicí jednotce napojena IR brána, která byla integrovaná ve vletovém otvoru budky a sada environmentálních senzorů měřících teplotu uvnitř budky (model 2.0), venkovní teplotu, atmosferický tlak a vlhkost vzduchu (model 2.0 i 3.0) a světelnou intenzitu (v modelu 2.0 pomocí fotoodporu s AD převodníkem, v modelu 3.0 luxmetrem). IR brána eliminuje nadbytečné záznamy bez jakýchkoliv aktivit, které by se v průběhu dne zaznamenaly. V případě modelu 2.0 byl k dispozici také samostatný mikrofon, který byl u modelu 3.0 integrován v kameře.

Oba modely používaly v plastovém boxu zapouzdřenou CCTV kameru od výrobce Ailipu Technology. Komerční kamera ELP-USB100W05MT-RL36 byla použita v model 2.0 a ELP-USB100W04H-RL36 v model 3.0. Kamery byly jediným komerčním zařízením, které nebyly speciálně vyvinuté pro cílené použití v chytrých ptačích budkách, což ve výsledku bohužel ovlivnilo kvalitu přenášeného obrazu. Firma Elnico, s.r.o. tyto kamery zakoupila a opatřila je plastovým pouzdem a datovým kabelem s konektorem RJ12 pro připojení k řídicí jednotce. Oba typy kamery byly schopné zaznamenávat barevný obraz během dne a monochromatický obraz v noci. K přísvisitu pomocí IR světla došlo v případě nízké úrovně osvětlení. V budce bylo možné osadit dvě kamery pro sledování jak hnízdního prostoru, tak vletového otvoru. Kodek videa byl v případě modelu 2.0 MJPEG, v případě modelu 3.0 H.264. Formát multimediálního kontejneru umožňující pojmout video a audio formát byl „mkv“ u modelu 2.0 a mp4 u modelu 3.0. Nízká snímkovací frekvence kamer modelu 2.0 (6 fps) se v případě modelu 3.0 zvýšila na 30 fps. Živý video přenos bylo možné u modelu 2.0 provádět pouze na speciálním videopřehrávači gstplayer v rámci místní sítě bez možnosti pořizování záznamů z budky. Model 3.0 umožňoval souběžně probíhající standardní video přenos v rámci internetové sítě (RTSP) společně s pořizováním záznamů.

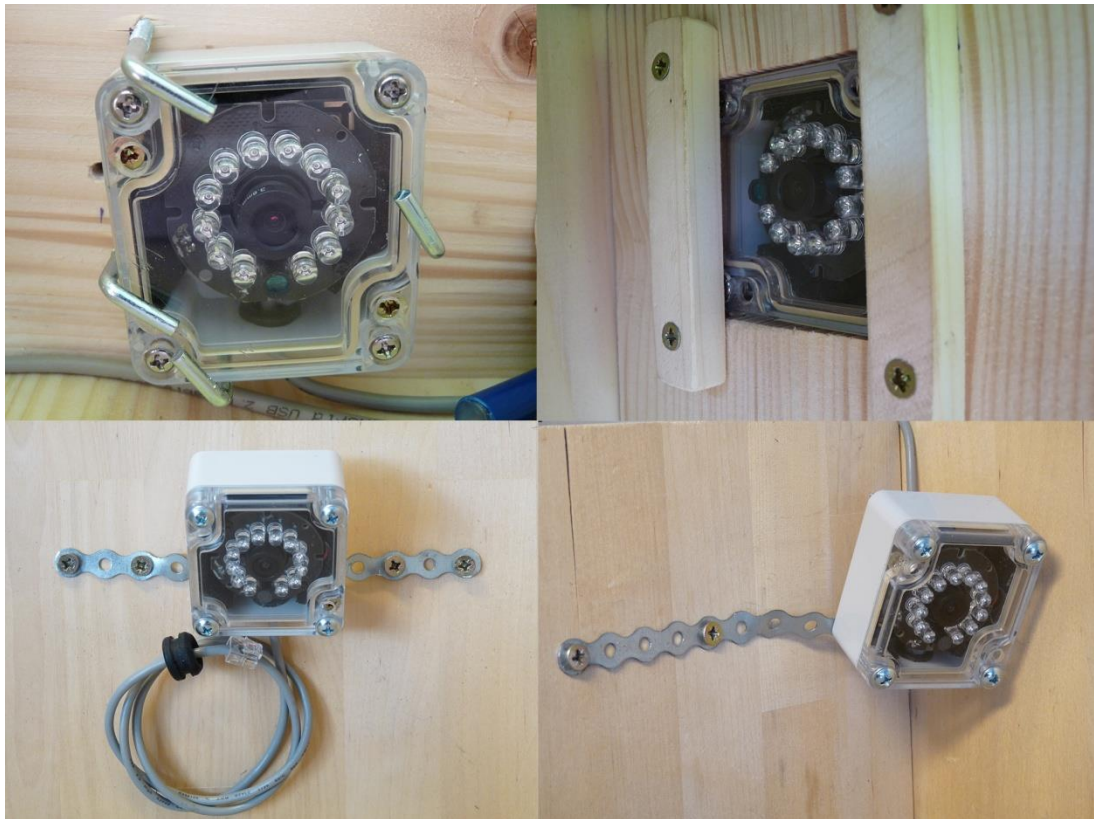
## 4.4 Dokumentace pro implementaci chytré ptačí budky

### 4.4.1 Hardware chytrých ptačích budek

Hardware chytrých ptačích budek se skládá ze dvou hlavních částí. Technologické monitorovací zařízení včetně elektroinstalace a dřevěné konstrukce samotné budky připravené pro konkrétní ptačí druh. Ponecháme-li stranou dřevěnou konstrukci ptačí budky, která svými rozměry a tvarem odpovídá biologickým požadavkům různých druhů ptáků, pro elektronické vybavení monitorovacího systému jsou podstatné následující hardwarové komponenty:

- Řídicí jednotka
- Kamera
- IR senzorika
- Sada environmentálních čidel
- POE adaptér
- Kabelová sada (jako součást monitorovacích prvků ale i napájení nebo datového přenosu)

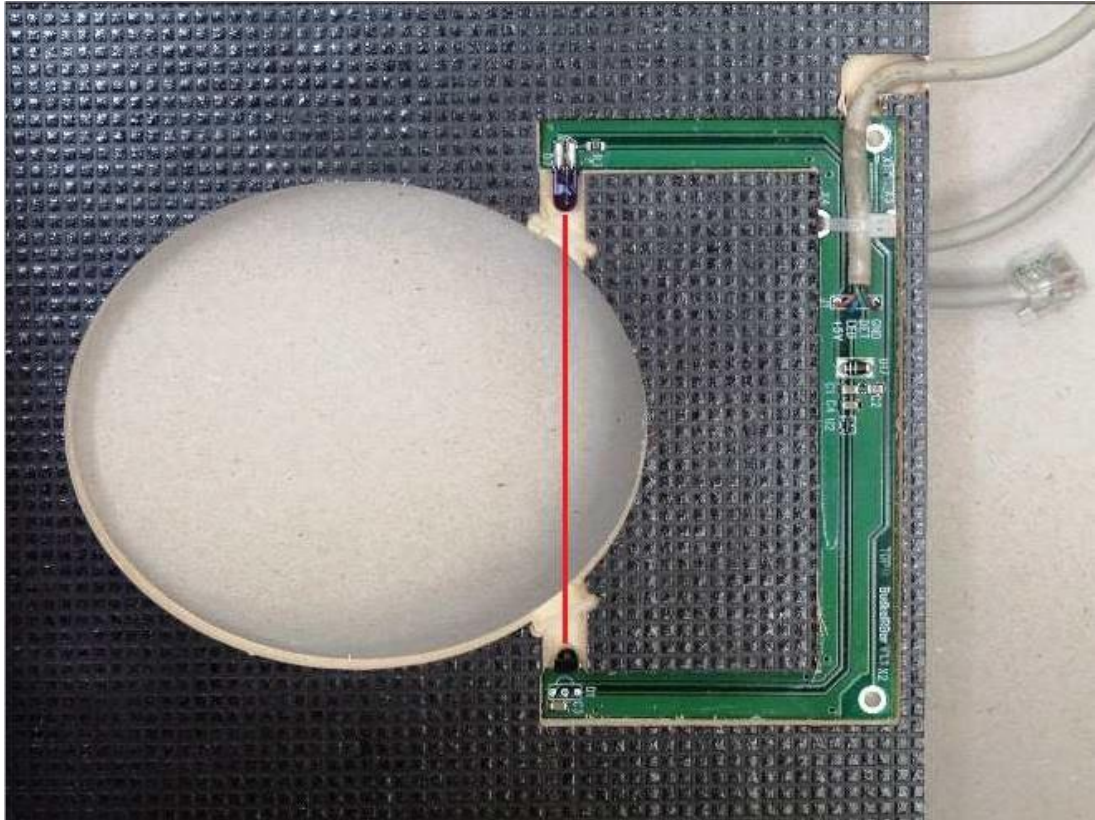
Rozlišení kamery je 1280 x 720 px (1 MPx). Rozměry kompaktního pouzdra jsou 58 x 64 x 35 mm. Ohnisková vzdálenost a zorný úhel byly optimalizovány tak, aby pokryly hnízdní prostor budky před zahájením stavby hnízda ale i po jeho ukončení a následné hnízdění. Způsoby uchycení kamer jsou různé a závislé na typu budky a konkrétním ptačím druhu. V případě budek typu sýkorník se standardně využívá uchycení kovovými L-šrouby (hnízdní kamera) a pomocí západky v dřevěném loži (kamera namířená na vletový otvor) nebo lze kameru fixovat pomocí kovových prvků přichycených přímo k tělu kamery a do konkrétního místa v budce tak, aby byla kamera namířena do požadovaného prostoru (Obr. 6).



Obrázek 6 Různé způsoby přichycení kamery v interiéru budky (foto autor).

Pozice IR brány je daná umístěním vletového otvoru, v případě realizace je nutné zajistit její prachotěsnou a vodotěsnou odolnost (Obr. 7). V případě budek typu sýkorník se standardně využívá umístění IR brány do drážky vytvořené okolo vletového otvoru v přední stěně budky. Další možností je vytvoření drážky v dřevěné vrstvě se stejnými parametry vletového otvoru, která je fixována na přední stěnu budky v místech vletového otvoru tak, aby vycházející kabeláž dobře těsnila a zamezila vniknutí vody k IR bráně. Veškerá kabeláž je poté fixována na tělo budky a nejkratším způsobem vedena do řídicí jednotky. V případě budek typu sýkorník je kabeláž standardně vedena nejkratším způsobem vnitřním prostorem budky a průchodem do vedlejšího oddělení k řídicí jednotce. Sada environmentálních čidel je zakrytována a přichycena zpravidla na spodní straně budky tak, aby směřovala do volného prostoru a chránila elektronické prvky před deštěm.





Obrázek 7 Jeden ze způsobu zakrytování IR brány (na obrázku řešení pro sovu pálenou) (foto autor).

I přesto, že je řídicí jednotka v plastovém krytu, je vhodné ji umístit do chráněného prostoru. V případě budek typu sýkorník je standardně umístěna ve vedlejším oddělení budky, v případě jiných řešení je vhodné umístění do plechové nebo plastové schránky fixované na vhodném místě budky zvenku (Obr. 8). Omezí se tak zatékání do elektroniky po kabelech a zvýší se životnost zařízení.



Obrázek 8 Ukázka uložení řídicí jednotky v plechové schránce pod budkou (foto Jiří Hornek).

#### 4.4.2 Software chytrých ptačích budek

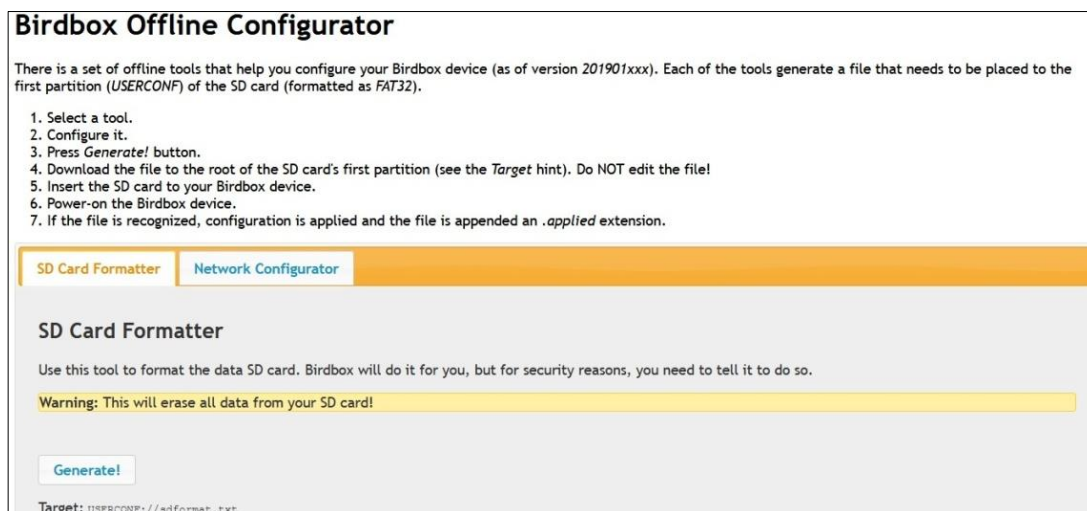
Pro instalaci, údržbu a provoz byl vyvinut speciální uživatelský software, který umožňuje nastavení požadovaného režimu v budce a případné zásahy prostřednictvím vzdáleného přístupu VPN. Nezbytný software obdrží uživatel s dodávkou hardwaru.

- Gstplayer pro zobrazení online přenosu pro model 2.0
- Birdbox offline configurator
- Network Configuration Generator
- SQM4-Birdhouse Webserver
- Smart nest box webserver

Technické řešení modelové řady budek 2.0 umožňuje v jednom okamžiku pouze pořizování záznamů nebo sledování online přenosu ve vnitřní síti uživatele na jednom ze zařízení. Sledování online přenosu obrazu z budky je zajišťováno prostřednictvím prohlížeče „*gstplayer*“. Software si uživatel nainstaluje na zařízení, ve kterém bude online přenos spouštět. V případě modelové řady 3.0 sleduje uživatel online přenos bez nutnosti instalace softwaru „*gstplayer*“, neboť přenášené video

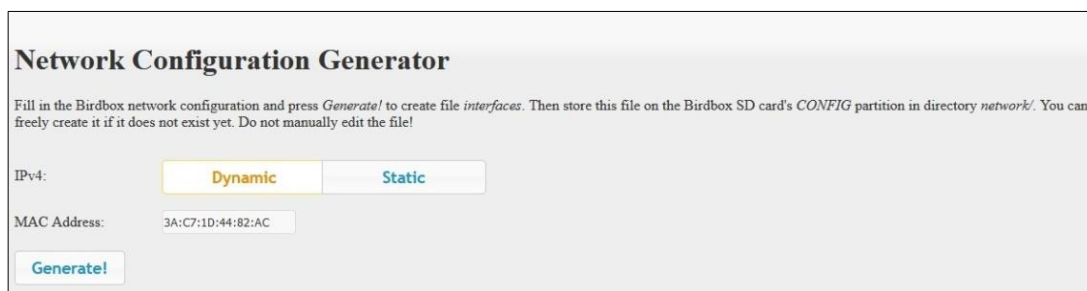
využívá standardní protokol, který lze přehrávat standardními videopřehrávači, např. VLC.

Rozhraní „*Birdbox offline configurator*“ (Obr. 9), slouží pro budky modelu 3.0 k primárnímu nastavení příslušných IP adres na SD kartu řídicí jednotky před zapojením budky do sítě uživatele. Tj. umožňuje manuální nastavení parametrů IPv4, IP, mask, gateway, DNS servers pro statické přiřazování IP adres.



Obrázek 9 Rozhraní „Birdbox offline configurator“ pro budky 3.0.

Alternativně umožňuje dynamické nastavení přiřazení IP adres. Rozhraní „Birdbox offline configurator“ rovněž umožňuje formátování SD karty. Pro starší budky modelu 2.0 je pro podobný účel používán software „Network Configuration Generator“ (Obr. 10).



Obrázek 10 Rozhraní „Network Configuration Generator“ pro budky 2.0.



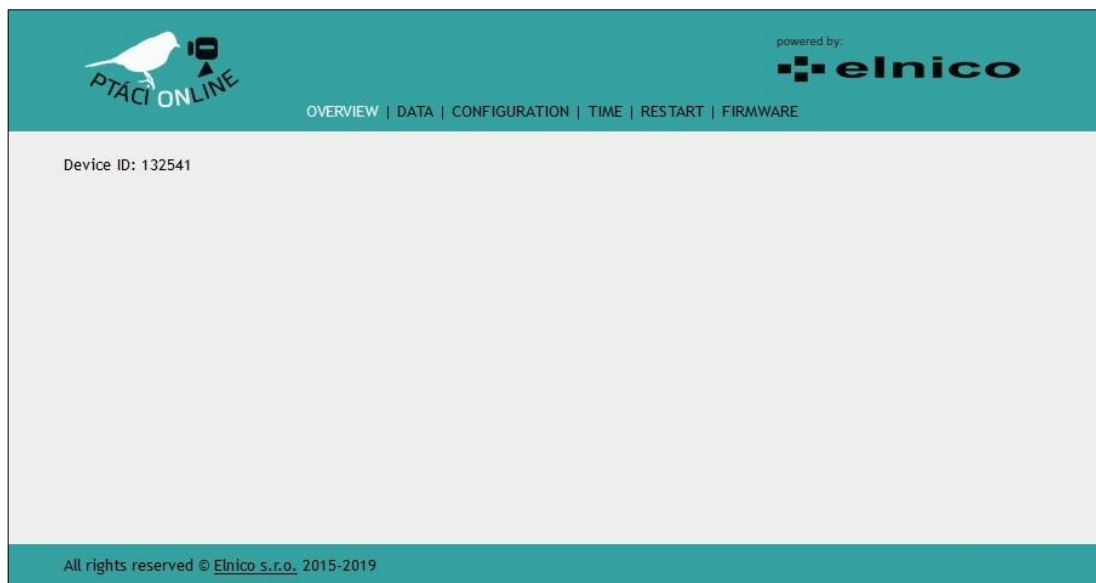
Poté, co je budka zprovozněna, lze prostřednictvím vzdáleného přístupu vstoupit do uživatelského rozhraní „SQM4-Birdhouse Webserver“ pro model 2.0 nebo „Smart nest box webserver“ pro model 3.0 (Obr. 11 a 12).



Obrázek 11 Menu aplikace „SQM4-Birdhouse Webserver“ pro model 2.0.

Obsahová struktura aplikace „SQM4-Birdhouse Webserver“ pro model 2.0:

- Overview
- Preview
- Configuration
  - Recover standard configuration
  - Recover minimum configuration
- Administration
  - Set date and time
  - Restart control
  - Submit data incl. no. of records, size
- Firmware
  - Update Linux version
  - Revert Linux version



Obrázek 12 Menu aplikace „Smart nest box webserver“ pro model 3.0.

Obsahová struktura aplikace „*Smart nest box webserver*“ pro model 3.0:

- Overview      Device ID
- Data
  - Information - no. of records, size
  - Submission - configure
  - Submission - submit data now
- Configuration
  - Main Configuration
  - Camera1 Configuration
  - Camera2 Configuration
- Time
  - Current Time Preview
  - Time Settings automatic
  - Time Settings manual
- Restart
  - Application restart
  - System reboot
- Firmware
  - Patch/Base Version info, update

Softwarového vybavení obsahuje možnost nastavení požadovaných kvalitativních parametrů kamer prostřednictvím konfiguračního souboru *cam0.cfg* resp. *cam1.cfg* (Příloha 3). Kromě možnosti nastavení času určujícího délku pořizovaného záznamu (parametr *duration = 30*, určuje délku záznamu 30 sekund), lze nastavit zpoždění spuštění kamery za aktivací IR brány (parametr *delay = 5*, určuje spuštění kamery 5 sekund aktivaci IR brány) ale také jeden z pěti režimů, jež nabízí výhody pro různá specifika pozorování (např. parametr „*profile = "night"*“, určuje fungování kamer v režimu *night*. Jejich nastavením lze optimalizovat spotřebu energie např. v případě offline konfigurace s použitím baterií. Pro přehledný popis charakteristik jednotlivých režimů viz Tab. 2. Nastavení požadovaného režimu kamer je součástí skriptu *main.cfg* nahrávaného do řídicí jednotky v záložce „*Configuration/Main configuration*“ (Příloha 2).

Pro nastavení kamer modelu 2.0 je nutné změnit jejich nastavení prostřednictvím úpravy souboru „*main.cfg*“ přímo v editoru programu, kde je zároveň možné nastavit časové úseky pro provoz online přenosu a pořizování záznamů (Příloha 1).

Režim	Auto	Day	Night (NoLight)	Night (PermaLight)	Night (AuotLight)
<b>Popis</b>	Plně automatický mód (DEN/NOC)	Manuální denní mód	Manuální noční mód	Manuální noční mód	Manuální noční úsporný mód
<b>Kamera</b>	v automatickém provozu	v „tichém“ provozu	v „tichém“ nočním provozu	v nočním provozu	v nočním provozu
<b>Noční přisvit (IR)</b>	Zapíná se automaticky, řízen fotorezistorem (celou noc zapnuto)	Permanentně vypnuto	Permanentně vypnuto	Permanentně zapnuto	Zapnuto po dobu záznamu nebo online streamu
<b>Expozice (doporučená)</b>	Automaticky	Automaticky	Automaticky	Pevná	Pevná
<b>Backlog (zpětný záznam)</b>	Ano	Ano	Ano	Ano	Ano, bez přisvitu
<b>Poznámka</b>	Barevné video přes den, čb přes noc	Barevné video přes den, přes noc pouze audio (čb obrazovka)	Přes den i noc pouze čb video (není-li dostatek světla, tak pouze černá obrazovka)	Přes den i noc pouze čb video	Přes den i noc pouze čb video s černými backlogy
<b>Spotřeba</b>					
-při použití 1 kamery	2.8-3.4W	2.8W	2.8W	3.4W	2.8-3.4W
-při použití 2 kamer	4.1-5.4W	4.1W	4.1W	5.4W	4.1-5.4W
<b>Aplikace</b>	Standardní mód bez specifických požadavků	Vědecké účely (diurnál. druhy, mód bez rušení)	Vědecké účely (úspora baterií), mód bez rušení	Vědecké účely (diurnál. druhy, mód relativně bez vyrušování)	Vědecké účely (diurnál. druhy, úspora baterií), může být rušivé při přepínání přisvitu.
<b>Příklad nastavení</b>	<pre>profile_name = { daymode = "auto"; controls =</pre>	<pre>profile_name = { daymode = "day"; controls =</pre>	<pre>profile_name = { daymode = "night_iroff" ; controls =</pre>	<pre>profile_name = { daymode = "night_iron"; controls =</pre>	<pre>profile_name = { daymode = "night_irauto" ; controls =</pre>

	<pre>{   exposure_auto = 3; }; };</pre>	<pre>{   exposure_auto = 3; }; };</pre>	<pre>controls = {   exposure_auto = 3; }; };</pre>	<pre>{   exposure_auto = 1;   exposure_absolute = 100; };</pre>	<pre>controls = {   exposure_auto = 1;   exposure_absolute = 100; };</pre>
--	---	---	--	---	--

Tabulka 2 Přehled pěti operačních režimů kamer chytré ptačí budky modelu 3.0.

#### 4.4.3 Výroba a instalace budky, výkresová dokumentace

Pro výrobu chytré ptačí budky se používá vyschlá dřevěná prkna o tloušťce 20–25 mm, případně vodostálá překližka tloušťky 10–15 mm (Obr. 13). Oproti běžné ptačí budce obsahuje chytrá ptačí budka navíc samostatný prostor pro umístění řídicí jednotky – viz výkresová dokumentace (Příloha 12 a 13). V případě sýkorníku je tento prostor hned vedle hnízdni dutiny jako součást dřevěné konstrukce budky, v případě alternativních typů budek, jako např. budek pro sýčky obecné, sovu pálenou nebo alkouny holubí, se doporučuje tento prostor nahradit plastovou nebo kovovou schránkou umístěnou na vhodné straně budky. Vyhneme se tak zbytečnému nabývání objemu a robustnosti dřevěné konstrukce budky a schránku můžeme umístit na nejméně exponovaném místě, kde zrovna budka není zavěšena, např. zespodu na dno nebo bok.

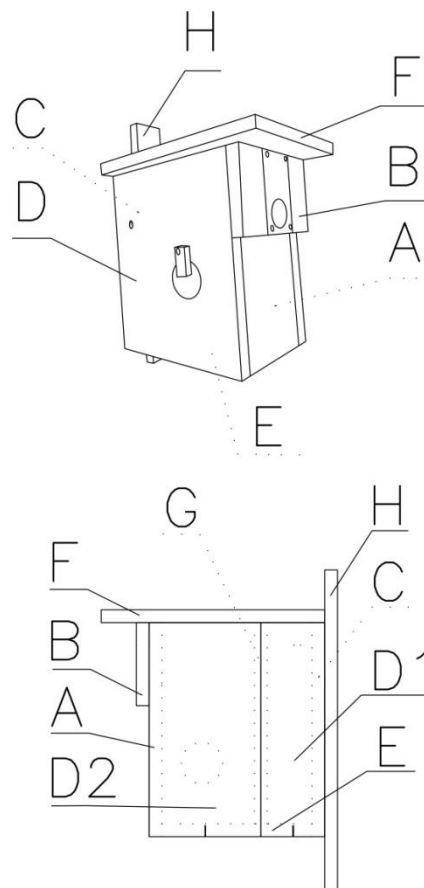
Součástí budky jsou otvory pro umístění kamer (58 x 64 mm), vletový otvor o průměru 35 mm resp. 45 mm, plechová antipredační ochrana a kabelové prostupy v příčce a dnu.

Na vnitřní části přední strany je vyfrézovaný žlábek pro umístění IR brány, která je následně zakryta krytem (B) s plechovou antipredační ochranou. Pravá boční strana (D) je opatřena kruhovým otvorem (o průměru 65 mm) a záslepkou se západkou a plexisklem z vnitřní strany. Odejmutí záslepky slouží ke zvýšení přívritu za méně příznivých podmínek např. v případě nahromadění velkého množství hnízdniho materiálu v budce.

Kromě výše uvedeného hardwaru by měl zájemce o umístění chytré ptačí budky splňovat několik biologických a technických předpokladů. Snad nejdůležitějším z nich je dostupnost aktivní internetové zásuvky v přiměřené vzdálenosti od budky. Ta by neměla přesahovat více než 50 metrů z důvodu útlumu kabelového vedení. Datový kabel typu UTP slouží k přenosu dat a rovněž jako napájení řídicí jednotky prostřednictvím POE adapteru. V blízkosti internetové zásuvky je proto nutná přítomnost zásuvky elektrické sítě 230 V/16 A. Důležité je také vytipovat vhodné místo v zeleni, nejlépe na vzrostlém stromu, který umožní nerušené hnízdění ptáků. V případě, že je datový kabel veden vzduchem, je nutné dbát na bezpečnost jak lidí, tak instalovaného materiálu.

Níže jsou uvedeny součásti budky s orientačními rozměry

A – Přední strana	145x335mm
B – Kryt přední strany	130x185mm
C – Zadní strana	145x335mm
D – Pravý bok	275x335mm
D1 – Levý bok hnízdní	175x335mm
D2 – Levý bok zařízení	100x335mm
E – Dno	145x235mm
F – Střecha	240x350mm
G – Příčka	145x315mm
H – Závěs	60x500mm



Obrázek 13 Znárodnění jednotlivých dílů chytré ptačí budky.

#### 4.4.4 Technická podpora a údržba chytrých ptačích budek

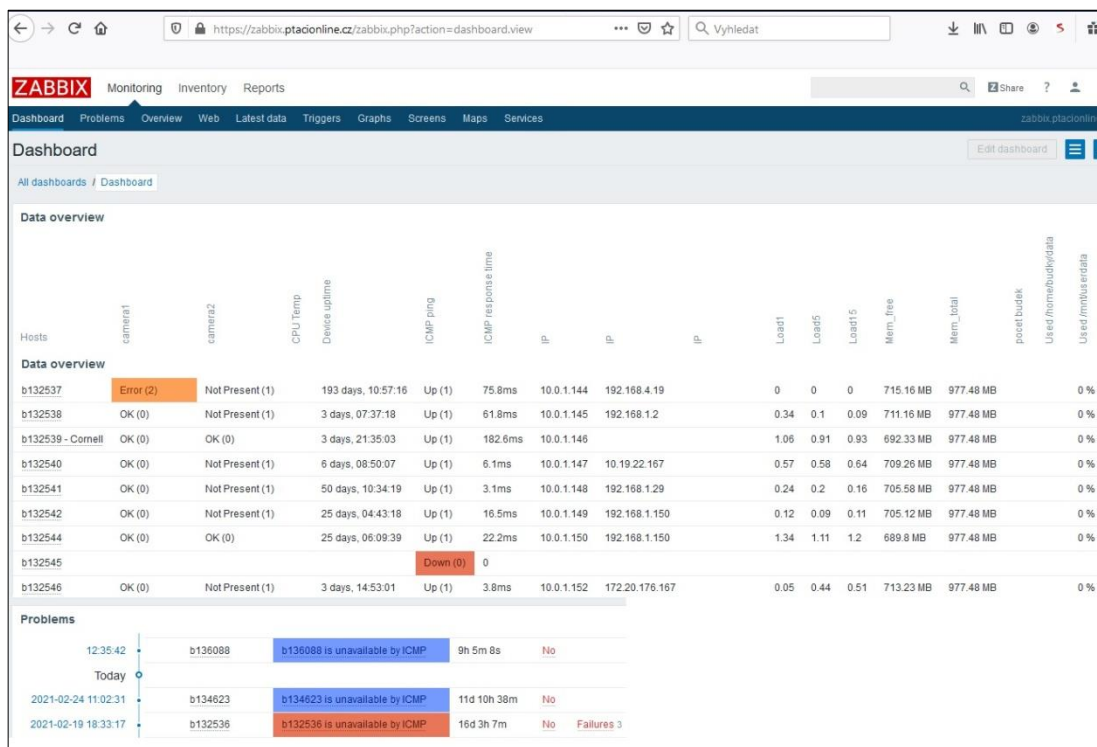
Kontinuální monitoring a dohled nad správnou funkčností všech provozovaných chytrých ptačích budek je zajišťován pomocí systému Zabbix, který identifikuje výpadek řídicí jednotky např. během výpadku elektrického proudu v lokalitě. Automaticky detekuje i její opětovné spuštění, analogicky hlídá i funkčnost jednotlivých kamer. Poskytuje přehled o připojených IP adresách, měří provozní čas jednotlivých jednotek a sleduje další parametry stanovené správcem sítě ČZU (Obr. 14).

Na základě automaticky zasílaných emailových notifikací je konkrétní závada individuálně posuzována a řešena. V případě, že nelze závadu odstranit pomocí

vzdáleného připojení do budky prostřednictvím VPN, úpravou parametrů nebo restartem zařízení, je kontaktován uživatel a závada s ním zkonzultována. Pokud nelze ani po této konzultaci závadu identifikovat, je nutný výjezd a její dosledování a rektifikaci přímo na místě.

Technická konzultace, týkající se nastavení nebo závad technologie, a biologická konzultace, týkající se hnízdních druhů nebo dění v budce jsou zpravidla poskytovány telefonicky nebo emailem.

Provoz chytré ptačí budky je kontinuální (nonstop 24/7), bezúdržbový, pouze uživatelé se zpravidla aktivně podílejí na běžné údržbě, která spočívá v pravidelném vyčištění budky po ukončení hnízdění nebo drobných opravách. Výjezd na místo je nutný pouze v nezbytných případech, kdy je nemožné ze strany uživatele závadu vyřešit.



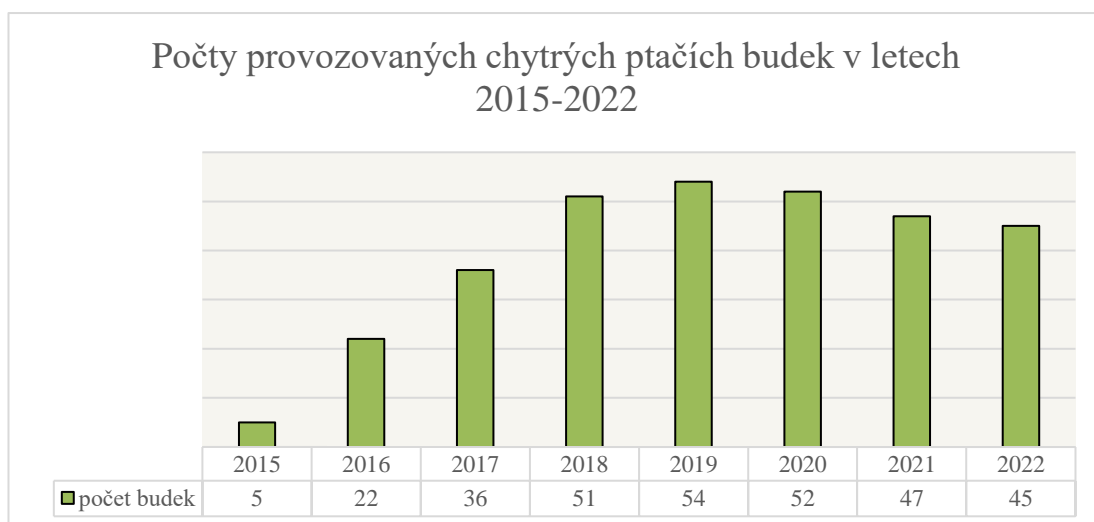
Obrázek 14 Ukázka prostředí systému Zabbix monitorujícím funkčnost chytrých ptačích budek.



## 5. Výsledky

### 5.1 Vyhodnocení instalace a provozu chytrých ptačích budek

Po otestování prvních prototypů v roce 2015, autor této práce instaloval a zprovoznil v roce 2016 celkem 22 chytrých ptačích budek (model 2.0, počet lokalit = 19), v roce 2017 celkem 18 chytrých ptačích budek (model 2.0, počet lokalit = 17), v roce 2018 celkem 20 chytrých ptačích budek (model 3.0, počet lokalit = 19) a v roce 2019 celkem 18 chytrých ptačích budek (model 2.0, počet lokalit = 17). Mezi lety 2017–2019 došlo k přemístění stávajících budek na jinou lokalitu v osmi případech (Model 2.0: 6x, Model 3.0: 2x). V roce 2020 proběhlo 6 instalací chytrých ptačích budek (Model 2.0: 1x, Model 3.0: 5x, počet lokalit = 5). V roce 2021 celkem 2 instalace (model 3.0, počet lokalit = 2). V roce 2022 celkem 4 instalace (model 3.0, počet lokalit = 4). V letech 2020–2022 bylo demontováno celkem 17 chytrých ptačích budek. – viz. (Příloha 5–11). Důvodem pro deinstalaci byla rekonstrukce budovy školy (n = 6), rekonstrukce školní zahrady, včetně pokácení stromu (n = 3), rekonstrukce střechy (n = 1) nebo jiné blíže nespecifikované důvody (n = 13).



Obrázek 15 Počty provozovaných chytrých ptačích budek v letech 2015–2022.

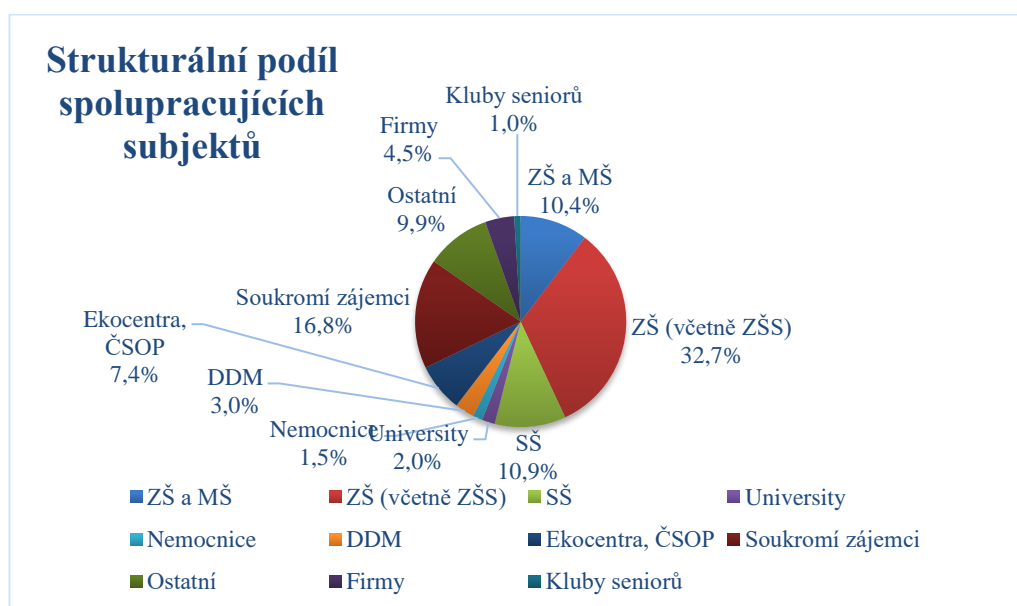
V roce 2018 bylo souhrnně v provozu 51 chytrých ptačích budek modelu 2.0 a 3.0 a byly zprovozněny další chytré ptačí budky v zahraničí – v Polsku (Varšava) a

nově na Cornellově univerzitě v Ithace, USA. V letech 2019–2020 autor práce adaptoval kamerový systém do budek určených pro hnízdění rorýse obecného (1 budka v areálu Akademie Světlá nad Sázavou) a sýčka obecného (2 budky v lokalitách Dražkov a Hospozín). Obě budky byly instalovány v lokalitách odpovídající hnízdnímu rozšíření druhu (Šťastný, et al., 2001-2003) a po dohodě s uživateli objektů a ve spolupráci s Českou společností ornitologickou.

Koncem roku 2022 bylo v provozu 45 chytrých ptačích budek (Obr. 15), a bylo registrováno přes 200 zájemců, což bylo několikanásobně více než byla fakulta životního prostředí schopná financovat prostřednictvím interních a externích grantových titulů. V tomto ohledu s financováním významně pomohly granty ČZU (CIGA), zdroje FŽP, ELNICO s.r.o. a významná finanční podpora Magistrátu města Praha.

Mezi dubnem 2016 a listopadem 2022 bylo nainstalováno a provozováno 66 chytrých ptačích budek určených pro hnízdění drobných pěvců. Z tohoto počtu bylo 43 budek vybaveno řídicí jednotkou modelové řady 2.0 a 23 kusů inovovaným modelem 3.0.

Většina budek (n = 37) byla umístěna v zahradách mateřských, základních nebo středních škol. Deset budek bylo umístěno na zahradě soukromých subjektů, čtyři v parku nemocnic a čtyři v ostatních typech institucí, např. Dendrologická zahrada Průhonice nebo Domov pro zrakově postižené Palata (Obr. 16).



Obrázek 16 Strukturální podíl typů spolupracujících subjektů k 31.12.2021, n = 202.

Ve většině případů byly budky instalovány na stromech (n = 57 lokalit), méně časté byly instalace na balkonech panelových domů (n = 4) nebo na oknech a zdích budov (n = 4), elektrických stožárech (n = 1). Výška instalace budky se pohybovala v rozmezí od 2 do 20 metrů (průměr ± SD, 5.8 ± 2.7 m). Okolní prostředí hnízdních budek v poloměru 20 m od budky, bylo z 57.3 % (SD = 22.9) tvořeno vegetací složenou z křovin, stromů, trávníků nebo záhonů a v 42.7 % případů byly budky umístěné v zastavěném území.

## 5.2 Vyhodnocení hnízdní aktivity ptáků v chytrých ptačích budkách

Pomocí kamerového systému bylo zaznamenáno široké spektrum informací o hnízdních druzích, týkajících se behaviorální a biologické aktivity. Získané informace se týkaly např. velikosti snůšek, délky stavby hnízda, inkubace vajec, líhnutí a růstu mláďat, péče o vejce i mláďata, frekvence krmení, skladby potravy, úspěšnosti hnízdění. Zaznamenána byla i predace, např. vajec špačka obecného strakou obecnou. Dále bylo možné sledovat příkrývání snůšky před opuštěním hnízda rodiči, čištění budky a polykání trusu mláďat, vzájemné interakce mezi mláďaty a rodiči a mláďaty. V mimo-hnízdním období byly zaznamenány četné pobyty a nocování v budce, zejména v budce nocovala sýkora koňadra, sýkora modřinka, brhlík lesní a strakapoud velký.

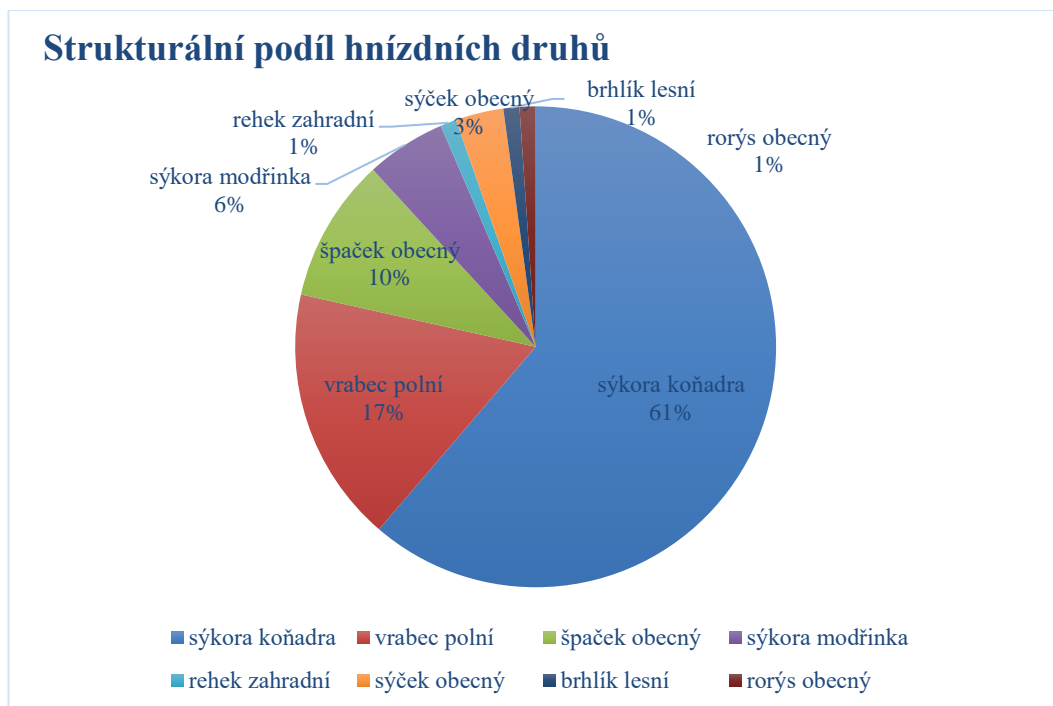
Celkem bylo v letech 2015–2022 monitorováno 93 hnízdění v 66 budkách (medián, 25–75 %: 2, 0–5 hnízdění v budce). V osmi budkách byly zaznamenány dvě bezprostředně po sobě následující hnízdění. Nejčastějším hnízdním druhem v budkách byla sýkora koňadra (*Parus major*) (n = 58), vrabec polní (*Passer montanus*) (n = 16), špaček obecný (*Sturnus vulgaris*) (n = 9), sýkora modřinka (*Cyanistes caeruleus*) (n = 5), rehek zahradní (*Phoenicurus phoenicurus*) (n = 1), sýček obecný (*Athene noctua*) (n = 3), brhlík lesní (*Sitta europaea*) (n = 1) a rorýs obecný (*Apus apus*) (n = 1) (Obr. 17). V budkách byly zdokumentovány příležitostné návštěvy následujících druhů ptáků – krutihlav obecný (*Jynx torquilla*), konipas bílý (*Motacilla alba*), vrabec domácí (*Passer domesticus*), brhlík lesní (*Sitta europea*) a strakapoud velký (*Dendrocopos major*). V období od září do února nebyla

zaznamenávána žádná hnízdění, ptáci však budky využívali pro příležitostná i pravidelná nocování v průběhu celého roku.

Celkově byly budky v letech 2015–2022 v provozu 18 533 dní ( $521 \pm 261$  dní pro budky modelu 2.0 a  $75 \pm 16$  dní pro budky modelu 3.0). Všechny tyto chytré ptačí budky zaznamenaly a transferovaly data z 16 776 hnízdnicích dnů (89.9% dnů instalace, z toho  $472 \pm 239$  dnů budek modelu 2.0 a  $67 \pm 17$  dnů budek modelu 3.0).

Pro představu např. od dubna 2016 do června 2018 bylo pořízeno 631 331 krátkých videosekvencí v délce zpravidla 30 sek. Celková velikost souborů přesunutých z celkem 51 provozovaných budek byla 8649 GB. V průměru bylo z každé budky transferováno 60.1/809.3 video záznamů denně/týdně o velikosti 0.8–1.6 resp. 11.1–23.4 GB.

Významným výsledkem projektu Ptáci Online je postupné šíření povědomí nejen o projektu samotném, ale i o problematice ochrany přírody do rodin žáků. V mnoha případech byl projekt Ptáci Online ale i konkrétní život ptačí rodinky hnízdící v chytré ptačí budce, popisován v lokálním informačním zpravodaji (Obr. 18).



Obrázek 17 Strukturální podíl hnízdnicích ptačích druhů v chytrých budkách v letech 2015–2022, n = 93.

## Jedním z velice úspěšných projektů naší školy se stal v minulém školním roce projekt „Ptáci online“

Projekt byl zrealizován ve spolupráci s Českou zemědělskou univerzitou v Praze. V únoru byla vyvěšena „chytrá“ ptačí budka na tují v areálu naší školy. Díky jejímu vybavení kamerou a snímači teploty a zvuku jsme poté mohli být svědky úžasného zázraku přírody – zrození nových životů – v přímém přenosu. Prostřednictvím interaktivní tabule a monitoru přenášejícího obraz zevnitř budky do chodby naší školy jsme mohli být každodenními pozorovateli života sýkorek a proniknout tak do tajů ptačího světa. Sledování hnízdění zaujalo děti natolik, že se začaly více zajímat i o další ptačí návštěvníky na naší zahradě a také o vše, co s tím souvisí.

Jelikož už dlouhou řadu let spolupracujeme se sousední 28. základní školou, oslovili jsme i školáky, jestli by se chtěli zapojit do našeho pozorování a dopadlo to nad očekávání. O všem se můžete přesvědčit při prohlížení a četbě tohoto deníku, který jsme společně vytvořili.



Obrázek 18 Ukázka mediálního výstupu 6. mateřské školy Plzeň s ekologickým zaměřením.

### 5.3 Vyhodnocení vzdělávacího přínosu a popularizace vědy

Budky byly umístěny na školních pozemcích se zelení s dostatkem hnízdních příležitostí a s dostupnou internetovou přípojkou. Žáci pozorovali konkrétní jedince hnízdící v jejich budce a s pomocí pedagogů se nenásilným způsobem seznamovali s jejich aktivitami, čímž si přirozeným způsobem rozšiřovali své znalosti a navazovali osobní vztah k životnímu prostředí již od raného věku (Zárybnická, et al., 2017). Jednalo se např. o přirozené přírodní jevy jako úhyn mláďat z důvodu nedostatku potravy, kdy byl dětem vysvětlen důvod a ukázána strategie přežití drobných pěvců v podobě náhradní snůšky nebo její velikosti

Důležitým aspektem projektu Ptáci Online je jeho vliv osvětový, kdy pozitivním efektem šíří informace o hnízdění ptáků spojené s problematikou ochrany životního

prostředí. Podobným způsobem ovlivňují chytré ptačí budky povědomí o životním prostředí na všech úrovních výukového systému — budky jsou provozovány v mateřských, základních, speciálních, středních i vysokých školách — ale také v ekocentrech, nemocnicích nebo domovech seniorů a individuálních spolupracovníků. Účastníci projektu se tak prostřednictvím budek dozvěděli o principech a důležitosti tzv. občanské vědy a v mnoha případech se sami aktivně zapojovali (Příloha 14 a 15).

Tematiku hnízdění ptáků využívali pedagogové společně s žáky prakticky ve všech vyučovacích předmětech od biologie (faktické biologické informace), přes výtvarnou výchovu (kreslení obrázků), český jazyk (psaní příběhů o životě ptáků) až po pracovní vyučování (výroba budky). Žáci inklinující spíše k technické tematice se spíše zajímali o výkon řídicí jednotky a během hodin informační technologií se zabývali stříhem pořízených záznamů z budky a tvorbou videí. Významnou pomůckou pro práci pedagogů s žáky se stala spoluautorská metodická příručka „Chytrá budka – od technologie k biologii“ (Příloha 16).

Velký význam má chytrá ptačí budka pro univerzitní studenty přírodovědných oborů ČZU, kteří zpracovávali konkrétní zadání bakalářských a diplomových prací s využitím analýz pořízených videozáznamů (Příloha 4). Pozitivní úlohu hrály chytré ptačí budky i během osvětových přednášek ve školách, veletrzích nebo médiích (Obr. 19, 20, 21).





Obrázek 19 Prezentace projektu Ptáci Online na Festivalu vědy v Dejvicích (foto Aneta Kučerová).



Obrázek 19 Prezentace projektu Ptáci Online – veletrh vědy v Letňanech vlevo (foto Aneta Kučerová) a před instalací budky v ZŠ TGM vpravo (foto Zdena Olmerová).





Obrázek 20 Presentace projektu Ptáci Online v médiích.

#### 5.4 Další aplikace chytrých ptačích budek

Snadná adaptace monitorovacího systému umožňující využití kamer v budkách určených pro různé ptačí druhy. Monitorovací zařízení chytrých ptačích budek bylo objednáno zahraničními institucemi pro jejich výzkumné projekty. v následujících aplikacích:

1) sova pálená (*Tyto alba*) - realizovaná dodávka (březen, 2019) 10 kompletů monitorovacího systému (Department of Zoology, University of Venda, Thohoyandou, South Africa), včetně vývoje a testování dřevěné konstrukce hnízdní budky pro sovu pálenou

2) ledňáček mikronéský (*Todiramphus cinnamominus*) a špaček mikronéský (*Aplonis opaca*) - ve spolupráci s Ministerstvem zemědělství, Guam, USA participace na programu na záchranu ohrožených druhů. Projekt byl z důvodu omezeného financování pozastaven.

3) alkoun holubí (*Cephus columba*), alkoun aleutský (*Ptychoramphus aleuticus*), buňňáček dlouhokřídlý (*Oceanodroma leucorhoa*) – realizovaná dodávka (březen, 2021) 10 kompletů monitorovacího systému včetně vývoje a výroby větší verze IR brány a jejího zakrytování. Objednatel byla vládní agentura Environment and Climate Change Canada, Pacific Wildlife Research Centre, financující výzkum na ostrově East Limestone. Výzkum je zaměřen na studium složení potravy alkounů holubích (*Cephus columba*) a jejich hnízdní biologie (Obr. 22).



Obrázek 21 – Využití chytrých ptačích budek ke studiu složení potravy alkounů holubích (*Cephus columba*) na ostrově East Limestone v Tichém oceánu.

## 6. Diskuse

### 6.1 Účelnost a využití chytrých ptačích budek

Po dobu trvání projektu Ptáci Online, probíhala a k dnešnímu dni stále probíhá spolupráce primárně se základními školami, které nejen ideálně splňují cíle a záměry celého projektu ale i předpoklady pro umístění chytré ptačí budky.

Po uživatelské stránce byla oceňována hlavně možnost nezávislého online sledování více školních pracovních skupin a různých zájmových kolektivů v jeden okamžik prostřednictvím internetového prohlížeče. Tato možnost byla i vhodným doplňkem výuky škol během jejich uzávěry v průběhu pandemie ve druhém pololetí

školního roku 2019/20. Žáci, kteří měli ve svých školách instalovanou budku modulu 3.0, mohli pozorovat reálný online přenos z budky, zatímco ti s modelem 2.0 se museli spokojit se záznamy pořízenými během předchozího dne.

Pro odbornou veřejnost, zpracování pořízených dat a následnou analýzu, je nespornou výhodou mít k dispozici již připravený soubor záznamů, s vysokým výskytem objektu zájmu, jako například různé behaviorální interakce mezi rodiči a mláďaty nebo mláďaty navzájem ale i počty vletů, způsob čištění hnízda nebo složení potravy. Tento soubor pořízených záznamů je z celodenního dění v budce selektován pomocí inovativního řešení – IR brány – používané v ptačích budkách po celou historii projektu. Ve své podstatě nemá ve světovém měřítku srovnání s jakýmkoli jiným způsobem biologického monitorování obratlovců. Vzdáleně podobným je pouze princip používání fotografických pastí, který však v tomto ohledu není s použitím chytrých ptačích budek srovnatelný. V tomto ohledu hodnotím přínos a účelnost projektu velmi pozitivně, neboť pozorovatel přímo pozoruje a vnímá přírodní jevy, které může případně konfrontovat s dostupnou literaturou.

I přes četné množství výhod a předností, které monitorovací systémy všech vývojových sérií nabízí, je stále limitujícím faktorem poměrně vysoká pořizovací cena (přibližně 25 000,- Kč), která je v případě zájmu jednotlivců nedostupná, a proto zařízení nahrazují komerčním, jednodušším řešením. V případě institucí a škol lze pokrýt tuto částku formou grantů nebo zápůjčkou. Výhodou tohoto typu spolupracujících subjektů je zpravidla uzavřený areál školní zahrady, případně s kontrolovaným přístupem, ale i spolehlivé internetové připojení a operativní možnost zásahu v případě výpadku monitorovacího systému.

## 6.2 Úskalí použitého hardwaru a softwaru

Možnost automatizovaného bezobslužného provozu, transferující pořízené záznamy na server ČZU, společně s možností vzdáleného přístupu do řídicí jednotky v případě potřeby přenastavení parametrů patří k velkým výhodám celého systému. Na druhou stranu jsou nežádoucí situace, kterým nelze předcházet a patří spíše k minoritní části případů vyžadujících servisní zásah. K takovým náleží např. opakované vyskakování žadonicích mláďat, např. špačků obecných, kteří svojí přítomností ve vletovém otvoru spouští kamerový systém stále dokola. Jednotka posléze pořídí velké množství záznamů, které svojí velikostí zahltní kapacitu paměťové

karty. Rovněž se občas stane, že opakovaným dotykem křídel ptáků krytu kamery, dojde k jeho znečištění mastnou vrstvou, která zapříčiní zaclonění obrazu. Tuto skutečnost je třeba řešit mechanickým očištěním krytu kamery. Naštěstí k podobným případům dochází zřídka a prakticky jenom v případě hnízdění špačků obecných, kdy je větší vletový otvor umístěn v těsné blízkosti kamery a je velká pravděpodobnost kontaktu křídel ptáka s krytem kamery.

Zvýšenou pozornost vyžaduje hnízdění vrabců polních, u kterých vyplňuje hnízdní výstelka celou budku a její nahromaděný materiál téměř vždy překryje obraz kamery a znemožní pozorování. V každém případě je nutné individuálně posoudit, zda je nutný manuální zásah, který by zablokováný prostor eliminoval. Případný nevhodný zásah by mohl narušit, ohrozit nebo ukončit hnízdění ptáků a je nutné ho dobře zvážit. Ve většině případů ostatních hnízdičů dosahuje výstelka maximálně 15 cm. Dokonce ani vyšší mocnost opakované stavby hnízda na zbytcích hnízda z uplynulé sezóny nepůsobí velké komplikace během monitoringu. Nutno podotknout, že výše uvedené komplikace s nutnou údržbou použitého hardwaru by se objevily i při použití jakýchkoli jiných alternativ a prakticky nejsou možnosti, jak by se těmto situacím dalo předejít. Vyplývají z biologie a chování některých druhů a použitá technologie na to nemá žádný vliv.

Další skupinou závad během provozu jsou předvídatelné závady, kterým lze být v omezené míře předcházet prevencí. K těmto případům patří shlukování drobných bezobratlých v prostoru čidel IR brány. Jedná se zejména o kolonie plošnice blánatky lipové (*Oxycarenus lavaterae*), mravence obecného (*Lasius niger*) nebo škvora obecného (*Forficula auricularia*). V těchto případech živočichové využili drobných netěsností a pronikli do prostoru elektroniky IR brány (Obr. 23).



Obrázek 22 Příklad IR brány vyřazené z provozu kolonií mravenců obecných (vlevo) a blánatky lipové (vpravo) (foto autor).

V jednom případě bylo zaznamenáno zkratování řídicí jednotky způsobené zatečením vnitřní částí datového kabelu po narušení jeho izolace strakapoudem velkým (Senohraby). V tomto případě musela být znehodnocená řídicí jednotka opravena. V dalším případě byla destrukce kabeláže způsobená nocujícími poletuškami severními (*Glaucomys sabrinus*) (Cornell university), kde byla rozhodaná kabeláž vyměněna a chráněna kovovým opletením.

## 7. Závěr

Projekt Ptáci Online se svými parametry, cíli a účelností řadí ke světovým špičkám v metodách neinvazivního výzkumu ptáků. V mnoha parametrech není dosud překonán v celosvětovém měřítku — např. použití na míru vytvořeného počítače pro online i retrospektivní záznam. Technické řešení modulárního typu je snadno adaptovatelné pro jiné hnízdní druhy s odlišnými parametry hnízdních budek. V případě možnosti internetového připojení je automaticky vyřešena otázka napájení systému a přenosu dat směrem z budky do internetové sítě. Tento fakt přispívá k neutuchajícímu zájmu stále větší části veřejnosti o aktivní zapojení do řešení



různých otázek problematiky občanské vědy. V případě offline situací existují rovněž alternativní možnosti řešení. V tomto ohledu má Projekt Ptáci Online poměrně velké rezervy pro inovace a další rozvoj (např. využití solárního napájení, připojení a přenos dat přes wifi síť, automatické zpracování dat nebo rozšíření platformy senzorů), tyto však narážejí na omezené finanční prostředky.

Monitorování pomocí kamerových systémů dnes plnohodnotně nahrazuje časově náročná a nákladná přímá pozorování. Námi navržený a vytvořený unikátní systém se plně osvědčil v průběhu monitoringu druhů s denní i noční aktivitou a je dnes nezastupitelným „průkopnickým“ nástrojem pro kontinuální (24/7) monitorování a neinvazivní sběr velkých souborů dat, která pomáhají zodpovědět řadu vědeckých a ochranářských otázek a řešených témat. Námi vyvinutý systém vyžadoval značné finanční náklady, které odpovídaly rozsahu a kvalitě sbíraných dat. Na druhou stranu však byly tyto náklady příliš vysoké pro využití chytrých budek soukromými osobami. Zde se proto nabízí řada alternativních jednodušších řešení poskytujících možnost omezeného typu monitorování, např. prostřednictvím online bez možnosti záznamu. I takovéto systémy však mohou být užitečné pro environmentální vzdělávání veřejnosti.

## 8. Citovaná literatura

**Baldwin, S. P. et Kendeigh, S. Ch., 1927:** Attentiveness and Inattentiveness in the Nesting Behavior of the House Wren. *The Auk*. 1927, Vol. 44, 2, pp. 206-216. DOI: 10.2307/4075208.

**Cooper, J. A. et Afton, A. D., 1981:** A Multiple Sensor System for Monitoring Avian Nesting Behavior. *The Wilson Bulletin*. 1981, Vol. 93, 3, pp. 325–333.

**Cox, A., et al., 2012:** Development of Camera Technology for Monitoring Nests. *Studies in Avian Biology*. 2012, Vol. 43, pp. 185-210.

**Cutler, T. L. et Swann, D. E. 1999:** Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin*. 1999, Vol. 27, 3, pp. 571-581.

**ČT. 2015:** ČT. *CT ivysilání události*. [Online] © Česká televize 1996 – 2020, 28. 6 2015. [Citace: 7. 1 2020.] <https://www.ceskatelevize.cz/ivysilani/1097181328-udalosti/215411000100628/obsah/409622-online-sledovani-ptaku>.

**ČTK. 2014:** <https://www.ceskenoviny.cz>. *České noviny*. [Online] ISSN: 1213-5003, 18. 05 2014. [Citace: 20. 1 2020.] <https://www.ceskenoviny.cz/video/detail.php?id=301516>. ISSN: 1213-5003.

**Fleming, P., et al., 2014:** *Camera Trapping*. Collingwood, VIC 3066 : Csiro Publishing, 2014. 9781486300396.

**Gilmer, D. S., Kuechle, V. B., et Ball, I. J. Jr. 1971:** A Device for Monitoring Radio-Marked Animals. *The Journal of Wildlife Management*. 1971, Vol. 4, 35, pp. 829-832.

**Gysel, L. W. et Davis, E. M. Jr. 1956:** A Simple Automatic Photographic Unit for Wildlife Research. *The Journal of Wildlife Management*. 1956, Vol. 20, 4, pp. 451-453.

**Hajek, O. 2014:** Boreal Owl (*Aegolius funereus*), researching, monitoring birdhouses. <https://www.ap.org/en-gb/>. [Online] The Associated Press, 16. 5 2014. [Citace: 20. 1 2020.] <http://www.apimages.com/metadata/Index/CTK-AP-T-Czech-Republic-HAJ-16-Boreal-Owl-Aegolius-funereus-researching-monitoring-birdhouses/ecbf8a03876f4a74bde0f8bf0a952fda/18/0>.

**Champion, F. W. 1927:** *With A Camera In Tiger Land*. London : Chatto & Windus, 1927.



**Kessler, F. 1962.** Measurement of Nest Attentiveness in the Ring-Necked Pheasant. *The Auk*. 1962, Vol. 2, 79, pp. 702-705.

**Kouba, M., et al. 2015:** Factors Affecting the Duration of Nestling Period and Fledging Order in Tengmalm's Owl (*Aegolius funereus*): Effect of Wing Length and Hatching Sequence. *PLoS One*. 2015, Sv. 10, 3, stránky 10-13.

**Kubizňák, P. 2016:** Chytrá ptačí budka/Ptáci online - Strategie rozvoje projektu Q4/2016, FŽP. *Upgrade řídicí desky*. emailová korespondence : Elnico s.r.o., 2016. Sv. 1.1.

**Kubizňák, P., et al. 2019:** Designing network-connected systems for ecological research and education. *Ecosphere*. June 2019, Vol. 10.6, p. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/ecs2.2761>.

**Nguyen A., Tran V.B., Hoang D.M., Nguyen T.A.M., Nguyen D.T., Tran V.T., Long B., Meijaard E., Holland J., Wilting A. et Tilker, A. 2019:** Camera-trap evidence that the silver-backed chevrotain *Tragulus versicolor* remains in the wild in Vietnam. *Nature Ecology & Evolution*. Surveys for Annamite endemic mammals in Vietnam and Laos, December 2019, Vol. 3, 4, pp. 1-5.

**Norton, D. W. 1972:** Incubation Schedules of Four Species of Calidridine Sandpipers at Barrow, Alaska. *The Condor*. 1972, Vol. 74, 2, pp. 164-176.

**Reif, V., Tornberg, R. 2006:** Using time-lapse digital video recording for a nesting study of birds of prey. *European Journal of Wildlife Research*. 2006, Vol. 52, 4, pp. 251-258.

**Royama, T. 1959:** A device of an auto-cinematic food-recorder. *Japanese journal of ornithology*. 1959, Vol. 15, 74, pp. 172-176.

**Skutch, A. F. 1962:** The Constancy of Incubation. *The Wilson Bulletin*. 1962, Vol. 74, 2, pp. 115-152.

**Šťastný, K., Bejček, V. et Hudec, K. 2001-2003:** *Atlas hnízdního rozšíření ptáků v České republice : 2001-2003*. Praha : Aventinum, 2001-2003. ISBN 80-86858-19-7.

**Weller, M. W. et Derksen, D. V. 1972:** Use of Time-Lapse photography to Study Nesting Activities of Birds. 1972, Vol. 1, 89, pp. 196-200.

- Zárybnická, M., Korpimäki, E. et Griesser, M. 2012:** Dark or Short Nights: Differential Latitudinal Constraints in Nestling Provisioning Patterns of a Nocturnally Hunting Bird Species. *PLoS ONE*. [Online] 2012. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0036932>. e36932.
- Zárybnická, M., Kubizňák, P. et Šindelář, J. 2015:** Sequential polyandry in female Tengmalm's owl. *Folia Zoologica*. [Online] 2015. <https://www.researchgate.net/publication/281372124>.
- Zárybnická, M., Sedláček, O. et Korpimäki, E. 2009:** Do Tengmalm's Owls alter parental feeding effort under varying conditions of main prey availability? *Journal of Ornithology*. [Online] 2009. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10336-008-0342-6>.
- Zárybnická, M. 2008:** Cirkadiánní aktivita sýce rousného (*Aegolius funereus*) v Krušných horách: efekt rozdílných rodičovských rolí. *Sylvia*. 2008, Sv. 44, 51-61.
- Zárybnická, M. 2014:** Co se děje v hnízdě sýce rousného? Kamera to prozradí. <http://web.archive.org/web/20170704060309/http://vesmir.cz/>. [Online] Vesmír, s. r. o., 22. 12. 2014. [Citace: 20. 1. 2020.] [https://www.ptacionline.cz/web/upload\\_passive/backups/vesmir-co-se-deje-v-hnizde-syce-rousneho/WEB/INDEX.HTM](https://www.ptacionline.cz/web/upload_passive/backups/vesmir-co-se-deje-v-hnizde-syce-rousneho/WEB/INDEX.HTM).
- Zárybnická, M. 2020:** *Using automated data collection from nest boxes for avian research and education : habilitation thesis*. Prague : Czech University of Life Sciences Prague, 2020. 978-80-213-3012-2.
- Zárybnická, M., et al. 2016:** *Smart nest box: a tool and methodology for monitoring of cavity-dwelling animals*. [7] British Ecological Society : Methods in Ecology and Evolution, 2016. 2041210x.
- Zárybnická, M., Sklenicka, P. et Tryjanowski, P. 2017:** A Webcast of Bird Nesting as a State-of-the-Art Citizen Science. *PLoS Biol*. 2017, Vol. 15, 1. e2001132.
- Zasadil, P. 2001:** *Ptačí budky a další způsoby zvyšování hnízdních možností ptáků*. Praha : ÚVR ČSOP, 2001. stránky 23-24. 80-902654-3-X.

## 9. Přílohy

Příloha 1. Konfigurační soubor pro komplexní nastavení (model 2.0).....	54
Příloha 2. Konfigurační soubor pro nastavení módů kamer a jejich operační časy (model 3.0) .....	55
Příloha 3. Konfigurační soubor pro nastavení kvalitativních parametrů kamer (model 3.0).....	56
Příloha 4. Spoluautorský článek publikovaný v časopise Ecosphere - 25 stran .....	57
Příloha 5. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 2.0) v roce 2016.....	82
Příloha 6. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 2.0) v roce 2017.....	82
Příloha 7. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 3.0) v roce 2018.....	83
Příloha 8. Přehled přeinstalovaných chytrých ptačích budek na jinou lokalitu (model 2.0 i 3.0) v roce 2017, 2018 a 2019 .....	83
Příloha 9. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2020 .....	84
Příloha 10. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2021 .....	84
Příloha 11. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2022 .....	84
Příloha 12. Komponenty dřevěné konstrukce budky.....	85
Příloha 13. Výkresová dokumentace pro výrobu dřevěné části chytré ptačí budky – typ špačkovník /sýkorník - 2 strany .....	86
Příloha 14. Poster „Sýkory ČR“ připravený ve spolupráci s žáky participujících škol v rámci projektu Ptáci Online .....	88
Příloha 15. Poster „Sýkory světa“ připravený ve spolupráci s žáky participujících škol v rámci projektu Ptáci Online .....	89
Příloha 16. Spoluautorská metodická příručka určená pro uživatele chytrých ptačích budek - 50 stran .....	90

## Příloha 1. Konfigurační soubor pro komplexní nastavení (model 2.0)

```

//=====
// hardware
//=====
/* Hardware configuration of the system. The devices need to be assigned
appropriately to the hardware slots to allow proper communication and
power control. */
hardware:
{
  /* Microphone in the MIC slot.
  "HMU0603C-65" - Standalone cable microphone.
  "" - No microphone. */
  MIC = "HMU0603C-65";

  /* Event trigger in the BARRIER slot.
  "IRBAR" - Standard U-shaped infrared light barrier.
  "" - No event trigger. */
  BARRIER = "IRBAR";

  /* Auxiliary hardware in the IOP0, IOP1 and IOP2 slots.
  "TgS" - Temperature sensor. Only one piece can be used.
  "LTS" - Light and temperature sensor. Only one piece can be used.
  "" - No hardware. */
  IOP0 = "TS";
  IOP1 = "LTS";
  IOP2 = "";

  /* Video cameras in the CAM0 and CAM1 slots. If both cameras are used offline
for triggered event recording, CAM0 records prior to CAM1.
"UI-1541M" - Monochrome camera by IDS, 1280x1024 px. Offline performance
only.
"UI-1641C" - Color camera by IDS, 1280x1024 px. Offline performance only.
"UVC" - Generic USB Video Class camera. Online/offline.
"" - No camera. */
  CAM0 = "UVC";
  CAM1 = "";

  /* Radio frequency identification reader in the RFID slot.
  "ELB149C5M" - 125 kHz RFID reader.
  "" - No reader. */
  RFID = "";

  /* Wifi modem assembled on the SQM4-VF6 module.
  "AR4100" - Qualcomm Atheros AR4100 SIP (SQM4-VF6-W module).
  "" - No wifi (SQM4-VF6-M module). */
  WIFI = "";

  /* On-board temperature sensor.
  "MCP9804" - 0.25 degree temperature sensor, assembled on the base board.
  "" - No temperature sensor assembled on the base board. */
  TONB = "MCP9804";
};

//=====
// sleep_mode
//=====
/* sleep (power-saving) mode settings. When the system is in this mode,
the event trigger, RFID reader and offline cameras are powered off,
disallowing to record any video. Up to three intervals
applicable - separate the values by commas (e.g. [22,5,14]). */
sleep_mode:
{
  /* To enable sleep mode, use 1, otherwise 0. */
  enable = 1;

  /* Start time of the sleep mode. */
  from_hour = [08,22];
  from_minute = [00,00];

  /* End time of the sleep mode. */
  to_hour = [12,4];
  to_minute = [00,00];
};

//=====
// autoupload
//=====
/* Automatic records upload to the remote data server. Up to three intervals
applicable - separate the values by commas (e.g. [22,5,14]). */
autoupload:
{
  /* To enable sleep mode, use 1, otherwise 0. */
  enable = 1;

  /* Start time of data upload. */
  start_hour = [22];
  start_minute = [00];

  /* End time of data upload. */
  stop_hour = [8];
  stop_minute = [00];
};

//=====
// cam0
//=====
/* First camera settings. */
cam0:
{
  /* If the camera is to be used for triggered event recording, set to 0.
  If it is to be used for online watching, set to 1. */
  online = 0;

  hwspec:
  {
    /* Duration of one record in the offline mode, in seconds. */
    duration = 30.0;
  };
};
//=====

```

## Příloha 2. Konfigurační soubor pro nastavení módů kamer a jejich operační časy (model 3.0)

```

/* Defines a custom set of modes. Each mode defines full configuration of the device,
 * in particular configuration of the cameras. */
modes =
{
/* // this would define a new mode named "active"
active = {
    // camera1 would be configured to produce 12 seconds long videos,
    // starting immediately after light barrier interruption.
    // "default" camera profile is used (see camera1.cfg).
    camera1 = {
        profile = "default"; // profile name (default="default")
        delay = 0; // delay in seconds (min=0, max=120, default=0)
        duration = 12; // duration in seconds (min=0, max=300, default=0)
    };
    // camera2 would be configured to produce 10 seconds long videos,
    // starting with 5 second delay.
    // "default" camera profile is used (see camera2.cfg).
    camera2 = { profile = "default"; delay = 5; duration = 10; };
};

// "active2" defines the same mode as "active", but in more space-saving manner
// Both cameras use "default" profile (default value if not explicitly stated).
active2 = {
    camera1 = { duration = 12; };
    camera2 = { delay = 5; duration = 10; };
};

// to disable recording from camera2, set its duration to 0
active3 = {
    camera1 = { duration = 12; };
    camera2 = { duration = 0; };
};

// to define a "sleep" mode, set both camera durations to 0
sleep = {
    camera1 = { duration = 0; };
    camera2 = {}; // using default duration, i.e. 0
};

// Since default duration is 0, both camera definitions can be removed.
// Such "sleep2" mode definition would be equivalent to "sleep".
// Remember that the cameras profile would be set to "default".
sleep2 = {};

*/
light_operation = {
    camera1 = {
        profile = "day";
        delay = 0;
        duration = 10;
    };
    camera2 = {
        profile = "night";
        delay = 10;
        duration = 30;
    };
};
dark_operation = {
    camera1 = {
        profile = "night";
        delay = 0;
        duration = 10;
    };
    camera2 = {
        profile = "night";
        delay = 10;
        duration = 40;
    };
};
sleep = {};

};
// define new modes here
};

/* Defines a sequence of modes switching schedule. Each line defines a start time
 * and a name of mode to switch to at given time of day. The schedule can have
 * virtually arbitrary length. There should always be at least one (non-dummy) item!
 * Without such item, the program does not know what mode to select on startup,
 * so a default (dummy) mode is set. */
schedule =
{
/* // The following list would define the following mode schedule:
// 08:00 - 14:00 : active
// 14:00 - 15:30 : active2
// 15:30 - 20:45 : active
// 20:45 - 08:00 : sleep
// (Remember that all times are in UTC.)
{ hour = 08; minute = 00; mode = "active"; },
{ hour = 14; minute = 00; mode = "active2"; },
{ hour = 15; minute = 30; mode = "active"; },
{ hour = 20; minute = 45; mode = "sleep"; },

*/

{ hour = 11; minute = 00; mode = "light_operation"; },
{ hour = 16; minute = 00; mode = "dark_operation"; },

{ /* Leave this line as the last item, do not delete nor edit! */ }

};

/* Defines the times, when the recorded data should be submitted to the server.
 * There could be virtually arbitrary number of items in the list. */
autoupload =
{
/* // The following list would enable autoupload from 20:00 to 04:00
// and from 12:00 to 14:30. All times are in UTC.
{ start = { hour = 20; minute = 00; }; stop = { hour = 04; minute = 00; }; },
{ start = { hour = 12; minute = 00; }; stop = { hour = 14; minute = 30; }; },

*/

{ start = { hour = 04; minute = 00; }; stop = { hour = 04; minute = 05; }; },

{ /* Leave this line as the last item, do not delete nor edit! */ }

};

```

### Příloha 3. Konfigurační soubor pro nastavení kvalitativních parametrů kamer (model 3.0)

```

/* profiles->[name]->daymode:
* auto - Switches automatically between "day" and "night_iron" mode. Good
performance but high power consumption. Acoustic and visual disturbance.
* day - Color image, IR light permanently turned off. Lower power
consumption, no disturbance.
* night_ironoff - Monochrome image, IR light permanently turned off. Lower power
consumption, no disturbance.
* night_iron - Monochrome image, IR light permanently turned on. Good performance
but high power consumption. Visual disturbance.
* night_ironauto - Monochrome image, IR light turns on only when recording. Lower power
consumption, backlog without IR light. Visual disturbance.
*/

/* profiles->[name]->controls:
$ v4l2-ctl -d /dev/video1 -L
      brightness (int) : min=-64 max=64 step=1 default=0 value=0
      contrast (int) : min=0 max=64 step=1 default=32 value=25
      saturation (int) : min=0 max=128 step=1 default=64 value=64
      hue (int) : min=-40 max=40 step=1 default=0 value=0
white_balance_temperature_auto (bool) : default=1 value=1
      gamma (int) : min=72 max=500 step=1 default=100 value=100
      gain (int) : min=0 max=100 step=1 default=0 value=0
      power_line_frequency (menu) : min=0 max=2 default=1 value=1
0: Disabled
1: 50 Hz
2: 60 Hz
white_balance_temperature (int) : min=2800 max=6500 step=1 default=4600 value=
4600 flags=inactive
      sharpness (int) : min=0 max=6 step=1 default=3 value=2
      backlight_compensation (int) : min=0 max=2 step=1 default=1 value=1
      exposure_auto (menu) : min=0 max=3 default=3 value=3
1: Manual Mode
3: Aperture Priority Mode
exposure_absolute (int) : min=1 max=5000 step=1 default=156 value=156
flags=inactive
      exposure_auto_priority (bool) : default=0 value=0
*/

video =
{
    width = 1280;
    height = 720;
    framerate = 30;
};

profiles =
{
    /* Default profile. This profile is mandatory. It shall define all "controls"
values
* that are used in other profiles. */
    default =
    {
        daymode = "auto";
        controls =
        {
            brightness = 35;
            contrast = 25;
            sharpness = 2;
            exposure_auto = 1;
            exposure_absolute = 100;
        };
    };

    night =
    {
        daymode = "night_iron";
        controls =
        {
            brightness = 35;
            contrast = 25;
            sharpness = 2;
            exposure_auto = 1;
            exposure_absolute = 100;
        };
    };

    day =
    {
        daymode = "day";
        controls =
        {
            brightness = 35;
            contrast = 25;
            sharpness = 2;
        };
    };

    /* TODO: Define custom profiles here. */
};

```



## Designing network-connected systems for ecological research and education

PETR KUBIZŇÁK,<sup>1</sup> WESLEY M. HOCHACHKA,<sup>2</sup> VLASTIMIL OSOBA,<sup>1</sup> TOMÁŠ KOTEK,<sup>3</sup> JAN KUCHAR,<sup>1</sup>  
VÁCLAV Klapetek,<sup>1</sup> KATEŘINA HRADCOVÁ,<sup>1</sup> JAN RŮŽIČKA,<sup>1</sup> AND MARKÉTA ZÁRYBNICKÁ<sup>1,†</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Environmental Sciences, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, Praha – Suchbátka, 165 00 Czech Republic

<sup>2</sup>Cornell Lab of Ornithology, 159 Sapsucker Woods Rd, Ithaca, New York 14850 USA

<sup>3</sup>Faculty of Engineering, Czech University of Life Sciences Prague, Kamýcká 129, Praha – Suchbátka, 165 00 Czech Republic

**Citation:** Kubizňák, P., W. M. Hochachka, V. Osoba, T. Kotek, J. Kuchar, V. Klapetek, K. Hradcová, J. Růžička, and M. Zárybnická. 2019. Designing network-connected systems for ecological research and education. *Ecosphere* 10(6):e02761. 10.1002/ecs2.2761

**Abstract.** While networked sensors are becoming a ubiquitous part of many human lives, their applications to the study of wild animals have been largely limited to off-the-shelf and stand-alone technologies such as web cameras. However, purpose-designed systems, applying features found in Internet-of-Things devices, enable more efficient gathering, managing, and disseminating of a diverse array of data needed to study the life histories of wild animals. We illustrate these claims based on our development of a system of networked nest boxes that we created to study nesting birds in urban environments. This system uses general-purpose processors within nest boxes to perform edge computing to control data acquisition, processing, and management from multiple sensors. A central data-management system permits easy access to all data, once downloaded, which has facilitated our uses to date of this system for formal university- and school-level education, and informal science education.

**Key words:** ancillary sensors; animal behavior; bird nesting; birdsonline.cz; camera monitoring; edge computing; formal and informal education; Internet of Things; live video stream; smart nest box; urban ecology; video capturing.

**Received** 8 January 2019; **accepted** 11 April 2019; **final version received** 3 May 2019. Corresponding Editor: Fei Fang.

**Copyright:** © 2019 The Authors. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

† **E-mail:** zarybnicka@fzpz.czu.cz

### INTRODUCTION

There is a long history in ecological research of collecting observations of animals indirectly, using cameras, sound recording devices, and other forms of data loggers. Such devices have allowed the collection of information in situations in which direct human observation would require too much time, money, and field effort, or even change the natural behaviors of the observed animals (Cutler and Swann 1999, Reif and Tornberg 2006, Cox et al. 2012). However, applications of similar technologies in human society, with the Internet of Things, point to the

potential for much more sophisticated collection of ecological data. Most obviously, connection to the Internet allows automated downloading of data as well as remote monitoring and control of devices (Madhvaraj and Manjaiah 2017). As another example, more sophisticated edge computing—providing substantial computational resources at the data loggers—can enable the integration of multiple streams of data at their source, facilitating subsequent data management. In order to achieve the full benefits of this sophistication, researchers need to design entire systems for data collection that are tailored to specific needs, rather than constraining the data



that they collect based on the availability of off-the-shelf devices (Cox et al. 2012, Trolliet et al. 2014) simply because they are readily available at low cost.

The study of reproduction of many animal species, particularly animals such as cavity-nesting birds, lends itself well to the use of integrated monitoring systems in order to collect information on aspects of nesting biology. Cavity-nesting birds have been used as model systems for decades in order to study an array of questions in population and behavioral ecology. Examples of research topics include diet structure and foraging effort, nest attentiveness, and parental cooperation and competition; sibling competition and survival rate in relation to varying weather (e.g., temperature, precipitation, humidity, and air pressure; Charmantier et al. 2008, Irons et al. 2017); and responses to anthropogenic changes in environments (e.g., light, noise, and air pollution; Dominoni et al. 2014, Shannon et al. 2016).

The automated collection of data from cavity-nesting birds not only facilitates research but can additionally expand access of the general public to the life sciences, at the time of increasing urbanization and disconnection of people from the natural world (Balmford et al. 2002). Scientists can share research data and results with the public through the Internet in real time, allowing the public to be involved in the research at levels varying from sharing images of natural systems through to crowdsourcing of data collection and processing in a citizen science project. The most basic application is the dissemination of live streaming and video capturing of bird activities in their nests via social media (Zárybnická et al. 2017). Availability of such video creates the potential for educational activities such as direct observation of animal life on screens placed in schools that can supplement generic textbook information with real-life bird observation. For this potential to be realized, however, the infrastructure for transmitting, storing, and displaying information needs to be built in a way that allows for broad dissemination of the information being collected by camera and sensor systems.

Here, we describe the lessons that we have learned from designing, building, and deploying nest monitoring systems that we created for both

research and educational purposes and that allow (1) live video streaming and video capture of cavity-dwelling animals over the course of an entire year; (2) the collection of measurements of local weather and environmental data including temperature, light intensity, humidity, and air pressure; (3) automated downloading, storage, and dissemination of video and audio data; (4) automated processing of all streams of data; (5) remote monitoring and configuration of the system; and all while (6) retaining the potential to extend the system's functionality in the future. We discuss the major design decisions that we made in developing our system including evaluating the strengths and limitations of our current system, offer suggestions regarding the trade-offs involved in designing any such system, and note ideas for future development and applications in scientific and educational fields.

## MATERIALS AND METHODS

Here, we first describe the criteria that we set for the design of our system for automated nest box monitoring, and then describe the systems themselves, both model 2.0 and 3.0 SNBox camera systems, and related networking infrastructure.

Since we aimed to build the modular camera system whose functionality could be extended in the future with minimal technological limitations, we developed the entire camera system from the ground up, including hardware and software technology, and only the cameras were standard commercial products. Our main design criteria for new system were as follows:

Hardware criteria:

1. Flexibility to collect a wide range of environmental data, and the flexibility to incorporate new features into the basic design.
2. Small dimensions of all technical components to be suitable for embedding in the structure of the nest box.
3. High reliability and long-term life span of all technical components, including the housing for all devices such that the system would work reliably during extreme weather conditions, and be easy to install.
4. Energy efficiency.

Software criteria:

1. Reliable continuous operation.
2. Minimum video trigger delay.
3. Automated data delivery and management, reducing potential errors associated with manual steps in the data-management workflow.
4. The ability for real-time and retrospective viewing of any data both by researchers, and for educational purposes by the general public.

Financial criteria:

1. Lower need for on-site maintenance, thus substantially reducing the cost of labor for maintenance that could limit the number of units that can be deployed at one time.
2. Reliability and professional design that would allow the potential for commercial production of the system.

### Background

We have designed and deployed three generations of a modular camera surveillance system for monitoring of cavity-dwelling animals, particularly birds. We designed the first camera system (model 1.0) to monitor boreal owl (*Aegolius funereus*) nests located in forest areas. We completed this system in 2014, and it consisted of a pair of industrial cameras with IR lighting, an IR light activity detector, an RFID reader, and temperature and light intensity sensors. This system was powered by a battery. Data were downloaded manually via a cable: Our initial design did not feature automated data transfer capabilities due to non-availability of Internet connections in forest areas. We embedded this camera system in a wooden bird box forming a so-called smart nest box (SNBox), which is described in Zárbybnická et al. (2016).

Here, we introduce two successor SNBoxes (the model 2.0 and model 3.0) that we adapted for monitoring diurnal cavity-dwelling passerine birds inhabiting urban areas where wired Internet connection and mains power are easily accessed. We extended the camera system of both models (model 2.0 and model 3.0) with remote data acquisition and live streaming of animal activities, creating a maintenance-free

camera surveillance system whose data could be universally accessible. In particular, we replaced battery powering and regular manual data downloading with full-time powering via standard household electrical connection and automatic daily data transfers from each SNBox to our university server (located at the Czech University of Life Science Prague). In the spring of 2016, we launched the model 2.0 that we evolved from the model 1.0 by partial hardware redesign and software extension. This model was equipped to enable video capture of animal activities, and live streaming at limited frame rate. Recorded video was available to anyone on our project's websites, and live streaming was provided only to the hosting location. To overcome this limitation, we evolved the model 3.0 that we launched in spring 2018. Both hardware and software of this model were complete redesigns. This model allowed video capturing of animal activities at standard frame rate (i.e., 30 fps) and simultaneous live streaming to the Internet. The model 3.0 system also was equipped with additional environmental sensors, desktop applications for processing of data from environmental sensors, and permanent remote connection for automatic system health monitoring and maintenance. Below, we describe the technical features, including hardware and software technology, and results of the use of both camera systems during 2016–2018. We primarily describe the model 3.0 system, while noting the differences found in model 2.0 systems. In Table 1, we also provide the basic technical description of model 1.0 (Zárbybnická et al. 2016) to provide a ready comparison among the three generations of systems.

### Smart nest box

While standard nest boxes are designed only to house and protect nesting birds, our nest box structures were additionally designed to physically protect the sensors and computer system and allow for wired power and Internet connections. We modified the original wooden construction of the model 1.0 boxes used to monitor boreal owls (Zárbybnická et al. 2016), reducing the box size to be appropriate for cavity-nesting passerines and using the same design for model 2.0 and model 3.0 (Fig. 1). We designed the interior to embed all devices, including the computer



Table 1. Summary on the technical specifications of the computer unit, cameras, videos, and other components and maintenance of the model 1.0, 2.0, and 3.0 SNBox camera systems.

Model of monitoring system	1.0 (Zárybnická et al. 2016)	2.0	3.0
Time of completion	2014	2016	2018
Costs	\$1,400	\$560	\$560
Computer Unit			
Manufacturer	Elnico	Elnico	Elnico
Microprocessor	NXP Vybrid VF6 ARM Cortex A5 500 MHz+ ARM Cortex M4 167 MHz	NXP Vybrid VF6 ARM Cortex A5 500 MHz+ ARM Cortex M4 167 MHz	NXP i.MX6SoloX ARM Cortex A9 800 MHz+ ARM Cortex M4 227 MHz
RAM	256 MB	256 MB	1 GB
NAND FLASH	256 MB†	256 MB	256 MB
MicroSD card	4 GB‡	16 GB‡	16 GB‡
Ethernet	100 Mbit/s	100 Mbit/s	100 Mbit/s
WiFi	802.11 b/g/n	No	No‡
Housing	171 × 121 × 55 mm, IP65	125 × 115 × 58 mm, IP53	125 × 115 × 58 mm, IP53
Powering	12 V traction battery	15 V PoE (Power over Ethernet)‡	15 V PoE (Power over Ethernet)‡
Other Components			
Manufacturer	Elnico	Elnico	Elnico
Microphone	Stand-alone	Stand-alone	On-camera
Activity detector	Infrared light barrier	Infrared light barrier	Infrared light barrier
RFID reader	Yes	No‡	No
Light intensity sensor	Photoresistor + ADC	Photoresistor + ADC	Luxmeter
Interior temperature sensor	Yes	Yes	Yes†
Exterior temperature sensor	Yes	Yes	Yes
Hygrometer	No	No	Yes
Barometer	No	No	Yes
Magnetic sensor	No	No	Yes†
External speaker	No	No	Yes†
Extension slots	No	No	Yes†
USB connectors	No	No	Yes†
Camera			
Manufacturer	Imaging Development Systems	Ailipu Technology	Ailipu Technology
Model	UI-1541LE-M	ELP-USB100W05MT-RL36	ELP-USB100W04H-RL36
Resolution	1280 × 1024 px (1.3 MPx)	1280 × 720 px (1 MPx)	1280 × 720 px (1 MPx)
Color mode	Monochromatic	Color (day)/ Monochromatic (night)	Color (day)/ Monochromatic (night)
IR lighting	Always	On low illumination	On low illumination
Connection	USB	USB	USB
Number	2	1‡	1‡
Video			
Codec	MJPEG	MJPEG	H.264
Container	mkv	mkv	mp4
Frame rate	10 fps	6 fps	30 fps
Trigger delay	16 ms	20–200 ms	–3000 to –2000 ms
Video capturing	Yes	Yes	Yes
Live streaming	No	Local network only, dedicated player	Internet, standard stream (RTSP)
Capturing vs. streaming	Capturing only	Mutually exclusive	Simultaneous operation
Maintenance and data handling			
Regular maintenance	Yes	No	No
Remote access	No	Yes	Yes
Remote data acquisition	No	Yes	Yes
Automatic data backup	No	Yes	Yes
Web-published data	No	Yes	Yes

Notes: Costs (in US dollars) and manufacturers are also shown. Please note that all components are custom designed and produced in cooperation with the Elnico company, and only cameras are standard commercial products.

†Property not used or not implemented yet.

‡Value applied in the field. Property is adjustable.

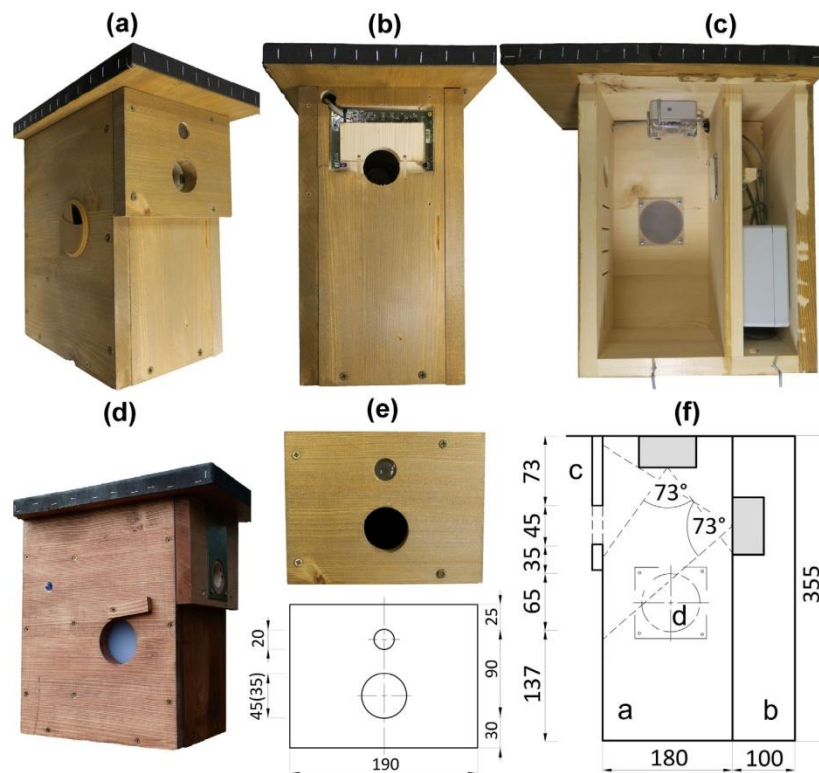


Fig. 1. The design of the model 3.0 smart nest box (SNBox) and its individual parts. (a) The completed SNBox. (b) A front view of the SNBox exposing the IR light activity detector board upon which environmental sensors were also located. (c) The inner SNBox space containing a nesting area with one or two cameras and the electronics area with a computer unit and cabling. (d) Side view of the SNBox with uncovered window and exterior light and temperature sensor (model 2.0 only). (e) Photograph and schematic of the front wooden cover with the entrance (35 or 45 mm) and the lens used to direct light to the illumination sensor. (f) Schematic of the box and its individual parts: a, the nesting area; b, the electronic area; c, the front wooden cover; and d, the window shielded by translucent plexiglass and covered by a removable cover. Outer dimensions are in millimeters. Note that the model 2.0 box only differed in the front wooden cover that did not include the lens, and environmental sensors were located on outside wall instead of being on the IR light activity detector board (e).

unit (Fig. 1c), an IR light activity detector (Fig. 1b), environmental sensors (Fig. 1b, d), and cameras with IR lighting (Fig. 1c). We provided the box with a 45-mm entrance and a groove for placement of the IR light activity detector that was protected from the box exterior with a wooden plank (Fig. 1a, e). The sizes of birds using the boxes could be varied by changing the size of entrance hole in a wooden plank placed over the entrance hole in the main box; we produced planks with 35- or 45-mm entrance for nesting

smaller (e.g., Eurasian blue tit *Cyanistes caeruleus*) or larger (e.g., great tit *Parus major* or European starling *Sturnus vulgaris*) bird species, respectively (Fig. 1e). We also equipped each box with a window shielded by translucent plexiglass (Fig. 1d) to provide greater natural illumination inside the box and enable the recording of color video during daylight hours. This window was covered by a removable plastic or wooden cover to manually regulate light intensity inside the box. The overall dimensions of these SNBoxes



were up to  $355 \times 280 \times 185$  mm, and the weight was 6.2 kg when all components were installed.

#### Computer unit

To fulfill our criteria for data collection and processing, we decided to build a custom-designed computer unit instead of using an off-the-shelf single-board computer (for comparison with Raspberry Pi, see *Discussion*). We designed and developed the computer unit as the core of the system, connecting to and controlling all peripheral devices, including scheduling, animal detection, data collection, storing and submission, live streaming, and VPN connection and communication. The model 3.0 computer unit (Fig. 2a) was built based on the SQM4-SX6 processor module (Elnico, Dvůr Králové nad Labem, Czech Republic) featuring a heterogeneous dual-core ARM Cortex processor 800 + 227 MHz, 1 GB operating memory, 256 MB permanent storage, and integrated Ethernet circuit. The computer unit was also equipped with a 16-GB microSD memory card (local data storage), 4 universal extension slots, 2 Type A USB connectors, a 3.5-mm audio jack for external microphone, an RJ45 connector for the Ethernet cable connection, and a set of RJ12 female connectors for connecting the peripheral devices. We found RJ12 connectors ideal, offering sufficient number of pins to transmit required power and data (i.e., 6 pins, 2 for power and 4 for data signals), providing a mechanical lock for reliable connection, allowing quick and easy toolless connection and disconnection, and being inexpensive. The model 2.0 computer unit (Fig. 2d) differed primarily in the processor module SQM4-VF6 (Elnico), with heterogeneous dual-core processor 500 + 167 MHz and 256 MB operating memory. This earlier computer unit did not have extension slots or USB connectors.

The system was controlled by a dual-core processor, using Linux and FreeRTOS operating systems running in parallel. This approach combined the advantages of a feature-rich operating system together with minimum latencies and full control of a real-time operating system. In other words, use of FreeRTOS was not inevitable, but it simplified implementation of some device-driver software components and left more options for the future development. FreeRTOS was mainly used to implement non-standard

drivers of the IR light activity detector and environmental sensors, which would be more complicated to do under Linux. Most of the application software components ran under Linux, with custom control software, a virtual private network (VPN) client, a Secure Shell (SSH) server, and a Simple Network Management Protocol (SNMP) server. When a signal was received from the activity detector, our application based on the gstreamer library (powerful library supporting all media-handling operations; for details, see <https://gstreamer.freedesktop.org>) started recording from the cameras, saving the MP4 video with metadata to the local data storage. A gstreamer-based Real-Time Streaming Protocol (RTSP) server was used to publish the live stream over the LAN and VPN and further via a WAN through the university server (for details, see *VPN tunnel*). The software was further responsible for periodic acquisition of environmental data and regular submission of all recorded data to the server-side storage. The model 2.0 software ran under Linux and MQX operating systems, with video recorded in the MKV format, and the live stream was only available over the LAN and required special video player software; no SNMP server was installed.

A single Ethernet cable served as both data and power connection for the unit in order to simplify installation. We used a more expensive foil screened twisted pair Ethernet cable in order to eliminate electromagnetic noise. Data were transmitted through the local network (LAN) to the Internet (WAN). Power over Ethernet (PoE) provided electricity to the unit, requiring a special adapter to inject the electricity into the cable at the host network's end of the cable. We used a PoE-1215-M3 (Sunny Computer Technology Co., Dongguan City, Guangdong Province, China; Fig. 3b), providing up to 12 W at 15 V DC. The computer unit was fitted in a plastic box ( $115 \times 125 \times 58$  mm), with nine 14-mm holes drilled in a single row. Peripheral cables passed through rubber blank flanges fitted in the holes, in order to achieve ingress protection at the IP53 level. The control unit was installed in the electronics area of the SNBox (Fig. 1c).

#### IR light activity detector

In order to minimize the amount of video data that needed to be stored, recordings were only

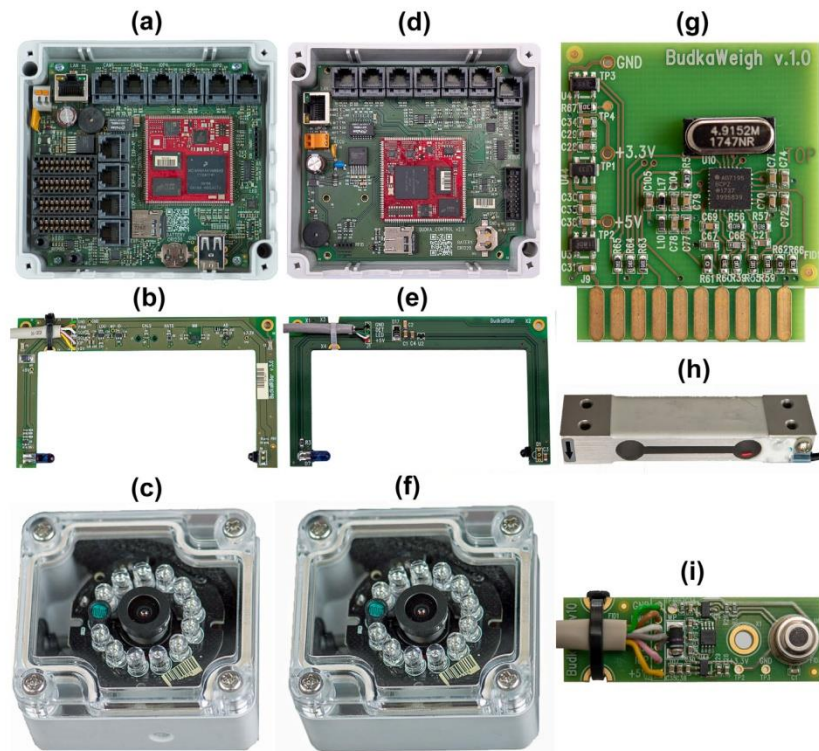


Fig. 2. Electronic components and peripherals of the model 2.0 and 3.0 SNBoxes. The custom-designed computer unit in the opened plastic housing of the models (a) 3.0 and (d) 2.0. The custom-designed IR light activity detector of the models (b) 3.0 and (e) 2.0. The commercial camera of the models (c) 3.0 and (f) 2.0 with a lighting and a custom-designed housing in a box with a transparent lid. Please note that the model 3.0 cameras were equipped with integrated microphones, while the model 2.0 computer unit was fitted with a custom external microphone. (g) An expansion card and (h) a tensometer of the weighing system. (i) IR light contactless thermometer.

collected when an activity sensor was triggered. For both camera models, we used a custom-designed activity detector in the form of an IR light barrier consisting of IR light beam transmitter and a receiver set opposite the transmitter (Fig. 2b, e). To ensure stable mutual position of the transmitter and receiver, we assembled the device on a single U-shaped board and embedded it into the wood of the nest box that surrounded the entrance hole, so that the beam crossed the entrance (Fig. 1b). When the beam was interrupted, the custom driver signaled the Linux control software, which in turn initiated the recording of video.

#### Environmental sensors

We equipped the model 3.0 SNBox with a range of custom-designed sensors to measure local weather and environmental conditions. We used a thermometer ( $^{\circ}\text{C}$ ), barometer (hPa), hygrometer (%), and a luxmeter (Lux). We located all these sensors on the IR light activity detector board above the nest box entrance and covered the board with a wooden plank equipped with a clear lens (20 mm diameter) that allowed daylight to reach and be concentrated onto the illumination sensor (Fig. 1a, e). The data from sensors were collected at 30-s intervals and stored in a csv file. The most recent



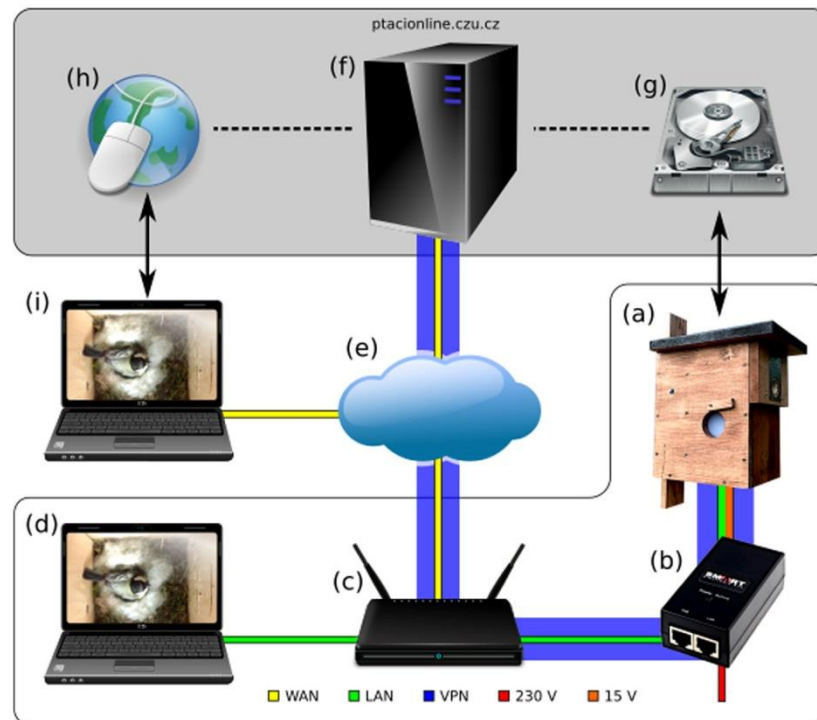


Fig. 3. A schematic of the networking infrastructure of the SNBox camera system (models 2.0 and 3.0). (a) The SNBox installed at the host locality. (b) PoE adapter. (c) Host's router, a central point of the local area network (LAN) and the gate to the wide area network (WAN). (d) Local user PC. (e) The Internet interconnecting all devices together. (f) University server, [ptacionline.czu.cz](http://ptacionline.czu.cz), running all server-side services. (g) Server-side data storage. (h) Webserver, accessible through [www.ptacionline.cz](http://www.ptacionline.cz) and [www.birdsonline.cz](http://www.birdsonline.cz). (i) Remote user PC.

data were also stored as part of environmental-condition data associated with each activity-triggering event.

The model 2.0 SNBox featured only three sensors. An exterior light-level sensor (yielded dimensionless number from 0 to 4095) and an exterior thermometer ( $^{\circ}\text{C}$ ) were assembled on one tiny board, housed in a plastic tube, and located on the sidewall of the SNBox (Fig. 1d). An interior thermometer ( $^{\circ}\text{C}$ ) was assembled on another tiny board, housed in a plastic tube, and placed on the ceiling of the SNBox.

#### Other sensors

The flexibility provided by our use of a custom-designed computer unit allows for future expansion of the types of sensors that can be deployed. We are developing prototypes for other

sensors. One of these prototypes is for a magnetometer, located on the IR light activity detector board, for magnetic field measurement. We are also working on a scale for automatic weighing of the nest content (Fig. 2g, h), an infrared thermometer for contactless measuring of the temperature of the clutch (Fig. 2i), and an external microphone for ambient noise measurements.

#### Commercial cameras

We strove to find a commercial camera that provided high light sensitivity for operation in dark conditions, operation during nighttime and daytime, sufficiently high video quality (i.e., resolution and frame rate) for comfortable watching on the one hand and limited output file size for saving data storage on the other hand, UVC (USB Video Class) interface, H.264 encoded



video stream, low cost, and small size for embedding in the size-limited nest box area. We fitted the model 3.0 with a commercial color CCTV camera (ELP-USB100W04H-RL36; Ailipu Technology, Shenzhen, Guangdong, China) equipped with a sensitive 1280 × 720 px CMOS image sensor, embedded microphone, IR lighting, and an adaptive filter capable of switching automatically between day and night modes according to the scene illumination (Fig. 2c). The camera produces H.264 encoded video at 30 frames per second (fps), which was multiplexed with the audio channel to an MP4 video container. We replaced the original USB connector with the RJ12 male connector and housed the camera in a plastic box with a transparent lid and a small hole for audio tapping (Fig. 2c). The 3.6-mm lens was focused at a distance 170 mm above the wooden bottom of the nest box.

In the previous model 2.0, we had not placed any requirement on the video encoding format. For that reason, the model 2.0 (Fig. 2f) was equipped with different CCTV camera model (ELP-USB100W05MT-RL36; Ailipu Technology). It was very similar to the model 3.0 camera aside from outputting raw YUV video at 1280 × 720 px resolution and maximum frame rate of only 10 fps. A custom application, based on the gstreamer library, was used to encode the video stream on the fly to the Motion JPEG (MJPEG) video format at a reduced frame rate between 4 and 8 fps; the model 2.0 SNBox's central processor did not have sufficient computing power to process 10 fps. The video was multiplexed with the audio channel from an external microphone (HMU0603C; JL World, Kowloon Bay, Hong Kong) into the Matroska container format, resulting in an MKV video file. Although the CCTV camera included an embedded microphone, we equipped the system with an external microphone, housed in a small plastic tube, placed in the nesting area, and connected to the control unit with a shielded two-core cable with RJ12 male connector.

The processing boards of both models were capable of accepting input from two cameras in one SNBox: a door camera located on the back side of the SNBox and capturing images of the entrance of the nest box, and a floor camera placed on the ceiling of the box and directed downward (for details, see Zárbynická et al.

2016). Animal activity triggered recording from one or both cameras, depending on the configuration. In passerine bird monitoring, we usually used only one (floor) camera that provided a good overall view of the nest box interior.

#### *Video time lag and duration*

We strove to minimize the trigger delay, that is, the time between detection of animal activity and the recording of the first stored video frame. Since the UVC cameras were not optimized for quick startup, we resorted to continually recording video but not saving video frames to memory until activity was detected. In the model 3.0 SNBox, up to 1 s would be lost due to the properties of the H.264 video format. Therefore, software continually created a 3-second video buffer, whose content was prepended to all video recordings triggered by animal activity, allowing the recordings effectively started 2–3 s before an animal entered the nest box entrance. In the model 2.0 SNBox, the YUV input video format did not cause a delay in production of the first video frame. Here, we did not incorporate the video buffer, resulting in tens to hundreds of milliseconds delay. The length of the video recordings was configurable; based on experience with the boreal owl (Zárbynická et al. 2016), we configured all video recordings to 30 s.

#### *VPN tunnel*

A key feature of the SNBox was a VPN tunnel (Fig. 3), because it allowed secure live streaming and remote control. Each computer unit (Fig. 3a) became part of the LAN of each hosting site (via the host's router; Fig. 3c) and ran an OpenVPN client. This VPN client automatically connected to the OpenVPN server running on our university server Ptacionline.czu.cz (a virtual server running on vSphere 6.5, 4xCPU Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2680 0 @ 2.70 GHz, 8 GB RAM, 1.7 TB HDD, CentOS Linux 7.4; Fig. 3f), located in the WAN. Each computer unit was assigned its own hardwired IP address. The established tunnel allowed us to perform automated data submission, live video streaming, and remote monitoring and maintenance, which would not be possible otherwise. The VPN client could be easily configured to establish a tunnel to another server, or to be disabled.

### Data submission

The SNBox used a custom script based on the `rsync` utility to automate the submission of recorded data from local data storage to the university server-side data storage (Fig. 3g) through the VPN tunnel, during a configurable time window. The window was set for each SNBox to the time of minimum network traffic for each host's LAN, typically from 22:00 to 04:00 hours. Unsubmitted data were kept on the local data storage for the next submission window, while successfully submitted data were removed to release space for new records. On the university server side, the records were automatically backed up and postprocessed, that is, downscaled and transcoded to video formats suitable for publishing on the webserver, and a thumbnail image of each video recording was extracted, and metadata containing the recording date and time, location, and nesting bird species were saved in the database. The submission script can be easily modified to submit the data to another location (another server, cloud, local desktop), or configured to be disabled for the case of no Internet access.

### Data structure

The most critical aspect of data management is creation of an organizational structure that facilitates long-term data integrity and retrieval. We defined the structure of the SNBox non-system files to consist of four top-level directories. The config directory contained configuration files allowing us to customize the video properties (recordings duration), power-saving settings (time of disabled recording), and data submission parameters (start and end time of submission). The events directory stored the video records for each independent activity-triggered event in a separate subdirectory named by its respective timestamp (with an accuracy of one-second). Each such subdirectory contained the video files and a text file with ancillary contextual data (environmental sensor data and exact date and time). The sensors directory contained text files storing the environmental sensor data recorded at a preset interval between the times at which the activity triggered video recording. The log directory contained numerous files with the system debug logs for develop purposes. When submitting to the server, this structure was

preserved and further organized in directories named after the box ID and the timestamp of submission, respectively.

### Website

The project and collected data are presented on a webserver (Fig. 3h), running on the university server (Fig. 3f), accessible on [www.ptacionline.cz](http://www.ptacionline.cz) and [www.birdsonline.cz](http://www.birdsonline.cz). The website displays an interactive map of installed SNBoxes (Fig. 4a), and a list and thumbnail image from every video recording available for playback from each SNBox (Fig. 4b). The list is dynamically updated as new records are received and transcoded (model 2.0 only) to the H.264 video format. These videos are categorized by the locality accompanied by the date and time of recording, used for filtering the records. Information on the nesting species inhabiting each SNBox is also listed. Live streaming is not possible from model 2.0 SNBoxes; however, live streams from model 3.0 SNBoxes are available as RTSP protocol links on the website that can be opened by a compatible video player (e.g., VLC). Finally, the website presents general information about the project, its results, partners, and project's presentations in media and provides a registration form for new potential system hosts, all in the Czech and English languages. All material is publicly available to any user without registration (Fig. 3i).

### Live streaming

In model 3.0, we used the standard gstreamer implementation of RTSP server to publish the live stream from the cameras. The server used the Real-Time Control Protocol (RTCP) to parameterize and control the stream and the Real-Time Transport Protocol (RTP) to transport the stream. The stream consisted of a H.264 encoded video (1280 × 720 px @30 fps) channel and MP3 encoded audio channel. The live stream was available permanently, and it was not affected by simultaneous video capture. In the LAN, it was possible to play the stream using an arbitrary video player (client) supporting the RTSP protocol, for example, VLC. Multiple clients could connect at the same time. In the WAN, a client could connect to a gstreamer-based retransmission RTSP server, running on the university server. The retransmission server then connected to the RTSP server of the requested camera system





Fig. 4. The public interfaces to this project's Internet accessible data. (a) The website of the Birds Online project, the map of installed SNBoxes. (b) An example of video recordings available on the project's website from the nest hosted on the premises of the Jára Cimrman Elementary School in Prague. The use of live streaming of bird nesting on (c) a projection screen and (d) a desktop computer during biology lessons in elementary and special-needs school, respectively.

via its VPN and started retransmitting the received stream to the client. If multiple clients connected, the retransmission server only duplicated the outgoing stream while receiving a single stream from the camera system, which saved the network traffic and camera system resources.

In the model 2.0, live streaming was not implemented ideally due to gradual development from the model 1.0 software that was primarily designed for stand-alone video monitoring without Internet connection (see *Background*). We

implemented custom live video streaming software, consisting of a client (gstplayer) and server (gstsrv), all based on the gstreamer library. Gstsrv ran on the SNBox. A proprietary control protocol provided Video on Demand (VOD) functionality. When gstplayer connected, gstsrv started transmission of a  $640 \times 480$  px MJPEG video stream over the RTP protocol. It was possible to play the stream by gstplayer on any PC inside the LAN (only on a single computer at once), but not over the WAN. Gstsrv ran in a variable time interval (live-stream mode), which

was mutually exclusive of event-triggered video capture.

#### *Time synchronization*

We needed to synchronize each computer unit's real-time clock so that it did not drift over time. In model 3.0, we used the `ntpdate` utility to regularly (every 24 h) synchronize the system clock with UTC time, which simplified worldwide data management. The need for automatic time synchronization became clear from our experience with model 2.0 SNBoxes for which we originally synchronized clocks manually, using the local time and respective daylight saving time. Consistent manual management proved impossible, leading to inconsistencies across the installed units. Beginning with 2018, we switched to recording times in UTC in model 2.0 SNBoxes although manual setting of clocks was still needed.

#### *Remote maintenance*

We were able to securely connect from the university server to every SNBox at any time using the SSH utility over the VPN tunnel. That allowed remote monitoring and controlling of systems, mainly to change the device configuration and install software updates. The model 3.0 SNBoxes were additionally equipped with an SNMP server, which was regularly queried by Zabbix real-time health monitoring software installed on the university server, for a range of metrics, for example, CPU load, and local data storage availability. Zabbix was configured to send us notification emails in case of triggering conditions for any of the monitored attributes, or in the case of no data being received from a SNBox for more than 12 minutes.

#### *Contextual data analysis*

Data are stored on the server using the same directory structure that was created on the SNBoxes (see *Data structure*). While the data were not stored on the server within database software, we still needed some of the functionality of a true database system to allow for the analyses of the contextual data related to each video recording. We implemented two utilities for aggregating and extracting data. `Recordextract` was a simple graphical tool, used to aggregate contextual data of all captured records (from the

events directories) of one or more SNBox camera systems into a single xls (Microsoft Excel spreadsheet) file. `Recordextract` was written in Perl and distributed with all dependencies as an installer for MS Windows, allowing this script to be used offline by any collaborator performing an analysis on a data subset. `Sensorextract` was a Linux shell script, used to aggregate all environmental data (from the sensors directories) of a set of camera systems into a set of csv files, one file for each camera system.

#### *Field procedures*

We installed and brought into operation all SNBoxes on hosts' premises. After installing the SNBox on tree, balcony or other structure (see *Results*), we connected the control unit with an Ethernet cable to the PoE adapter. The adapter was plugged into an interior 230 V electrical socket within the host's building and connected to the LAN (Fig. 3b). The cable route ran safely, preferentially through the air, in such a way as to present no risk to surrounding traffic or of causing damage to the cable. Afterward, we connected the camera and other peripherals to the computer unit and brought the entire system into operation. The host (or host's IT manager) authorized relevant ports of Firewall protection within their LAN to enable the OpenVPN and local streaming services. We installed a video player (VLC or `gstplayer`) on a local PC and verified full system functionality. Finally, the host received a short briefing and practical training so that they could understand and maintain the SNBox and watch the live stream. The duration of the entire procedure, including the installation of the wooden box and cable, the device configuration, verification and training, took from 2 to 10 h depending on the local conditions and the host's attitude. Because nesting sites are typically in short supply in the human dominated landscapes in which we installed the SNBoxes, nest boxes are readily occupied and thus we did not explicitly attract birds to the installed boxes.

#### *Costs*

The price of the SNBox and associated equipment, including the computer unit, one camera, IR light activity detector, environmental sensors, the external microphone (model 2.0 only), 50 m of Ethernet cable, the PoE adapter, and the wooden



box construction reached \$560 without utility costs (all costs in U.S. dollars). This cost was approximately the same for both model 2.0 and 3.0 SNBoxes when produced in low volume. The most expensive components were the computer unit (\$350), the wooden box construction (\$60), the camera (\$60), and the IR light activity detector (\$50). Costs dedicated to the development of the software and hardware through the development of the model 3.0 SNBox (including model 1.0 and model 2.0) reached \$40,000. Additional costs for technical services included the expenses for implementation, operation and maintenance of the university server infrastructure. Although we were able to provide guidelines for self-installation of the SNBox by users, the additional costs associated with assisting in the installation of a SNBox at a new site allowed a new SNBox to come online more quickly, reliably, and safely.

## RESULTS

Here, we provide a proof of concept of automated camera nest box monitoring and related networking infrastructure (Fig. 3) that we have designed, refined, and implemented.

### Application of smart nest boxes

Between April 2016 and June 2018, we installed and remotely operated 51 SNBoxes that were designed as nest sites for small cavity-nesting passerine birds. Of this total, 33 SNBoxes were equipped with the model 2.0 system and 18 with model 3.0 system (for technical details, see *Materials and Methods*). We deployed the SNBoxes gradually through 2016–2018 (cumulatively 22 SNBoxes in 2016, 33 in 2017, and 51 in 2018) in the Czech Republic and Poland across a 140,000-km<sup>2</sup> region (Fig. 4a), locating the SNBoxes on private premises in villages or towns where Internet and power source were available. Over time, the 51 SNBoxes were placed at a total 64 hosting premises (some SNBoxes were moved once or twice). Of the hosting locations, 44 were schoolyards (preliminary, elementary, middle, high, and special schools), ten were private gardens, four were hospital grounds, three were phenological gardens, two were university grounds, and one was a zoological garden. SNBoxes were most often installed on trees (N = 55 localities), and less commonly on loggias

of blocks of flats (N = 4), windows or walls of the building (N = 4), and electric poles (N = 1) at a height of 2–20 m above the ground (mean  $\pm$  SD, 5.8  $\pm$  2.7 m). The surrounding environments of the nest boxes (buffer radius of 20 m) consisted on average of 57.3% (SD = 22.9) vegetation cover comprised of shrubs, trees, flower beds, and grass area, and 42.7% (22.9) built-up area.

We recoded a total 93 nests in the 51 boxes (median, 25–75%: 2, 0–5 nests per box) across three breeding seasons, although boxes newly installed in 2018 were set out late and thus used at a lower rate. We found two consecutive nesting attempts during the same breeding season in six boxes. The most frequent nester was great tits (N = 64 nests; Fig. 5a–c), followed by Eurasian tree sparrows *Passer montanus* (N = 16 nests; Fig. 5g), European starlings (N = 9 nests; Fig. 5e), Eurasian blue tits (N = 3 nests; Fig. 5f), and common redstart *Phoenicurus phoenicurus* (one nest; Fig. 5d). Moreover, other species such as Eurasian wryneck (*Jynx torquilla*), white wagtail (*Motacilla alba*), house sparrow (*Passer domesticus*), Eurasian nuthatch (*Sitta europaea*), and great spotted woodpecker (*Dendrocopos major*) visited boxes. No nesting of any bird species was recorded from September to February, although birds visited smart boxes sporadically and for a short time, or regularly (e.g., using boxes as overnight roosting locations) throughout the whole year.

### Modifications of box wooden construction

In 2018, we modified the SNBox wooden construction to accommodate nesting by common swift (*Apus apus*; Fig. 5h) and little owl (*Athene noctua*), and we recorded that both species visited (but not immediately nested in) the boxes soon after the SNBox installation.

### Data acquisition

The 51 SNBoxes were in operation for 18,533 d (521  $\pm$  261 d for each model 2.0 SNBox, and 75  $\pm$  16 d for each model 3.0 SNBox). These SNBoxes recorded and transferred data on 16,776 nest box-days (89.9% of installed days, 472  $\pm$  239 d per model 2.0 SNBox and 67  $\pm$  17 d per model 3.0 SNBox). The speed of a host's Internet connection was crucial for determining the performance of a SNBox. Specifically,



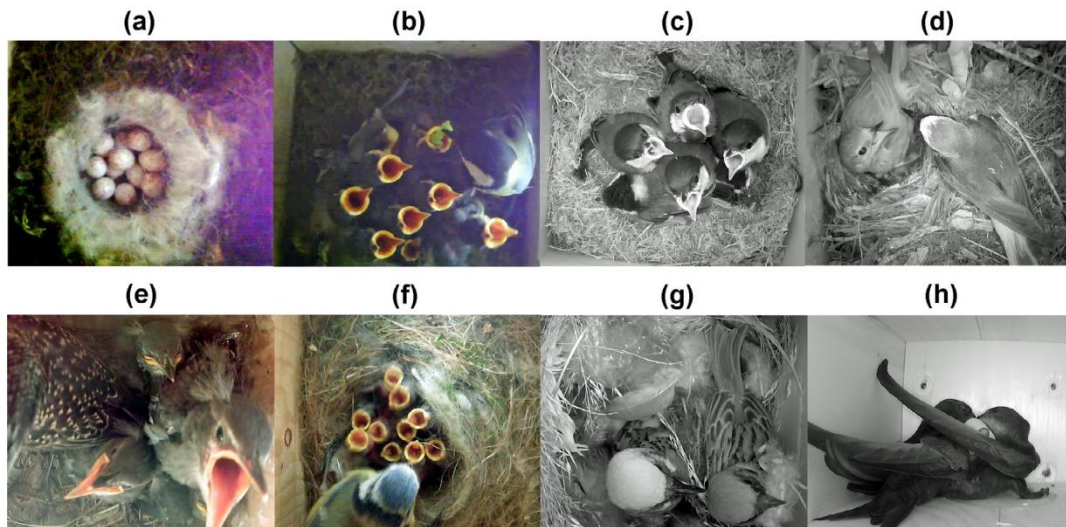


Fig. 5. Examples from videos recorded by the camera system of the SNBox: still image of (a) a clutch of great tit (*Parus major*) eggs, (b) a parent great tit feeding the nestlings, (c) great tit nestlings, and (d) an incubating female and male parent common redstart (*Phoenicurus phoenicurus*) recorded by the model 3.0 camera system. Photograph of (e) begging nestling European starlings (*Sturnus vulgaris*), (f) Eurasian blue tit (*Cyanistes caeruleus*) nestlings with a parent, (g) parents of Eurasian tree sparrow (*Parus montanus*) with the nest material, and (h) courting common swifts (*Apus apus*) recorded by the model 2.0 camera system.

we found data recording and transfer most often failed due to insufficient Internet bandwidth (50% of failure days). A minimum upload bandwidth of 6 Mb/s was needed for successful live-stream transmission to the server, and 2–3 Mb/s average speed was required to submit a day's collected data to the server overnight. A local data storage capacity of 16 GB was sufficient for video recordings of all daily activities in every nest. However, at the hosting localities where Internet bandwidth fell below the minimum requirements noted above, the video records started to accumulate in local data storage, and when storage capacity was exceeded, the SNBox started to behave unexpectedly. Connection speed and upload limits were mainly important during the nestling and fledgling periods as parental activity (mainly feeding frequency) increased. Another reason for failure of the system was the interruption in either the supply of Internet or power connection to a SNBox from the hosting site (40% of failures). In rare cases (10% of failures), the camera system failed due to inclement weather or insect activities. For

example, water penetrating into one Ethernet cable caused a short on the power supply or insect larva blocked the IR light activity detector initially causing false detections and ultimately no detections. However, we were able to detect system failures rapidly (systems sent automated status reported every 12 min) using real-time monitoring software.

From April 2016 to June 2018, a total 631,331 short video recordings (each record usually 30 s in duration) totaling 8649 GB were remotely transmitted from the 51 smart boxes. On average, 60.1 (SD = 124.6) and 809.3 (1696.8) video recordings, that is, 0.8 (1.6) and 11.1 (23.4) GB in size, were transmitted from each box per day and month, respectively (Fig. 6a, b). Video recordings from all SNBoxes were transmitted automatically every day starting at 22:00 (local time), and all submitted video recordings were published on the project's website with a one-day delay. Installed SNBox locations were represented as icons on an interactive map (yellow for model 2.0 and red for model 3.0; Fig. 4a) referencing to the SNBox details, including a list of all

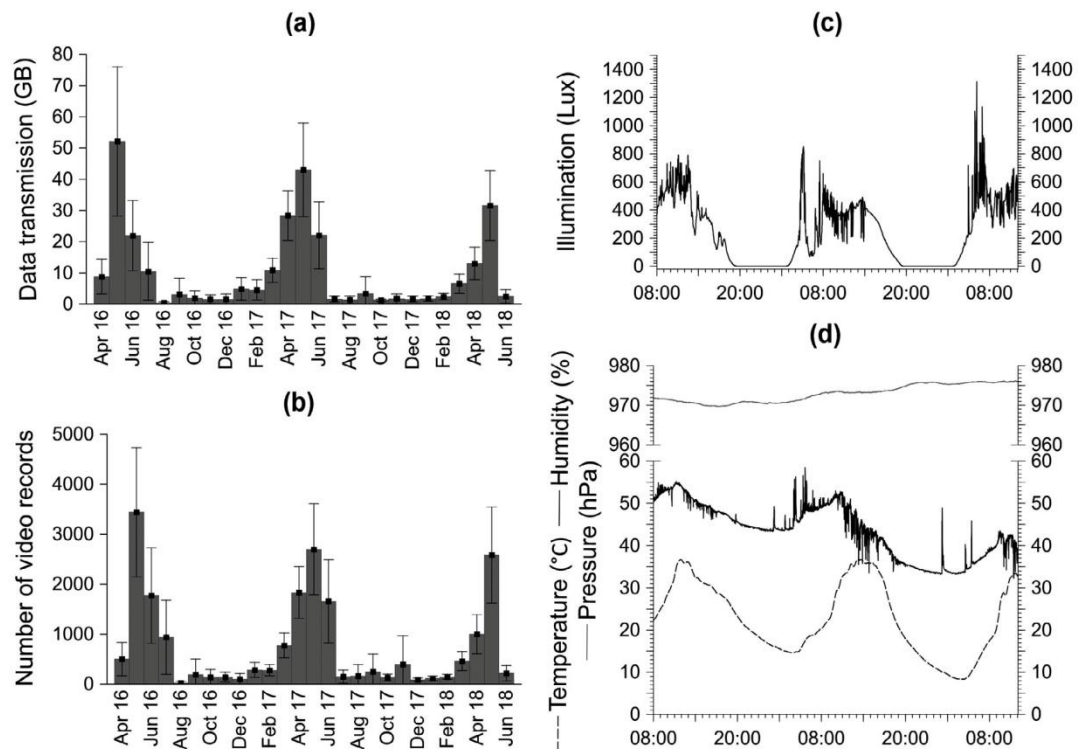


Fig. 6. Rates of data acquisition using SNBoxes and examples of data collected by environmental sensors embedded in the SNBox. (a) Mean monthly volume of data (GB) and (b) the number of video recordings transmitted from each SNBox (mean  $\pm$  SD) to the university server between April 2016 and June 2018. Examples of data recorded by environmental sensors in one model 3.0 SNBox (at 30-s intervals) from 29 May (08:00) to 1 July (12:00); (c) illumination intensity (Lux), and (d) temperature ( $^{\circ}$ C), air pressure (hPa), and humidity (%).

video recordings (animal activities) categorized by date and displayed by thumbnails (Fig. 4b), and nest statistics. Model 3.0 live streams were published on the website, and model 2.0 live streams were provided via gstreamer to host sites only. Anybody could watch or download any video recording, and all material presented was freely available to the public.

#### Video recording quality

Generally, the quality of video was sufficient for extracting desired biological information but it was sometimes less suitable for comfortable watching due to the low light levels inside the nest boxes. The video quality mainly fluctuated due to varying light conditions during the daytime, depending on bird species, and the nesting phase. Monochrome video provided bright and

clear picture while color videos were often dark, especially during dawn and dusk when low levels of natural light occurred but before being dark enough to trigger the camera to turn on its IR lighting. Bigger and darker birds (e.g., European starlings) absorbed large portions of light inside the box, which resulted in lower-quality video recordings. In bird species that build high nests (e.g., Eurasian tree sparrows), the nest material almost completely covered the translucent windows in the sides of boxes, which limited the input of daylight into the box. Finally, objects relatively close to the ceiling were also blurred due to the distance at which cameras' focus had been set.

We found different limitations for the video quality in the models 2.0 and 3.0 as results of using of different types of cameras (with different



video format) and computer units. In particular, neither of the camera types allowed control of the IR lighting or automatic focusing. The model 3.0 camera produced significantly darker daytime video than model 2.0 camera, although we tried to optimize the camera settings for gain, brightness, and contrast. On the other hand, during nighttime video recording, when IR lighting was switched on, the model 3.0 boxes' cameras produced video of higher quality thanks to their higher frame rate (30 vs. 6 fps). In the model 2.0 SNBox, jerky and motion-blurred video recordings were produced (mainly when older nestlings moved rapidly) due to low video frame rate caused by insufficient processing power of the computer unit and the camera video format. As a result, model 3.0 cameras produced smooth but sometimes dark video recordings (Video S1), while model 2.0 records were brighter but jerky and motion-blurred (Video S2).

#### *Environmental sensors*

Together with each video recording, we collected the information on the external temperature (°C), relative humidity (%), air pressure (hPa), and light intensity (Lux; Fig. 6c) from the sensors of model 3.0 SNBoxes and recorded external temperature (°C), light intensity index (dimensionless values), and inside temperature from the model 2.0 SNBoxes' sensors. In addition to recording environmental data each time a video recording was made, these same environmental measures were made at 30-s intervals even when the camera was not activated.

Based on examining these environmental data, we realized that the appropriate placement of some environmental sensors requires testing in order to insure that sensors are recording the information that is required. As one example, we found that the hygrometer in the model 3.0 SNBoxes was not recording the information that we had assumed. Specifically, we found that measurements of relative humidity increased with increasing temperature (Fig. 6d), while we expected that relative humidity would correlate negatively with temperature. Ad hoc testing after we removed the protective wooden plank covering the sensors and their circuit board produced the results that we had expected. As a second example, measurements from sensors in the model 2.0 were technically reliable; however, the

location of external temperature and light sensors, on the sidewall of the SNBox, resulted in variation in measurements both within and among nest boxes as a result of proximity of vegetation blocking light to varying extents.

#### *Biological data*

We gathered a huge collection of video data that provided us with a wide range of biological information on bird nesting activities and behaviors over time (Fig. 5; Videos S1, S2). We obtained information such as clutch size, the duration of nest building, egg incubation, hatching and fledgling periods, as well as clutch and brood attentiveness (i.e., the proportion of time that eggs were incubated and nestlings brooded by parents), feeding rate, and hatching and fledgling success. We also monitored covering of the clutch with nest material during incubation off-bouts, eating and removing nestling fecal sacs by parents, sibling competition between nestlings and fledglings, and parental communication and cooperation. We were able to determine the composition of nestling material, as well as the prey items brought by parents to their nests with varying degree of precision and levels of taxonomic resolution. For example, based on preliminary video processing of two nests monitored by the model 2.0 SNBoxes, we determined the development stages (i.e., larva or adult) and taxonomic group for 45.0% and 24.2% of all food items in a nest of great tit and European starling, respectively (Table 2). We also found that European starling parents delivered to their nestlings multiple food items at once, while great tit brought separate prey items. Finally, the SNBox allowed us to monitor animal activities inside the box throughout the whole year, thus including avian roosting activities. To date, the processing of video recordings has been manual, although we are exploring the potential for automating some of this processing (see *Discussion*).

#### *Educational opportunities*

Information from our nest boxes was also turned into educational materials and enabled members of the general public to build a better understanding of the natural world, and of scientific research. For example, the teachers at elementary or middle schools introduced live

Table 2. The precision and the levels of taxonomic resolution of food items delivered by different bird species to the SNBoxes that were achieved based on human manual identification.

Class/subclass and order/ suborder/superfamily/family	Great tit						European starling					
	Number	%	Larva	%	Adult	%	Number	%	Larva	%	Adult	%
Insecta/Pterygota	195	39.7	194	39.5	1	0.2	243	6.4	218	5.7	25	0.7
Coleoptera							3	<0.1	1	<0.1	2	0.1
Coleoptera: Cantharidae	1	0.2			1	0.2						
Coleoptera: Chrysomelidae	1	0.2	1	0.2								
Coleoptera: Curculionidae	3	0.6			3	0.6						
Dermaptera	1	0.2			1	0.2						
Diptera							430	11.3	428	11.2	2	0.1
Diptera: Bibionidae	1	0.2			1	0.2						
Diptera: Bombyliidae	2	0.4			2	0.4						
Diptera: Brachycera	7	1.5			7	1.4	2	<0.1			2	0.1
Diptera: Nematocera							2	<0.1			2	0.1
Diptera: Tipuloidea	1	0.2			1	0.2	46	1.2	2	0.1	44	1.2
Ephemeroptera							3	<0.1			3	0.1
Hemiptera: Heteroptera	1	0.2			1	0.2						
Hemiptera: Pentatomidae	1	0.2			1	0.2						
Hymenoptera: Apoidea	3	0.6			3	0.6						
Hymenoptera: Ichneumonidae	1	0.2			1	0.2						
Lepidoptera/Hymenoptera	1	0.2	1	0.2								
Lepidoptera	2	0.4			2	0.4	150	3.9			150	4.1
Lepidoptera: <i>Agrotis exclamationis</i>							22	0.6			22	0.6
Lepidoptera: Lycaenidae							2	<0.1			2	0.1
Lepidoptera: Nymphalidae							1	<0.1			1	<0.1
Odonata							2	<0.1	2	0.1		
Odonata: Zygoptera							2	<0.1			2	0.1
Orthoptera	1	0.2			1	0.2						
Orthoptera: Caelifera							1	<0.1			1	<0.1
Gastropoda	1	0.2										
Stylommatophora	1	0.2										
Malacostraca												
Isopoda							3	<0.1				
Chelicerata	1	0.2										
Araneida	40	8.2					5	<0.1				
Araneida: Pholcidae	3	0.6										
Araneida: Thomisidae	1	0.2										
Opilionida	1	0.2										
Annelida												
Oligochaeta							5	<0.1				
Unidentified	221	45					2885	75.8				
Total	491	100	195	39.7	26	5.3	3807	100	651	17.1	258	7.1

Notes: Examples of food types (both developmental stages and taxonomic groupings) delivered by great tit (*Parus major*) and European starling (*Sturnus vulgaris*) parents to their nestlings during the incubation period (N = 19 d, N = 1 nest) and the incubation and nestling period (N = 37 d, N = 1 nest), respectively.

video streaming of bird nesting on interactive screens or laptops into lessons on the environment and biology (Fig. 4c, d). Schoolchildren painted pictures, wrote bird stories, and created handcrafts about birds, and older students created video clips about bird nesting and

helped to produced wooden nest boxes. Finally, schoolchildren with alternative home schooling and university students analyzed video data to gain biological information about nesting process, and while schoolchildren presented the results in their classrooms and in public,



university students used these data in their bachelor and master theses.

## DISCUSSION

Animal video monitoring is an important methodological tool for acquiring reliable information on ecology and behavior of animals in their natural environments, for relatively low financial cost and human effort. While off-the-shelf camera systems are readily available, we have shown here that the extra effort of developing a custom-designed camera system and related networking infrastructure can both greatly expand the range of data collected and facilitate facets of data management that include the following: sharing audiovisual information in real time and retrospectively, filtering the live stream of video to only store segments of interest, remotely managing camera systems, and integrating all forms of data within a comprehensive data storage system. Our own principal design goal was to create a system in which audiovisual information could be shared for research as well as educational purposes. Below, we discuss the major design decisions that we made in developing our system, provide examples of potential research and educational uses of these data, and offer suggestions regarding the trade-offs involved in designing any such system.

### *Designing a system to match research objectives*

In designing our own third-generation SNBox system, we wanted to place our camera systems in urban areas, for both research and educational purposes. We will use the example of urban ecological research in order to present examples of how starting with research and educational objectives led us to design our current SNBox system. Urbanization affects many aspects of birds' environments: vegetation type and structure (Chamberlain et al. 2009, Bailly et al. 2016), climate (Charmantier et al. 2008, Irons et al. 2017), biogeochemical cycles (Ligeza and Smal 2003), water and atmosphere contamination (Bauerová et al. 2017), the availability of food source (Isaksson and Andersson 2007, Chamberlain et al. 2009), light (Titulaer et al. 2012, Dominoni et al. 2014), noise (Shannon et al. 2016, Injaian et al. 2018) pollution, and

biodiversity including predator community structure (Sandström et al. 2006, Chamberlain et al. 2009). Nest box cameras, by themselves, readily provide information relevant for research into effects of urbanization that includes investigations of the structure of diet including prey type and prey size (Nour et al. 1998, Garcia-Navas and Sanz 2011); parental time investment in incubating eggs or brooding nestlings (Tripet et al. 2002, Matysioková and Remeš 2010), feeding rate, and nest-visitation rate (Isaksson and Andersson 2007, Titulaer et al. 2012); and sibling competition (Neuenschwander et al. 2003). Any camera of reasonable resolution would be able to gather data appropriate for research into the topics listed above. However, our decision to network our SNBoxes and especially to automate data management made the images a readily accessible source of data with which we could engage undergraduate students in research projects in urban ecology such as an examination in diet shift in which urban great tits were found to react to increased food demand from their nestlings by bringing greater proportions of a non-native and invasive *Cydalima perspectalis* larva that contain toxic alkaloids, documenting reductions in incubation time with warmer environmental conditions, and revealing adjustments in the types of nest material used in relation to its availability in local area (M. Zárbynická, unpublished data). The use of wired Internet and power connections also allowed us to operate our SNBoxes year-round with very little ongoing cost, enabling us to document the use of nest boxes outside of the nesting season as roosting sites (Fig. 6a, b). Systematic accumulation of anecdotal uses of nest boxes as winter roost would through time allow the examination of behavioral decisions regarding overnight roosting sites, for example, with variation in thermal and light environment (Villen-Perez et al. 2014).

Research into topics such as the effects of ambient temperature on incubation rhythm or winter roosting depends on the collection of ancillary data that complement the camera images. The ability to have such ancillary data collected and managed by the same system that acquires and manages images is another benefit of working with the system that we designed. We have already incorporated a variety of environmental sensors in the system such as a



thermometer, hygrometer, barometer, magnetometer, luxmeter (light-level measurements), and an external microphone (for noise pollution measurement). These sensors together cost only roughly \$40 per nest box. The range of sensors can be extended or modified according to research objectives, by incorporating sensors that measure environmental features such as precipitation, wind, NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, LPG, and dust. In addition to environmental measurements, other sources of ancillary data can be gathered. For example, we have matched information on the identities of boreal owls with their images based on attaching PIT tags on boreal owls and incorporating an RFID tag reader into the entrance of our first generation of SNBox (Zárybnická et al. 2016). We have also designed and developed a scale to weigh nest contents and an infrared thermometer for contactless measurement of temperature of the clutch and nesting material (Šálek and Zárybnická 2015), as well as the external speaker connected to the computer unit in order to conduct acoustic experiments (Injaian et al. 2018).

More important than any of the specifics of these examples are three general observations. First, there are potentially major benefits to creating a custom-designed nest box monitoring system in that research objectives can be allowed to drive design in order to collect data that are better matched to research objectives. Second, a custom-designed system can facilitate data management post-collection: Images and ancillary data can be automatically tagged to allow the various sources of data to be associated with each other. Third, with a real-time Internet connection all of these data can be automatically uploaded to and stored within a database management system, thus eliminating the potentially substantial costs of human effort in manual data management.

#### *Designing a system to match educational objectives*

The educational potential of information from our SNBoxes was a major motivation behind the nest box system that we designed. Non-invasive remote monitoring of nests only required the installation of a SNBox, allowing individual people to develop a connection with research by

hosting a SNBox as long as they can provide a site and Internet connection for a SNBox location. Outputs from video monitoring provide even greater opportunities for formal and information education. We have used output from our SNBoxes to enable teachers at schools of all grades to introduce educational materials such as live video streams and video recordings during science lessons. These materials were used by teachers to supplement generic textbook information with real-life bird observations. These school activities varied with student ages and included creating pictures, stories, handcrafts, and video clips, as well as the extraction of biological information from video recordings and its presentation in classrooms (for details, see Zárybnická et al. 2017). Students in more advanced grades at vocational training schools have developed their technical skills in material, machining, and producing documentation in the course of making wooden boxes used for our SNBox system.

We also saw outputs from our SNBoxes being used in a range of informal education settings. Most basically, to date over 50,000 unique individuals or groups from over 100 countries have viewed the live streaming or archived videos, based on Google Analytics. Teenaged students engaged in at-home educational activities that included extracting biological information from video recordings and making public presentations including amateur ornithological conferences and on television news programs. The use of output from the SNBoxes is not, however, limited to educational institutions. Other organizations such as hospitals and other healthcare services have installed the SNBoxes on their grounds and use the systems to engage a wide audience and provide opportunities for disabled and disadvantaged people within a citizen science project.

All of the potential educational uses, both formal and informal, rely on readily accessible output from nest box cameras, which enables people to connect with nature wherever they have access to network infrastructure. While locally networked cameras only allow this opportunity within host's premises, sharing information through the Internet enables for far wider educational benefits.

### *Custom designing nest boxes for camera systems*

Even the design of the nest box itself needs to be evaluated for use with a camera system. The standard nest boxes used for studies of cavity-nesting bird species (Vaugoyeau et al. 2016) require that the camera and related electronics are mounted outside of a typical nest box (Prinz et al. 2016). We made the decision to create custom-designed wooden nest box in order to protect the whole camera system against inclement weather conditions (e.g., rain, sunlight), dust, insect activities, and human interference (i.e., vandalism, theft). Given a basic design of the housing of sensor and computer systems, boxes can be adapted to the needs of individual bird species. We developed specialized wooden bird boxes for nesting common swift and little owl that were occupied soon after their installation. Custom designing of nest boxes also allowed us to place environmental sensors where we wanted them to be, although we found through experience that sensor placement needs to be planned carefully (see *Results*, above, for details). Custom designing our nest boxes also allowed us to embed a small frosted window to illuminate the interior with natural light and allow our camera to record in color rather than monochrome while avoiding the need for artificially illuminating the interior of the nest box. Although the construction of our custom-designed SNBox increased the cost of the nest box (the approximate cost of a single nest box was \$60), we found the benefits in the form of easier hardware maintenance when the SNBox was installed in the field, and the greater protection of electronics allowed our system to operate throughout the year under all weather conditions to which the boxes were subjected.

### *Custom-designed computer unit*

Central to our design for the SNBox was our decision to base the electronic systems around a custom-designed embedded computer with a relatively sophisticated microprocessor (see *Materials and Methods*, above, for details). By doing so, we were not constrained by any limitations imposed by hardware and software in lower-cost, off-the-shelf systems (Prinz et al. 2016). The most expansive component of our system was the custom-designed computer unit (\$350), used in lieu of a cheaper single-board computer such

as the Raspberry Pi (\$35). The Raspberry Pi is primarily designed for learning of electronics programming rather than professional applications (for details, see <https://www.raspberrypi.org>). Thus, these inexpensive devices have the following limitations: no on-board memory for storage, no possibility to run Linux and a real-time operating system (RTOS) in parallel (allowing the combined advantages of a feature-rich operating system together with minimum latencies and full control of a real-time operating system), no real-time clock, limited hardware inputs/outputs, unreliable physical connectors without locks, no optimization for low power consumption, no qualification for operation under challenging environmental conditions (e.g., below 0°C), potential challenges for finding suitable housing, and lack of guarantee of long-term support and production (production is only guaranteed through 2023; see <https://www.raspberrypi.org>).

We also greatly appreciated the flexibility that our SNBox computer enabled for configuring the timing of active operation (i.e., continuous operation or operation during a subset of time each day) and lengths of archived video clips, as well as the possibility of equipping each nest box with either one or two cameras. We could remotely set and adjust video recording for specific species and tasks. For example, we could set the duration of video recordings to balance between constraints of finite local data storage capacity and the amount of biological information that we wanted to collect, and we adjusted this setting through the course of nesting attempts (i.e., from nest building and egg laying to fledgling period). We could also decide whether to use the door camera pointed toward the nest box entrance and/or the floor camera viewing nest area at any point in the nesting cycle. The door camera was usually more appropriate for gathering information on larger bird species, such as boreal owl, that spent some time (usually about 1–2 s) in the nest box entrance while transferring prey to its mate inside the box, while the floor camera view of nest content for owls was limited because a parent owl usually covered the nestlings, eggs, and prey with its body (Zárybnická et al. 2016). In contrast, floor cameras were more suitable for monitoring small passerine birds that usually entered the nest box rapidly with no time spent



at the nest box entrance, and bird activities, including food handing and feeding the nestlings, were more reliably seen from above.

#### *Criteria for camera selection*

We found that the choice of camera modules requires careful consideration, for multiple reasons. The type of camera influenced the quality of video and format in which video was encoded, the latter affecting compatibility with video player software. In two SNBox models, we used two similar types of commercial cameras from the same supplier that differed only in video encoding and factory calibration. Overall, both camera models produced video of sufficiently high quality to gathering required biological information. However, each of the two models that we used had some limitations related to the quality of data that were available. First, neither of the cameras was capable of automatic focusing and only manual focusing in situ was possible, which prohibited adjustment of the picture sharpness in the course of a nesting attempt. Both camera models were hardwired to begin using IR lighting (and recording of video in monochrome) at unalterable levels of available light. The result was overly dark video being produced at dawn and dusk, when low levels of natural light occurred while the IR lighting was turned off. There was no documented way for user configuration of the light level at which IR illumination would start. Further, the camera module used in the second version of our nest boxes produced jerky and motion-blurred video, mainly when older nestlings moved quickly. This problem was caused by a combination of the camera's native video format and insufficient computing power of the computer unit (model 2.0) for transcoding the video into a different format at a sufficiently high frame rate. Additionally, it was only possible to transcode the stream to the MJPEG video format, which had to be further transcoded on the server to H.264 video for publishing on our website. This issue led us to upgrade both hardware and software in the third version of the SNBox. The newer camera module (model 3.0 SNBox) produced higher-quality video due to the higher frame rate of 30 fps, which additionally was already encoded in the widely supported H.264 codec. However, the newer camera module, although featuring the

same image sensor, produced darker video due to different calibration in the factory. While we have not yet found an ideal camera module, it is clear that there are multiple factors that need to be taken into consideration when choosing an appropriate camera module: maximum resolution and frame rate, output video format, control interface, sensor chip sensitivity, day/night mode switching, IR lighting and its control options, lens focusing, the presence of an embedded microphone, and housing. For future development, we would like to find a camera module in which we could alter the configuration of the day/night camera sensor to turn the IR lighting at higher levels of ambient light. We could also try to find a camera with even more sensitive sensor. Alternatively, we would dispense with recording color video entirely, as the monochrome recordings were of superior quality for most of our intended uses.

#### *Power input and data output*

Although our SNBox system was relatively expensive to design and produce (see *Materials and Methods*, above, for details), it has provided continual live streaming, extensive video material on breeding and roosting phenology of birds, and a variety of ancillary data on local environmental conditions and animal phenology. The costs for off-the-shelf camera technology would be substantially lower; however, such systems would never provide such a wide range of research and educational opportunities as a custom-designed system such as ours. Here, we consider trade-offs between use of off-the-shelf camera and custom-designed systems and provide suggestions for different strategies in (1) data acquisition and (2) system powering. We are treating these two together, because in our experience they are interrelated.

Off-the-shelf camera systems have the advantage of providing a fast and simple technical solution requiring no specific technological modifications of devices, allowing continual video monitoring (or monitoring during a subset of time each date) potentially with the addition of a motion detector or IR lighting which are widely available in commercial camera traps (Trolliet et al. 2014). Off-the-shelf systems are also convenient when there is no need for data archiving (i.e., only live streaming), or any archives are

small and data management can be performed manually. Examples of uses fitting these constraints are for individuals and the public who want live streaming of bird nesting (e.g., View Nesting Birds portal; see <https://www.viewbirds.com>), or researchers who collect limited biological data, such as estimating animal distribution using camera traps (Trolliet et al. 2014), or feeding rates of nesting birds using video filming (Nour et al. 1998). In contrast, the custom-designed camera technology is more appropriate for researchers who need specific data (e.g., high-speed video recording; Rico-Guevara and Mickle 2017) or require complex biological data (Matysioková and Remeš 2010, Zárbybnická et al. 2016) from either long-term monitoring in natural environmental conditions or the collection of data additional to video.

Both off-the-shelf and custom-designed systems can be powered by electricity from different sources (i.e., directly from electrical networks or stand-alone) and use different processes for moving data from systems into a data archive (i.e., through Internet-connection or offline, manual transfer). Stand-alone camera monitoring typically uses battery powering and is necessary in areas without power source availability, such as for monitoring species living in forest and non-urban habitats. Such systems are usually operated offline, that is, without Internet connectivity (Bolton et al. 2007, Cox et al. 2012). This typically leads to the need to download the data in situ manually and regular battery replacement (usually each 5–8 d; Bolton et al. 2007, Zárbybnická et al. 2016), either of which can disturb nesting birds. Offline systems do save the costs for connectivity and cloud services, although they prevent the sharing of data via Internet in real time and increase costs for regular field maintenance. The decision to use stand-alone camera systems has to balance between biological profit and financial costs for field maintenance that likely will limit the range of research activities in time and space (e.g., only during nesting period of birds and in a limited area). We believe that in the future, the principal challenge for developing offline systems will be in adapting them for use with affordable alternate power sources such as solar cells for recharging batteries. Among the requirements will be dealing with low light levels as would be found in forest habitat, the

larger physical sizes of systems, and the resultant potentials to attract undesirable human attention or distract animals.

We believe that the Internet-connected camera systems, based on a wired or wireless connectivity, allow for the greatest flexibility for monitoring animals in nest boxes. This approach currently requires relatively high costs for initial development and technical support that must be balanced with multiple benefits for researchers and other people as well as the animals being monitored. Internet-connected nest box systems do impose specific technological and infrastructure challenges. In particular, we found that the availability of a reliable Internet connection is critical. The main reason for the failures of our SNBoxes (they were unavailable only 10% of the time) was most often the result of unstable or low speed of local Internet connection (50% of instances). Thus, the quality of Internet connection should be assessed prior to planning to use Internet-connected systems, and simultaneously, automated health monitoring software should be deployed, as we found it very efficient for detecting system failures. In future developments, wired Internet connections could be replaced by wireless (e.g., WiFi or GSM network) data transmission. The technical challenges to overcome in order to make this practical include the following: speed of wireless connection that can vary through time, increased power consumption, and limitations of cellular data transmission rates in more remote areas. The transmission of large volumes of cellular data can also be relatively expensive.

Even where wired electrical and data transmission is possible, the distance from a power or network connection is limited. Wire-connected systems cannot be too distant from a power socket (e.g., Power over Ethernet is usually limited to 100 m due to Ethernet protocol limits), their installation is more complicated, and cables can be interrupted (40% of failures of our camera system were caused by the physical interruption of cable connectivity). Further, potential safety issues might exist without careful design, such as issues of property safety (e.g., missing galvanic isolation might be an issue), and network system security for the data-management system could potentially be compromised as authentication mechanisms are not common in cable networks.



The safety and security issues could be resolved with appropriate hardware and software development.

#### *Future development*

In this paper, we have considered the challenges involved in acquiring and sharing video and other information with which to study nesting birds. We anticipate that the greatest future challenges will be in turning the raw video into useful biological information. First, data storage needs to be considered given the large volumes of data that can be collected (we collected 8649 GB of video data over 16,776 observational days). General-purpose cloud service such as Microsoft Azure or Amazon Drive may prove to be the most practical solution, although potentially high costs of downloading data from cloud archives need to be considered carefully. We suspect that data processing will be more challenging than data archiving. The costs and benefits of human processing of raw data need to be explored, including the potential use of well-established crowdsourcing platforms such as Amazon's Mechanical Turk (Buhrmester et al. 2011), Prolific Academic (Peer et al. 2017), or the citizen-science-oriented Zooniverse (Borden et al. 2013). The costs and benefits of human processing need to be weighed against the development of automated processing pipelines for this same information, such as the use of machine vision algorithms for the automatic classification of the video content (Weinstein 2018). We believe that automation could facilitate extraction of data on such features as the number of eggs and nestlings, and the type of food and bird activity.

More generally, we see the development of custom-designed data-collection systems, coupled with methods for processing the large volumes of data that can be collected, having wider applicability in population ecology. This is especially true as the intended scale, either spatial extent or time period, increases. In this context, the specific decisions that we have made in the design of our SNBox system are illustrations of the need to think about all aspects of an entire system, from defining goals, to identifying components of a system, through to careful consideration of the specifications of each component in a system.

#### ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to P. Junek for the help with developing the project's website. We also thank J. Kubiznák, J. Bartoška, and V. Hlaváč for technical support; J. Hruška for designing the project's logo and website; J. Hlaváčová, R. Kocis, M. Vašica, E. Bernardová, L. Vanická, M. Baníková, M. Šejnová, Z. Borna, and other host's applicants for their assistance with the SNBox installation; V. Kerdová, A. Králíková, and other students for the help with data analyses; and M. Hrdý for video montage. This study was funded by the Operational Programme Prague – Growth Pole of the Czech Republic (CZ.07.1.02/0.0/0.0/16\_023/0000111), the Czech University of Life Sciences Prague (CIGA 20144203, 20164202, 20174203), and Česká spořitelna a.s. (99200/1710/7133).

#### LITERATURE CITED

- Bailey, J., R. Scheifler, S. Berthe, V. A. Clement-Demange, M. Leblond, B. Pasteur, and B. Faivre. 2016. From eggs to fledging: negative impact of urban habitat on reproduction in two tit species. *Journal of Ornithology* 157:377–392.
- Balmford, A., L. Clegg, T. Coulson, and J. Taylor. 2002. Why conservationists should heed Pokémon. *Science* 295:2367.
- Bauerová, P., J. Vinklerová, J. Hraníček, V. Čorba, L. Vojtek, J. Svobodová, and M. Vinkler. 2017. Associations of urban environmental pollution with health-related physiological traits in a free-living bird species. *Science of the Total Environment* 601:1556–1565.
- Bolton, M., N. Butcher, F. Sharpe, D. Stevens, and G. Fisher. 2007. Remote monitoring of nests using digital camera technology. *Journal of Field Ornithology* 78:213–220.
- Borden, K. A., A. Kapadia, A. Smith, and L. Whyte. 2013. Educational exploration of the Zooniverse: tools for formal and informal audience engagement. Pages 101–116 *in* J. Barnes, C. Shupla, J. G. Manning, and M. G. Gibbs, editors. *Communicating science: a National Conference on Science Education and Public Outreach*. Astronomical Society of the Pacific, San Francisco, California, USA.
- Buhrmester, M., T. Kwang, and S. D. Gosling. 2011. Amazon's Mechanical Turk: a new source of inexpensive, yet high-quality, data? *Perspectives on Psychological Science* 6:3–5.
- Chamberlain, D. E., A. R. Cannon, M. P. Toms, D. I. Leech, B. J. Hatchwell, and K. J. Gaston. 2009. Avian productivity in urban landscapes: a review and meta-analysis. *Ibis* 151:1–18.



- Charmantier, A., R. H. McCleery, L. R. Cole, C. Perrins, L. E. B. Kruuk, and B. C. Sheldon. 2008. Adaptive phenotypic plasticity in response to climate change in a wild bird population. *Science* 320:800–803.
- Cox, W. A., M. S. Pruett, T. J. Benson, S. J. Chiavacci, and F. R. Thompson III. 2012. Development of camera technology for monitoring nests. Pages 185–209 in C. A. Ribic, F. R. Thompson, and P. J. Pietz, editors. *Video surveillance of nesting bird. Studies in Avian Biology*. University of California, Oakland, California, USA.
- Cutler, T. L., and D. E. Swann. 1999. Using remote photography in wildlife ecology: a review. *Wildlife Society Bulletin* 27:571–581.
- Dominoni, D. M., E. O. Carmona-Wagner, M. Hofmann, B. Kranstauber, and J. Partecke. 2014. Individual-based measurements of light intensity provide new insights into the effects of artificial light at night on daily rhythms of urban-dwelling songbirds. *Journal of Animal Ecology* 83:681–692.
- García-Navas, V., and J. J. Sanz. 2011. The importance of a main dish: nestling diet and foraging behaviour in Mediterranean blue tits in relation to prey phenology. *Oecologia* 165:639–649.
- Injaian, A. S., C. C. Taff, and G. L. Patricelli. 2018. Experimental anthropogenic noise impacts avian parental behaviour, nestling growth and nestling oxidative stress. *Animal Behaviour* 136:31–39.
- Irons, R. D., A. H. Scurr, A. P. Rose, J. C. Hagelin, T. Blake, and D. F. Doak. 2017. Wind and rain are the primary climate factors driving changing phenology of an aerial insectivore. *Proceedings of the Royal Society B-Biological Sciences* 284:20170412.
- Isaksson, C., and S. Andersson. 2007. Carotenoid diet and nestling provisioning in urban and rural great tits *Parus major*. *Journal of Avian Biology* 38:564–572.
- Ligeza, S., and H. Smal. 2003. Accumulation of nutrients in soils affected by perennial colonies of piscivorous birds with reference to biogeochemical cycles of elements. *Chemosphere* 52:595–602.
- Madhvaraj, M., and D. Manjiah. 2017. Challenges, issues and applications of internet of things. Pages 231–243 in D. Acharjya and M. Kalaselvi Geetha, editors. *Internet of things: novel advances and envisioned applications. Studies in big data*. Springer, Cham, Switzerland.
- Matysiuková, B., and V. Remeš. 2010. Incubation feeding and nest attentiveness in a socially monogamous songbird: role of feather colouration, territory quality and ambient environment. *Ethology* 116:596–607.
- Neuenschwander, S., M. W. G. Brinkhof, M. Kolliker, and H. Richner. 2003. Brood size, sibling competition, and the cost of begging in great tits (*Parus major*). *Behavioral Ecology* 14:457–462.
- Nour, N., D. Currie, E. Matthysen, R. Van Damme, and A. A. Dhondt. 1998. Effects of habitat fragmentation on provisioning rates, diet and breeding success in two species of tit (great tit and blue tit). *Oecologia* 114:522–530.
- Peer, E., L. Brandimarte, S. Samat, and A. Acquisti. 2017. Beyond the Turk: alternative platforms for crowdsourcing behavioral research. *Journal of Experimental Social Psychology* 70:153–163.
- Prinz, A. C. B., V. K. Taank, V. Voegeli, and E. L. Walters. 2016. A novel nest-monitoring camera system using a Raspberry Pi micro-computer. *Journal of Field Ornithology* 87:427–435.
- Reif, V., and R. Tornberg. 2006. Using time-lapse digital video recording for a nesting study of birds of prey. *European Journal of Wildlife Research* 52:251–258.
- Rico-Guevara, A., and J. Mickley. 2017. Bring your own camera to the trap: an inexpensive, versatile, and portable triggering system tested on wild hummingbirds. *Ecology and Evolution* 7:4592–4598.
- Šálek, M. E., and M. Zárbynická. 2015. Different temperature and cooling patterns at the blunt and sharp egg poles reflect the arrangement of eggs in an avian clutch. *PLoS ONE* 10:e0117728.
- Sandström, U. G., P. Angelstam, and G. Mikusiński. 2006. Ecological diversity of birds in relation to the structure of urban green space. *Landscape and Urban Planning* 77:39–53.
- Shannon, G., et al. 2016. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews* 91:982–1005.
- Titulaer, M., K. Spoelstra, C. Lange, and M. E. Visser. 2012. Activity patterns during food provisioning are affected by artificial light in free living great tits (*Parus major*). *PLoS ONE* 7:e37377.
- Tripet, F., M. Glaser, and H. Richner. 2002. Behavioural responses to ectoparasites: time-budget adjustments and what matters to blue tits *Parus caeruleus* infested by fleas. *Ibis* 144:461–469.
- Trollet, F., M. C. Huynen, C. Vermeulen, and A. Ham-buckers. 2014. Use of camera traps for wildlife studies. A review. *Biotechnologie Agronomie Soci-ete Et Environnement* 18:446–454.
- Vaugoyeau, M., et al. 2016. Interspecific variation in the relationship between clutch size, laying date and intensity of urbanization in four species of hole-nesting birds. *Ecology and Evolution* 6:5907–5920.
- Villen-Perez, S., L. M. Carrascal, and O. Gordo. 2014. Wintering forest birds roost in areas of higher sun

- radiation. *European Journal of Wildlife Research* 60:59–67.
- Weinstein, B. G. 2018. A computer vision for animal ecology. *Journal of Animal Ecology* 87:533–545.
- Zárybnická, M., P. Kubizňák, J. Šindelář, and V. Hlaváč. 2016. Smart nest box: a tool and methodology for monitoring of cavity-dwelling animals. *Methods in Ecology and Evolution* 7:483–492.
- Zárybnická, M., P. Sklenička, and P. Tryjanowski. 2017. A webcast of bird nesting as a state-of-the-art citizen science. *Plos Biology* 15:e2001132.

### SUPPORTING INFORMATION

Additional Supporting Information may be found online at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ecs2.2761/full>

Příloha 5. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 2.0) v roce 2016

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
134568	admin@10.0.1.101	Mělník, gymnázium	2016	2.0	Pod Vrchem 3421	SŠ
134569	admin@10.0.1.102	Tyn 2 - u školy	2016	2.0	Žizkova 285	ZŠ
134570	admin@10.0.1.103	Čížová	2016	2.0	Čížová	ZŠ
134571	admin@10.0.1.104	Břevnov	2016	2.0	Bělohorská 226/103	Soukromá ZŠ
134571	admin@10.0.1.104	MŽP	2016	2.0	Vršovická 1442/65	MŽP
134572	admin@10.0.1.105	Náchod	2016	2.0	Komenského 425	ZŠ
134573	admin@10.0.1.106	Týn n V1 - u brány	2016	2.0	Žizkova 285	ZŠ
134574	admin@10.0.1.107	Průhonice - DZ	2016	2.0	Za dálnicí 146	DZ
134619	admin@10.0.1.108	P6 - Lysolaje	2016	2.0	Žákovská 164	ZŠ
134621	admin@10.0.1.109	Světlá nad Sázavou	2016	2.0	Sázavská 547	Akademie
134623	admin@10.0.1.111	Městec Králové	2016	2.0	nám. Svobody 436	ZŠ
134625	admin@10.0.1.113	Slany 1 - jih	2016	2.0	Smetanovo nám. 1310	Gymnázium
134626	admin@10.0.1.114	P5 - Lužiny	2016	2.0	Píškova	soukromý uživatel
134627	admin@10.0.1.115	Polevsko	2016	2.0	Polevsko 167	ZŠ
134638	admin@10.0.1.118	Litvínov	2016	2.0	Sokolská 11	soukromý uživatel
134639	admin@10.0.1.119	Pavlov	2016	2.0	Pavlov	Záchraná stanice
134639	admin@10.0.1.119	Radnice-Skřež	2016	2.0	Radnice	LS ČR
137462	admin@10.0.1.122	Slany 2 - sever	2016	2.0	Smetanovo nám. 1310	Gymnázium
137463	admin@10.0.1.123	Městec Králové	2016	2.0	nám. Svobody 436	ZŠ
137465	admin@10.0.1.125	P5 - Košíře	2016	2.0	Urbanova	soukromý uživatel
137466	admin@10.0.1.126	P10 - Strašnice	2016	2.0	Starostrašnická 120/45	Speciální ZŠ
137468	admin@10.0.1.128	Bukovice	2016	2.0	Bukovice 47	ZŠ

**22 celkem**

Příloha 6. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 2.0) v roce 2017

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
134571	admin@10.0.1.104	Beroun	2017	2.0	Komenského 249	ZŠ
134622	admin@10.0.1.110	P6 - Vokovice	2017	2.0	K lánu 561/8	soukromý uživatel
134627	admin@10.0.1.115	Testcentrum Vinoř	2017	2.0	Na rampách 10	soukromý uživatel
134637	admin@10.0.1.117	Znojmo	2017	2.0	Křížovnická 26	Charita ČR
134639	admin@10.0.1.119	Stráž n N	2017	2.0	Majerova 138	ZŠ
135924	admin@10.0.1.120	P2 - JÚŠ Vyšehrad	2017	2.0	V pevnosti 4	ZŠ a SŠ JÚŠ
137463	admin@10.0.1.123	Břidličná	2017	2.0	Komenského 360	ZŠ
137468	admin@10.0.1.128	Senohraby	2017	2.0	V břížkách 299	Malý zoolog
136082	admin@10.0.1.130	Poznan	2017	2.0	Napoleonska 19	Universita
136083	admin@10.0.1.131	Bydgoszcz	2017	2.0	Glinki 117	ZŠ
136084	admin@10.0.1.132	Vratimov	2017	2.0	Na Vyhliďce 25	MŠ
136088	admin@10.0.1.133	Jehnedno	2017	2.0	Jehnedno 1	soukromý uživatel
136094	admin@10.0.1.134	Lichnov	2017	2.0	Lichnov 360	ZŠ a MŠ
136300	admin@10.0.1.135	Nymburk	2017	2.0	Boleslavská 425	nemocnice
136301	admin@10.0.1.136	P6 - UVN - B - veteran	2017	2.0	U vojenské nemocnice 1200	nemocnice
136302	admin@10.0.1.137	P6 - UVN - C kožní	2017	2.0	U vojenské nemocnice 1200	nemocnice
136303	admin@10.0.1.138	Plzeň	2017	2.0	Republikánská 25	MŠ
137424	admin@10.0.1.139	P10 -Přetlucká	2017	2.0	Přetlucká 51/2252	MŠ

**18 celkem**

Příloha 7. Přehled instalovaných chytrých ptačích budek (model 3.0) v roce 2018

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model
132531E	admin@10.0.1.140	ZŠ T.G.Masaryka	2018	3.0
132534	admin@10.0.1.141	Mníšek pod Brdy	2018	3.0
132535	admin@10.0.1.142	Týn n V3 - ředitelna	2018	3.0
132536	admin@10.0.1.143	MŠ Trhanovské nám.	2018	3.0
132537	admin@10.0.1.144	Velké Přílepy	2018	3.0
132538E	admin@10.0.1.145	La Fontaine School in Warsaw	2018	3.0
132539E	admin@10.0.1.146	Cornellova univerzita, Ithaca, USA	2018	3.0
132540	admin@10.0.1.147	P6 - Lysolaje od 1.4.2018	2018	3.0
132541	admin@10.0.1.148	DDM Ulita	2018	3.0
132542	admin@10.0.1.149	ZŠ Filozofská	2018	3.0
132544	admin@10.0.1.150	ČSO - farma Černuc	2018	3.0
132545	admin@10.0.1.151	ZŠ Tábořská	2018	3.0
132546	admin@10.0.1.152	LHMP Práčská	2018	3.0
136576E	admin@10.0.1.153	SEV Toulcův dvůr	2018	3.0
136721	admin@10.0.1.154	P10 - DINO	2018	3.0
136722	admin@10.0.1.155	Domov PALATA	2018	3.0
136724	admin@10.0.1.157	Týn n V4 - sborovna	2018	3.0
136725	admin@10.0.1.158	Francouzské lyceum do 10.9.2018	2018	3.0
136725	admin@10.0.1.158	METEOCENTRUM VINOŘ	2018	3.0
136726	admin@10.0.1.159	ZŠ Kunratice	2018	3.0

**20 celkem**

Příloha 8. Přehled přeinstalovaných chytrých ptačích budek na jinou lokalitu (model 2.0 i 3.0) v roce 2017, 2018 a 2019

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
134570	admin@10.0.	Třebosice	2018	2.0	Třebosice 10	ZŠ
134571	admin@10.0.	Beroun	2017	2.0	Komenského 249	ZŠ
134619	admin@10.0.	Světlá nad Sázavou	2018	2.0	Sázavská 547	Akademie
137466	admin@10.0.	Dobříš	2018	2.0	Školní 1530	Gymnázium
136082	admin@10.0.	Sedziny	2018	2.0	Parkowa	Universita
136301	admin@10.0.	Martinice	2018	2.0	Martinice v Krkonoších 68	ZŠ a MŠ

**6 celkem**

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
132534	admin@10.0.	Sokolov	2019	3.0	Švabinského 1702	ZŠ
136725	admin@10.0.	ZŠ Na Výsluní	2019	3.0	Kostecká 1750	ZŠ

**2 celkem**



Příloha 9. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2020

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
132544	admin@10.0.1.150	ČSO - Sýčkovník CNC	2020	3.0	Čemuc	ČSO
133156	OFFLINE BATTERY	ČSO - Sýčkovník DKV	2020	3.0	Sloup VN Dražkov	ČSO
133154	OFFLINE BATTERY	ČSO - Sýčkovník HSN	2020	3.0	farma Hospozín	ČSO
133157	admin@10.0.1.160	ČSO - Sýčkovník KLN	2020	3.0	odpadový dvůr Kleneč	ČSO
132536	admin@10.0.1.143	SŽV Amálie	2020	3.0	Amálie 51, 271 01 Ruda	ČZU Lány
134570	admin@10.0.1.103	SŽV Amálie2	2020	2.0	Amálie 51, 271 01 Ruda	ČZU Lány

**6 celkem**

**-4 DEMONTOVÁNO** 132546, 136300, 136301, 132545

Příloha 10. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2021

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
132546	admin@10.0.1.152	SŽV Amálie3	2021	3.0	Amálie 51, 271 01 Ruda	ČZU Lány
132545	admin@10.0.1.151	ZŠ Dr. Edvarda Beneše Čakovice	2021	3.0	Dyjská 715/3, 196 00 Praha	ZŠ MHMP

**2 celkem**

**-7 DEMONTOVÁNO** 136094, 137463, 134568, 136300, 136302, 136303, 132544,

Příloha 11. Přehled instalovaných a demontovaných chytrých ptačích budek v roce 2022

ŘJ č.	IP budky	Lokalita	Rok	Model	Adresa	Subjekt
132536	admin@10.0.1.143	Hostivař - pošta	2022	3.0	Rižská 1580/11, 102 00 Praha 15 - Hostivař	Skaut
139368	admin@10.0.1.164	SEV Toulcův Dvůr2	2022	3.0	Kubatova 32/1, Praha 10 - Hostivař	MHMP
133170	admin@10.0.1.161	Zámek Veltrusy	2002	3.0	Ostrov 59 277 46 Veltrusy	NPÚ
132545	admin@10.0.1.151	ZŠ Dr. Edvarda Beneše Čakovice	2022	3.0	Dyjská 715/3, 196 00 Praha 9 - Čakovice	MHMP

**4 celkem**

**-6 DEMONTOVÁNO** 132546, 134571, 132534, 137468, 132537, 136082

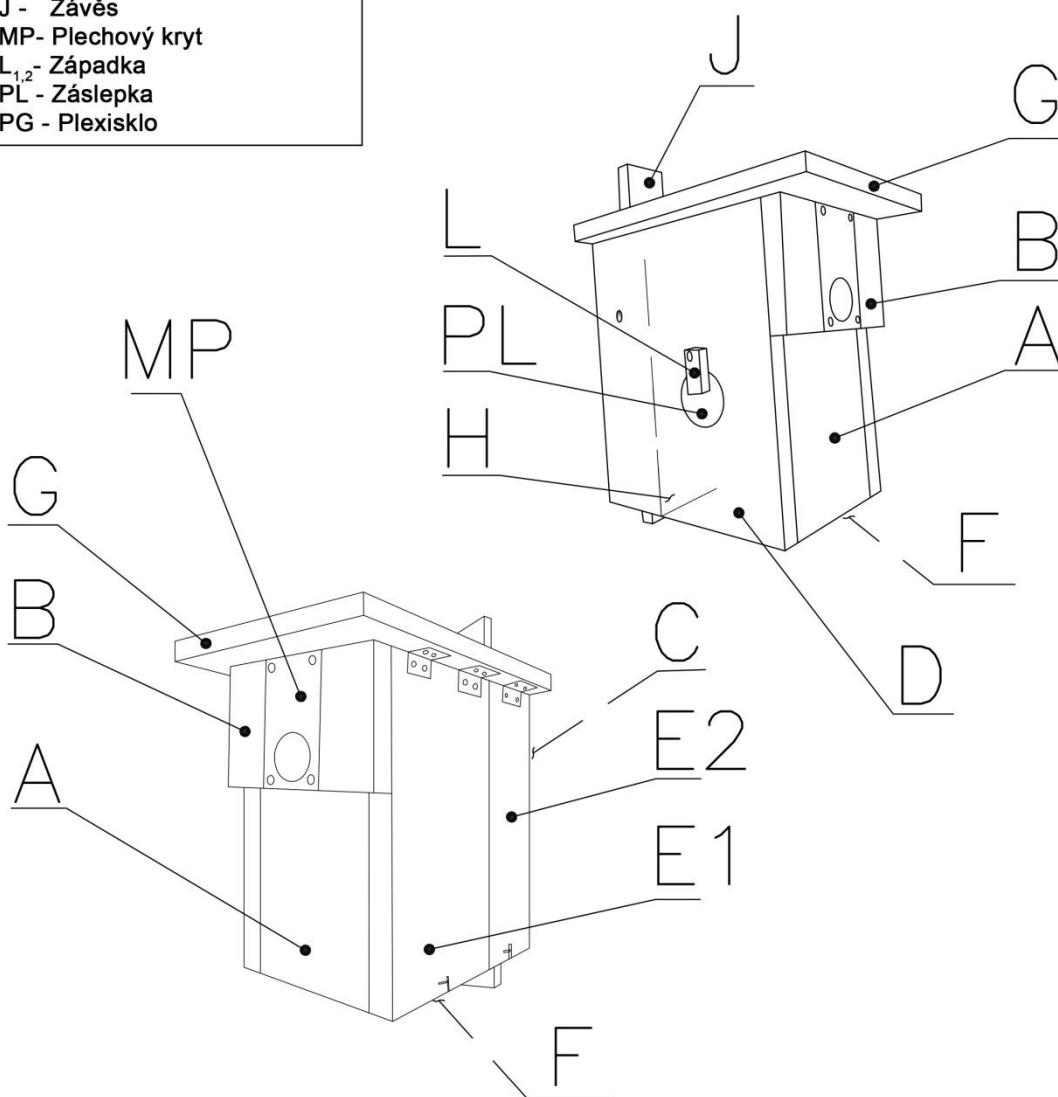


## Chytrá ptačí budka dřevěná konstrukce

### Seznam komponentů

A - Čelní část  
B - Čelní kryt vletového otvoru  
C - Zadní část  
D - Pravý bok  
E1 - Levý vstup k hnízdu  
E2 - Levý vstup k technologii  
F - Dno  
G - Střeška  
H - Přepážka  
J - Závěs  
MP - Plechový kryt  
L<sub>1,2</sub> - Západka  
PL - Záslepka  
PG - Plexisklo

vruty pro zavěšení budky ~70-90mm (3 ks)  
spojovací vruty jednotlivých dílů ~50-60mm (30 ks)  
krátké vruty pro přichycení komponentů ~20mm (18 ks)  
L - vruty 3x50mm (6 ks)  
panty 40x40mm (3 ks)  
vyschlé řezivo (tl. 20 mm)  
plechový kryt - antipredační ochrana (tl. 2 mm)  
krytina střešky - volitelná

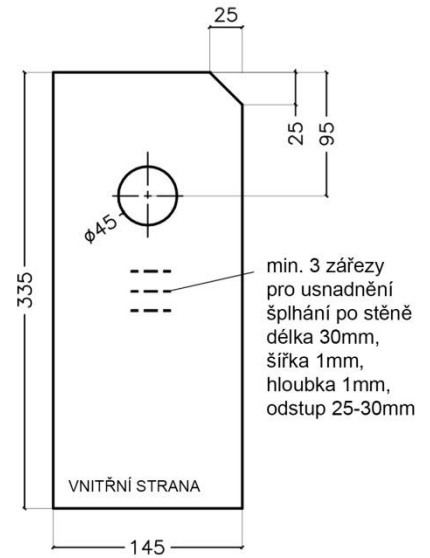
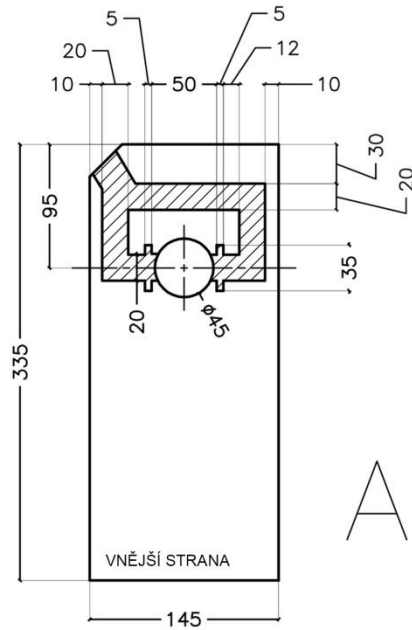


# Chytrá ptačí budka

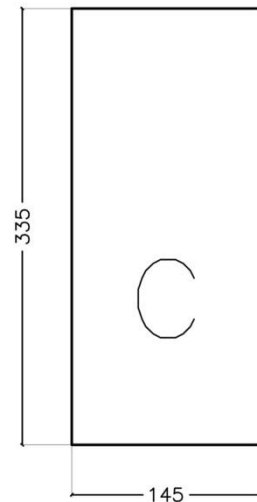
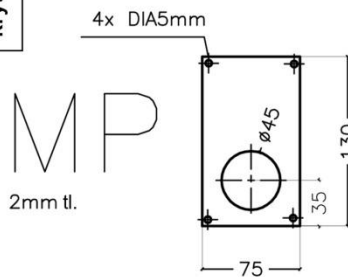
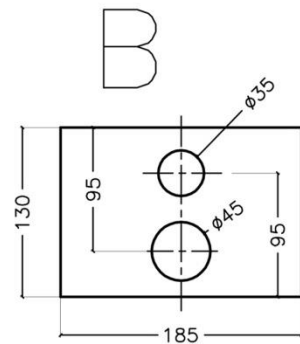
dřevěná konstrukce

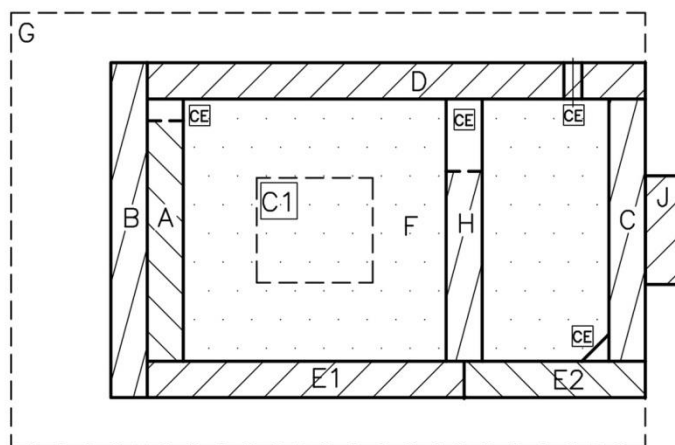
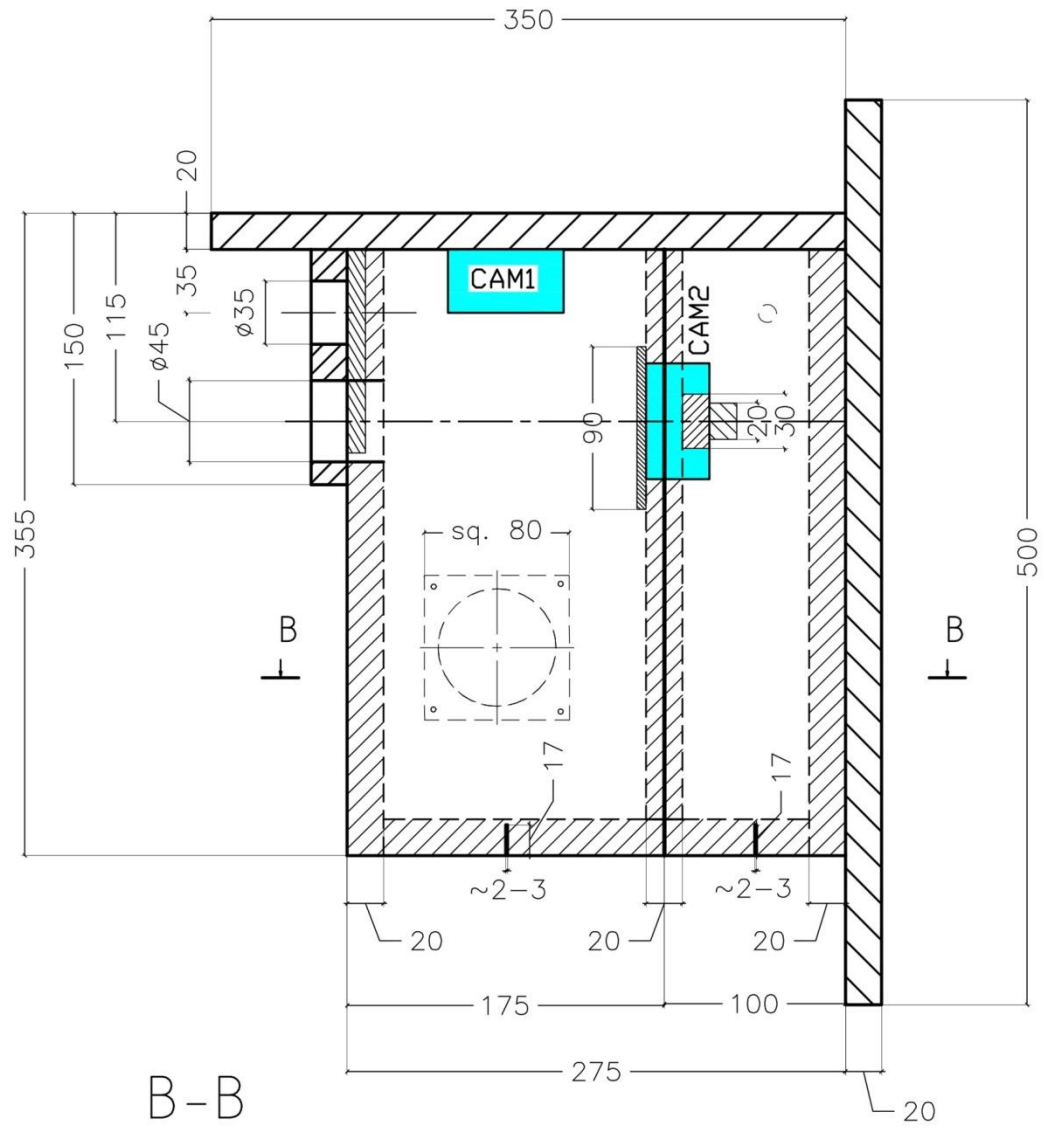
Dílčí rozměry

Šrafovaná část označuje vydlabanou drážku hloubky 10mm pro vložení IR závory. Senzory budou chráněny plexisklem v drážce 5x35x10mm na každé straně a poté zakryty dílem (B).



Průměr otvoru dílu (B) bude zvolen s ohledem na předpokládaný druh hnízdíče a vycentrován s otvorem dílu (A) poté překryt plechovým krytem jako antipredační ochrana.





## SÝKORY ČESKÉ REPUBLIKY čeleď PARIDAE - Sýkorovití

**SÝKORA PARVICA**  
*Parus parvica*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
11 - 13 cm	9,3 - 11 cm	8 - 10 g

**Rozšíření:** Obývá celou Evropu a východní Asii. Španělska a rozstřídaně území Asie. Vybírá se až severní hranicí na severu Ruska a jižní v pyrenejské oblasti Španělska. V Alpách žije po Balcharko a Besko. Vznáší na jihovýchodě lesy, ale v okolí vyhledává také v lesích smíšených či v parcích a zahrádkách přepately jehličnatých.

**Parava:** Na jara v létě hlavně prousov, brusů, škvřel, motýlů, na podzim a v zimě semena listnatých dřevin a různých rostlin např. máli, kompost.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 11 let 4 měsíce.

**Parazitární:**

- Během zimního období se občas vykytuje také ve smíšených bujích a lesích druhý sýkor.
- Hnízdí v dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách.
- Mladí ptáci se udrží až do 6 km od místa narození.
- Občas budují hrnzdy dutin v mlékém trojúhelníkovém dřevu.

**SÝKORA MODŘÍNKA**  
*Cyanistes caeruleus*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
11 - 12 cm	9,8 - 11 cm	7,5 - 14,7 g

**Rozšíření:** Obývá celou Evropu a východní Asii. Španělska a rozstřídaně území Asie. Vybírá se až severní hranicí na severu Ruska a jižní v pyrenejské oblasti Španělska. V Alpách žije po Balcharko a Besko. Vznáší na jihovýchodě lesy, ale v okolí vyhledává také v lesích smíšených či v parcích a zahrádkách přepately jehličnatých.

**Parava:** Na jara v létě hlavně prousov, brusů, škvřel, motýlů, na podzim a v zimě semena listnatých dřevin a různých rostlin např. máli, kompost.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 11 let 4 měsíce.

**Parazitární:**

- Na hrnzdech se dostávají per rozpadu zimních bují, ve kterých se již ptary.
- Mladé ptáky vyhledávají v parcích.
- Většinou stáří, přepately, zůstávají semena. severní populace podléhá pranýři.
- V podzimních a zimních měsících se pokoují v hrnzdech s ostatními sýkorami v okolí hrnzdiček, výměněně také na 30 km.

**SÝKORA VELIČANKA**  
*Parus major*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
12,5 - 16 cm	23 - 26 cm	11,0 - 23 g

**Rozšíření:** Obývá celou palearktickou oblast od Iráku až po Kamchatku a také jihovýchodní Asii. Mladé ptáky v Evropě patří k nejvíce rozšířeným druhům. V ČR se vyskytuje v parcích, zahrádkách, v lesích smíšených, koncentrace se snižuje s přibývající nadmořskou výškou. K nastěžení je ve vysokých sábkách 1000 m n. m. např. na hliněném nebo v fukostech.

**Parava:** 1666 hlavně brusů, v zimě hlavně prousov, škvřel, motýlů, na podzim, v zimě a v předjaří hlavně semena např. slunečnice, buků, habru nebo ořešáku.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 10 let 15 měsíců.

**Parazitární:**

- Mladé ptáky vyhledávají v parcích, zahrádkách.
- Hnízdí v buďkách, hrnzdech, střížkách, dutinách.
- Jsou dříve stáří, přepately, zůstávají semena.
- Jsou dříve stáří, přepately, zůstávají semena.
- pohodlně neboli rase - "lobo kdo dře koně" - ptáci dříve dřevní veterinární služby.

**SÝKORA AZUROVÁ**  
*Cyanistes cyaneus*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
13 - 14 cm	19 - 21 cm	10 - 16 g

**Rozšíření:** Pochází ze střední Asie, žije v pásech od východní hranice Evropy až po Kavkaz. V ČR se vyskytuje v parcích, zahrádkách, v lesích smíšených, koncentrace se snižuje s přibývající nadmořskou výškou. K nastěžení je ve vysokých sábkách 2000 m n. m.

**Parava:** Na jara v létě hlavně prousov, brusů, škvřel, motýlů, na podzim a v zimě semena listnatých dřevin a různých rostlin např. máli, kompost.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 11 let 4 měsíce.

**Parazitární:**

- Během zimního období se občas vykytuje také ve smíšených bujích a lesích druhý sýkor.
- Hnízdí v dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách.
- Mladí ptáci se udrží až do 6 km od místa narození.
- Občas budují hrnzdy dutin v mlékém trojúhelníkovém dřevu.

**SÝKORA BABKA**  
*Parus palustris*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
10 - 11,5 cm	18 cm	9 - 15,9 g

**Rozšíření:** Rozšířená severní Evropy od severního Španělska severně po J. hranici Evropy až po Kamchatku a také jihovýchodní Asii. Mladé ptáky v Evropě patří k nejvíce rozšířeným druhům. V ČR se vyskytuje v parcích, zahrádkách, v lesích smíšených, koncentrace se snižuje s přibývající nadmořskou výškou. K nastěžení je ve vysokých sábkách 1000 m n. m. např. na hliněném nebo v fukostech.

**Parava:** 1666 hlavně brusů, v zimě hlavně prousov, škvřel, motýlů, na podzim, v zimě a v předjaří hlavně semena např. slunečnice, buků, habru nebo ořešáku.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 10 let 15 měsíců.

**Parazitární:**

- Mladé ptáky vyhledávají v parcích, zahrádkách.
- Hnízdí v buďkách, hrnzdech, střížkách, dutinách.
- Jsou dříve stáří, přepately, zůstávají semena.
- Jsou dříve stáří, přepately, zůstávají semena.

**SÝKORA UHELÍČEK**  
*Parus ater*

Délka těla	Rozpětí křídel	Hmotnost
10 - 11,5 cm	18 cm	9 - 15,9 g

**Rozšíření:** Srovnatelně s Evropy, většinou Asie, sever Afriky. V ČR se vyskytuje v parcích, zahrádkách, v lesích smíšených, koncentrace se snižuje s přibývající nadmořskou výškou. K nastěžení je ve vysokých sábkách 1000 m n. m. např. na hliněném nebo v fukostech.

**Parava:** Semena, hmyz - stejnoakřídlí, motýli, brusy, doubraví, blanokřídlí, pavouci.

**Hnízdí:** V dutinách, buďkách, hrnzdech větvěk nebo střížkách, 1-2x ročně.

**Najvětší věk:** 10 let 15 měsíců.

**Parazitární:**

- Na hrnzdech se dostávají per rozpadu zimních bují, ve kterých se již ptary.
- Mladé ptáky vyhledávají v parcích.
- Většinou stáří, přepately, zůstávají semena. severní populace podléhá pranýři.
- V podzimních a zimních měsících se pokoují v hrnzdech s ostatními sýkorami v okolí hrnzdiček, výměněně také na 30 km.

**Sýkory jsou menší ptáci, s kontrastním a rozmanitým zbarvením, u obou pohlaví však zpravidla téměř shodným. Jsou to zbarvením stro-moví ptáci hnízdící v dutinách. Po vyhnízdění se sdružují do menších skupin. Parava je převážně živočišná, tvoří ji hlavně hmyz vyhledávaný na větvičkách a listech stromů. Ve světě žije 14 rodů a 64 druhů sýkor. V ČR bývá žije 6 druhů a vzácně se zataou i sýkora azurová.**

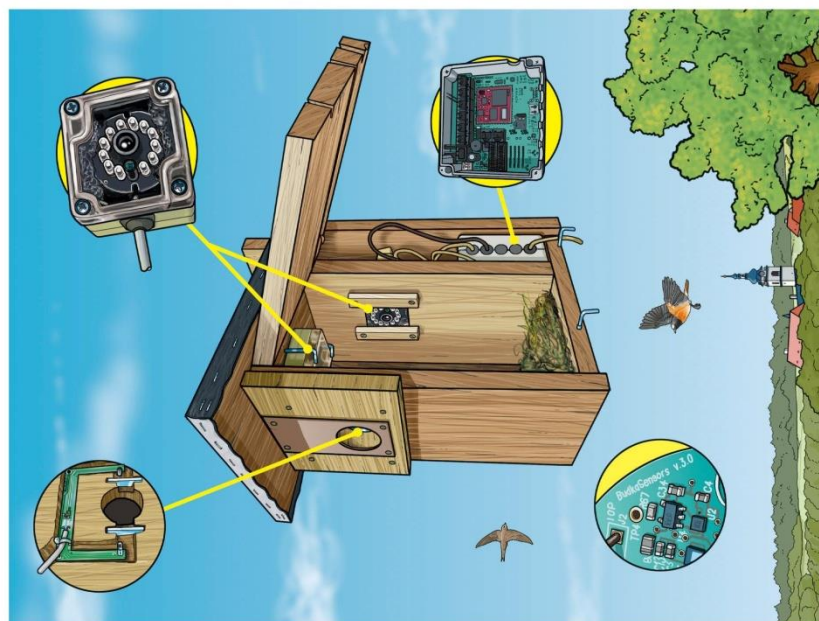


Příloha 15. Poster „Sýkory světa“ připravený ve spolupráci s žáky participujících škol v rámci projektu Ptáci Online



# CHYTRÁ PTAČÍ BUDKA

## OD TECHNOLOGIE K BIOLOGII



**MARKÉTA ZÁRYBNICKÁ**  
**VLASTIMIL OSOBA**

### **TÝM PROJEKTU PTAČÍ ONLINE:**

**Autorka a vedoucí projektu**  
**Markéta Zárybnická**

**Návrh a vývoj technologií**  
**Petr Kubizňák**

**Koordinace projektu a technická podpora**  
**Vlastimil Osoba**

**Vzdálený přenos dat**  
**Tomáš Kotek**

**Webové stránky**  
**Jan Kuchař**

# CHYTRÁ PTAČÍ BUDKA

## OD TECHNOLOGIE K BIOLOGII

Vytvoření publikace bylo financováno hlavním městem Prahou



**MARKÉTA ZÁRYBNICKÁ**  
**VLASTIMIL OSOBA**

Chytrá ptačí budka — od technologie k biologii  
© Fakulta životního prostředí, ČZU v Praze  
© Ilustrace: Josef Fraško, Jos Zwarts

Grafická úprava: Petr Slunečko

Jazyková úprava: Zdeněk Švehla  
Vydala Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí  
Kamýčká 129  
165 00 Praha 6-Suchbát

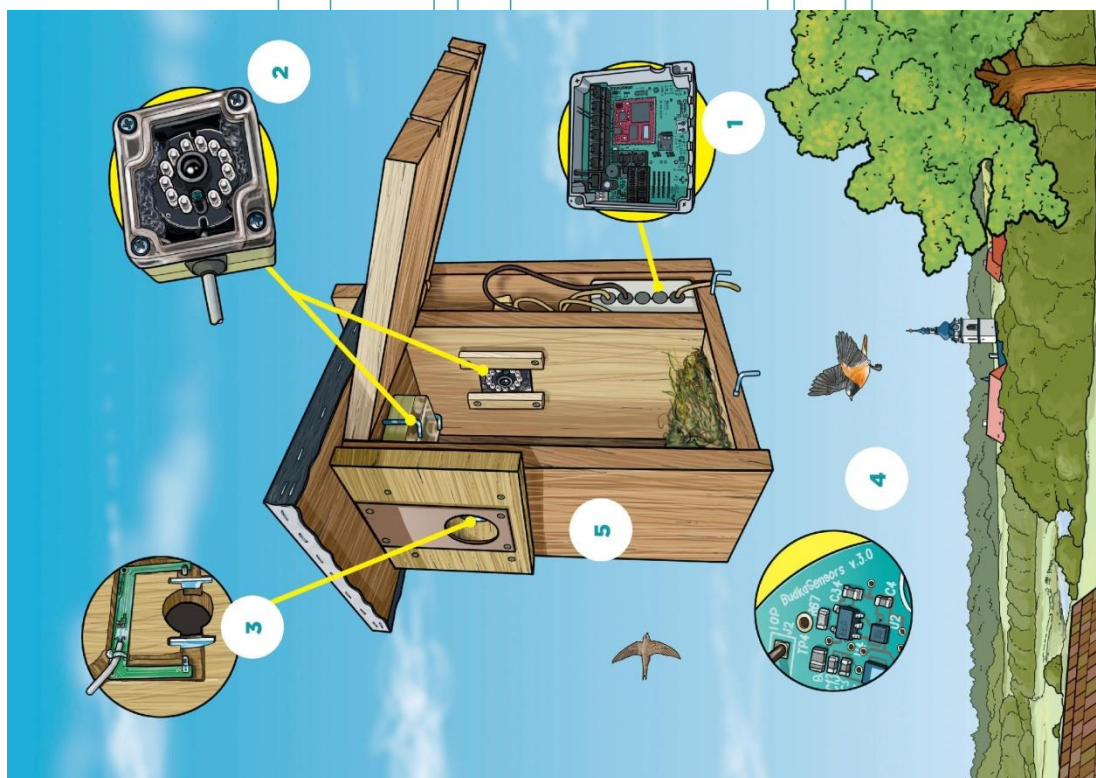
První vydání  
Rok vydání 2020

Tisk: powerprint, s.r.o.  
ISBN 978-80-213-3058-0



# OBSAH:

<b>Co je chytrá ptačí budka?</b> .....	6
Jak budka komunikuje se světem a něco o IoT .....	8
<b>Co je potřeba pro zapojení a provoz chytré ptačí budky?</b> .....	10
Biologické předpoklady .....	10
Technické předpoklady .....	11
Stručné shrnutí .....	11
<b>Online/offline verze zapojení chytrých budek</b> .....	12
<b>Různé typy hnízdních budek</b> .....	13
Kteří ptáci hnízdí v budkách? .....	13
<b>Biologie ptačích druhů hnízdičích v chytrých budkách</b> .....	15
Sýkora koňadra .....	16
Sýkora modřínka .....	22
Zbarvení sýkory koňadra a modřínky - omalovánka .....	27
Spáček obecný .....	28
Rorýs obecný .....	33
Rehek zahradní .....	36
Vrabec polní .....	39
Sýček obecný .....	42
Sýc rousný .....	44
<b>Kdo další budky navštěvuje?</b> .....	45
<b>Chytrá ptačí budka trochu jinak</b> .....	46
Sova pálená, kavka obecná, krutihlav obecný .....	46
<b>Fenologický deník naší budky</b> .....	47
<b>Zdroje a literatura</b> .....	48





# CO JE CHYTRÁ PTAČÍ BUDKA?

Chytrá ptačí budka je užasný vynález, který umožňuje nahlédnout do života ptáků a seznámit se s jejich skrytými zvyky, chováním a také potravou. Umožní nám fascinované sledovat, jak se ptačí pár seznamuje, společně staví hnízdo, stará se o sebe navzájem, o vejčeka a následně i o drobná holáčka, ze kterých se během pár týdnů stanou plně opeření a samostatní jedinci, téměř ve všem podobní svým rodičům.

Budku, která zaznamenává dění uvnitř a ve stejný okamžik přenáší živý obraz, vymyslela Markéta s jejími kolegy z Fakulty životního prostředí při České zemědělské univerzitě v Praze, protože ji potřebovali pro své výzkumy. Současné si přáli, aby budku mohli nahlédnout k využití v mateřských, základních a středních školách, kde by ji žáci a učitelé mohli umístit na svých zahradách a podílet se na výzkumu. Domluvili se s několika školami a ty byly z budky nadsené. Markéta později představila budku v populárním televizním pořadu Záznaky přírody a pak se s žádostmi o spolupráci roztrhl pytel.

Chytrá ptačí budka je celkem běžná budka (5), která je však vybavena řídicí jednotkou (1), jednou nebo dvěma kamerami (2), IR závorou ve vletovém otvoru (3) a sadou environmentálních senzorů (4). Řídicí jednotka je propojena do vnitřní sítě uživatele a přes internet spolekna se serverem Ptacionline.cz, který na stejnojmenné webové stránce prezentuje pořizené záběry z jednotlivých budek. Budka pořizuje záznam při každém přerušení infračerveného paprsku, způsobeném průletem ptáka skrz otvor budky. Řídicí jednotka každý takový záznam uloží na paměťovou kartu a každý den se automaticky spojí se serverem, který záznamy společně se sadou naměřených hodnot z environmentálních senzorů archivuje. Všechny záznamy následně konvertuje do jednoduššího formátu a zobrazí do druhého dne na webových stránkách projektu.

Provoz budky běží nonstop 24/7, je bezúdržbový a požadovaná nastavení se dají provést na dálku prostřednictvím VPN. Jedná údržba, která je nutná, nastává na podzim, kdy je nutné vyčistění budky od hnízdního materiálu a vizuální ověření vnějšího stavu budky. Případná poškození budky, jako jsou např. prasklé nebo rozklované stěny, je třeba neprodleně opravit.



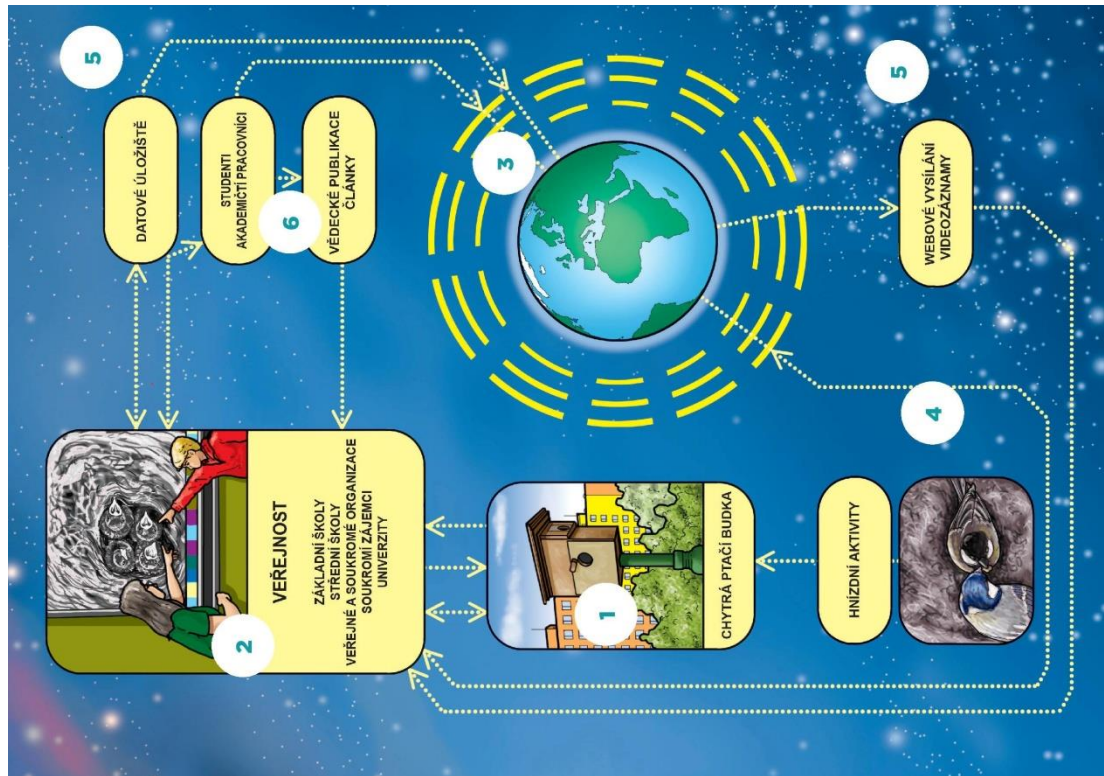
Chytrá budka připravená k vyvěšení



Interiér chytré budky se dvěma kamerami



Chytrá budka připravená pro ptačí obyvatele



# CO JE POTŘEBA PRO ZAPOJENÍ A PROVOZ CHYTRÉ PTAČÍ BUDKY?

## Biologické předpoklady

Biologické předpoklady jsou velmi důležité proto, aby budku obsadili některý z ptačích druhů hnízdící v dutinách a žijící v okolí. Budka by měla kromě komfortního místa pro hnízdění poskytnout také klidné a nerušené podmínky prostředí. Proto by měla být umístěna v lokalitě obklopené zelení, která poskytuje nejen úkryt, ale i dostatečný zdroj potravy pro ptačí rodiče i jejich mláďata. Stává se, že v nevhodně umístěné budce ptačí sice zahnídají, ale poté mají problémy nalézt dostatek potravy a užít mláďata. Ta poté strádají a jsou oslabená, a když se k tomu přidá ještě například špatné počasí, stres z hluku z nedaleké městské dopravy, znečištěné ovzduší nebo ptačí parazitické mláďata na hnízdě často hynou. I když zrovna nezrají na stromech žádná semínka nebo bobule, ptačí rodiče nacházejí ve větvích a na listech velké množství hmyzu, které požírají sami a zároveň je nosí k snědku i svým mláďatům.

## Technické předpoklady

Zatímco běžnou ptačí budku vyvíjíme na místo, které v všech ohledech vyhovuje ptákům, musíme pamatovat na to, že chytrou ptačí budku budeme potřebovat propojit datovým kabelem do nejbližší internetové zásuvky, a to nejlépe do maximální vzdálenosti 50 metrů od budky. Prostřednictvím tzv. UTP kabelu se budou nejenom přenášet data, tj. pořízená videa a naměřené hodnoty ze senzorů, ale bude se jím zároveň napájet řídicí jednotka. Kabel by měl procházet od budky nejlépe vzduchem v bezpečné výšce přímo do té části budovy, kde se připojí přes tzv. POE adaptér do internetové zásuvky.

Zatímco POE adaptér připojíme z jedné strany do klasické zásuvky 230 V, druhá strana se pomocí dvou RJ45 konektorů propojí jedním směrem do školní sítě a druhým směrem k řídicí jednotce budky. Řídicí jednotku si můžeme představit jako malý počítač ukrytý v plastové schránce, který obsahuje hodné výkonné procesor a také paměťovou kartu s nějakými těmi sloty pro nainstalování všech možných kabelů od kamer, IR pohybového senzoru a celé sady environmentálních senzorů.

Řídivé, než se budka může propojit se serverem a nahrát pořízená data, musí jí správně síť umožnit komunikaci pomocí tzv. VPNky. To znamená, že jí povolíme připojení přes firewall na příslušný port serveru Ptacionline.cz číslo 1194, a po vytvoření VPN probíhá vesměra komunikace uvnitř této VPN, je to zpravidla upload dat. Říkáme, že tento upload probíhá uvnitř VPN pomocí protokolu rsync/spc. A jak jsme zmiňovali dříve, že tento upload proudí obrazový tok, tzv. online stream, přenesený protokolem RTP k monitoru uživatele. Díky tomu lze sledovat živý obraz z budky – ovšem za předpokladu, že síť zvládne přenos dat o kapacitě zhruba 750 KB/s, čemuž odpovídá datová propustnost 6 Mb/s.

# JAK BUDKA KOMUNIKUJE SE SVĚTEM A NĚCO O IOT

Z příloženého obrázku je patrné, jakou roli hraje chytrá budka (1) ve vztahu k lidem a jak se podílí na poznávání života ptáků pro laickou i odbornou veřejnost (2). Vzhledem k tomu, že je napojená do sítě uživatele s přístupem na internet (3), dokáže komunikovat v internetové síti s celým světem. Když pořídí nesčetné množství záznamů, a nastane pozdní večer, sama se spojí se serverem Ptacionline.cz a všechna pořízená data mu předá. Taková je chytrá. A nejen to, záznamy nenahrává neustále, ale jen když je potřeba. Například když je na hnízdě klid a samička sedí na vejíčkách, tak není nutné zahrnovat paměťovou kartu zbytečným záznamem. Pouze pokud někdo přerušil inkrustovaný paprsek ve vletovém otvoru, je to znamení, že se má spustit nahrávání – je zřejmé, že někdo přiletěl, nese něco dobrého nebo právě odletěl a mláďata na hnízdě zůstala sama. Jak jsou velká, jak spolu komunikují a jak rychle rostou? V budce se odehrává spousta zajímavých věcí (4), o kterých ani netušíme. Všechny tyto záznamy je možné zpětně dohledat na webu (5) a počítat, zkoumat, analyzovat nebo se jinak podílet na některé části výzkumu (6).

## IoT neboli „Internet of Things“ neboli Internet věcí

Představte si, že máte doma nejenom tuto budku, ale také další zařízení, která jsou připojena na internet jako třeba lednička, vytápění, osvětlení, zavlažovací zahrady, klimatizaci, stírační nebo zabezpečení. Všechna tato zařízení díky internetovému připojení mohou komunikovat s uživatelem nebo spolu navzájem a zajišťovat potřeby obyvatel domu. Podobně mohou fungovat i další zařízení, např. automobily. Všechna zařízení vybavená elektronikou se senzory, softwarem a síťovou konektivitou, která umožňuje propojení a předávání dat, nazýváme v informatice Internet věcí a označujeme zkratkou IoT (z anglického Jazyka Internet of Things). Termín vznikl v roce 1999, ale více se začala naplňovat až v roce 2016, kdy začalo postupně sblížení bezdrátových technologií.

V dnešní době se odhaduje ve světě zhruba 30 miliard zařízení na bázi IoT, které fungují v podstatě ve všech oborech lidské činnosti: od dopravy a logistiky přes průmysl, zemědělství, energetiku, stavebnictví až po zdravotní péči nebo v případě chytré ptačí budky monitorování životního prostředí. Zařízení mohou využívat různé způsoby připojení na internet. Chytrá budka je připojena prostřednictvím kabelu, ale další zařízení mohou komunikovat např. přes WiFi, Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, LoRa, Z-Wave, Sig-Fox nebo prostřednictvím sítě mobilních operátorů GSM nebo LTE.

Musíme ale pamatovat, že s přibývajícím počtem a stále složitějšími zařízeními roste i zranitelnost a bezpečnostní riziko, které je velmi podobné těm, se kterými se setkáváme u osobních počítačů, serverů nebo smartphonů. Je důležité mít na paměti potenciální riziko ohrožení soukromí, sociální manipulace nebo sledování.

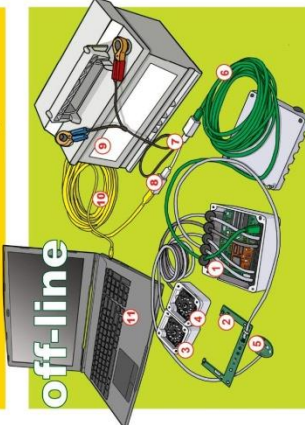
Přes podobná negativa má technologie IoT ohromný potenciál pro efektivní řízení, produkci dat a její využití jak ve firmách, tak domácnostech. V tomto ohledu můžeme být klidní – chytrá ptačí budka vyvinutá ve spolupráci s odborníky z CVUT a její software je zabezpečován a naprogramován tak, aby bezpečnostní riziko bylo minimální. Použili jsme k tomu systém LINUX. A ptačí obyvatele chytrých budek? Ti nám snad odpustí, že nahlížíme do jejich soukromí a snažíme se dozvědět více o jejich životě.



# ONLINE/OFFLINE VERZE ZAPOJENÍ CHYTRÝCH BUDEK



1 – řídicí jednotka, 2 – závora s infračerveným paprskem (IR) umístěná ve vletovém otvoru budky, 3 – kabely určené pro monitoring aktivit ve vletovém otvoru a na hnízdě, 4 – sada environmentálních senzorů, 6 – síťový kabel FTP venkovní, Cat5E, stíněný, 7 – přípojovací sada datového kabelu, 9 – trakční baterie, 10 – síťový kabel pro stažení dat z řídicí jednotky, 11 – terénní notebook umožňující stažení dat z řídicí jednotky, 12 – PoE adaptér, 15 – elektrická zásuvka s nabíjením 230 V, 14 – síťový kabel umožňující připojení budky na internet, 15 – internetová zásuvka.



Pokud je v okolí internetová přípojka, tak je to prima, ale pokud není široko daleko vůbec nic, musíme se spojit s offline verzí chytré budky. Má to jedinou nevýhodu, každý týden musíme dorazit na místo s notebookem a s cestovně nabíjenou autobaterií na výměnu. Pomocí kabelu a notebooku nerušeně stáhneme během pár minut data a poté si odneseme téměř vybitou baterii, abychom ji během dalšího týdne dobili a připravili. Vzhledem k tomu, že hnízdní sezona neprobíhá celý rok, tak taková obsluha se dá během pár týdnů hnízdění zvládnout.

Dokážete vyjmenovat, pro které druhy ptáků by bylo vhodnější online a pro které offline řešení? Uměli byste vymyslet druhy ptáků, kteří obývají dutiny a žijí v blízkosti lidských sídel, což jsou tzv. synantropní ptáci a ty, kteří žijí na odtěhlých místech s minimálním rušivým vlivem člověka?



## A teď trochu čísel pro představu:

Paměťová karta v řídicí jednotce je typu SD a má kapacitu 16 G.

Obvyklá délka záznamu je 30 sekund. Je vyzkoušené, že za tu dobu rodiče pohodlně předají potravu mláďatům nebo odklidí nepořádek z hnízda, případně se odehnají jiné aktivity. Někdy ptáci jsou až příliš rychlí, ale i tak má záznam velikost přibližně 16 MB. A takových záznamů se může za den pořádit až 500 a někdy i více. Tak si dovedeš snadno spočítat, že konec dne bude paměťová karta praskat ve svecch. Ale budka ve zvolený čas kontaktuje server a domluví se na předání a uložení dat. Data obsahují záznamy, které se konvertují do menších typů formátů a také naměřené hodnoty z čidel, které se společně s nimi uloží k dalšímu použití.

Budka běží nonstop, ve dne v noci, a dokonce i přes zimu, neboť je moc zajímavá, jak v ní přebývají a nocují nejen různé ptáci, ale i drobní savci.

Hodnoty download/upload internetového připojení si můžete ověřit např. zde:



<http://speedmeter.internetprovsechmycz/mereni/5431571>  
<https://rychllost.cz>

## Shrnutí podmínek pro umístění a zdánlivý provoz chytré ptačí budky

- » Je třeba najít vhodný prostor se zelení v klidné lokalitě
- » Potom je potřeba dohledat vzrostlý strom pro bezpečné uchycení chytré ptačí budky
- » Budku bude potřeba umístit na vzrostlém stromu ve výšce 3-5 m nad zemí
- » Datový kabel je nutné vést z budky vzduchem bezpečně k nejbližší internetové zásuvce uživatele
- » Prostor v rámci areálu je bezpečný pro provoz budky – je potřeba eliminovat potenciální negativní vlivy (např. nadměrný provoz, přístup veřejnosti, kriminalitu), které by mohly vést k neosidlení budky, zničení nebo zcizení technologie
- » Budka bude umístěna maximálně do 50 metrů od internetové zásuvky (switch, router), která je v blízkosti elektrické zásuvky (230 V/16 A)
- » Datový kabel do objektu je možné vést skrz okno, které nebude během provozu budky příliš často otevíráno, aby se zabránilo poškození kabelu
- » K dispozici bude telefonicky dostupný kontakt pro případný zásah v budce (např. restart, čištění budky atd.)
- » Aktivní internetové připojení bude v provozu NONSTOP 24/7
- » Rychlost internetového připojení vnitřní sítě bude min. 40/20 Mbps (download/upload)
- » Během instalace je nutná asistence (alespoň po telefonu) správce IT pro nastavení portů a integraci chytré ptačí budky do vnitřní sítě uživatele
- » Každoročně bude zajištěna vizuální kontrola budky a její vyčištění od hnízdního materiálu, případně drobné opravy v rámci údržby

V následujících řádcích si povíme několik zajímavých vědeckých poznatků, které byly shromážděny v průběhu uplynulých desetiletí. Stovky ornitologů na celém světě pozorují a zkoumají ptáky. Ze shromážděných dat, týkajících se jednotlivých druhů, se dá vytvořit celkem slušná představa o jejich způsobu života. Říkáme, že studujeme biologii konkrétního druhu a také jeho ekologii a etologii. Toto poznání slouží nejen k obohacení našich znalostí, ale přispívá i k jejich lepší ochraně.

Chytrá ptáč budka nám díky online přenosu umožňuje přímé sledování konkrétního jedince v konkrétní situaci a díky videozaznamům se na všechny události můžeme podívat tolikrát, kolikrát chceme. To nám umožňuje zkoumat velké detaily a zajímavosti ze života monitorovaných druhů a tímto poznatky pak obohatit naše znalosti. Někdy se může stát, že odhalíme nečekané události. Mějme proto oči otevřené, neboť na následujících stránkách budeme poznávat, chápat, kompletovat a třídit nové informace. Poté je budeme zapisovat a porovnávat. Budeme postupovat od prvního přiletu ptáka do budky, možná díky mikrofonu zachytíme i první teritoriální zpěv samečka nebo námluvy. Zjistíme přesný datum zahájení stavby hnízda, jak dlouho stavba trvá, kdy a kolik se objevilo vajíček, jak dlouho trvalo sezení rodiče na vajíčkách, kdo se o vajíčka a mláďata více stará (samec nebo samice?), co rodiče nosili mláďatům za potravu a jak dlouho trval vývoj mláďat až do opuštění budky. Všechny a mnoho dalších takových drobných poznatků se můžeme dozvědět díky trpělivému pozorování dění v chytré ptáč budce. Tak jdeme na to. A začneme se sykorou koňadrou. ■

#### SYKORA KOŇADRA



Samec a samice sykory koňadry na hnízdě



Předávání potraviny mezi rodiči



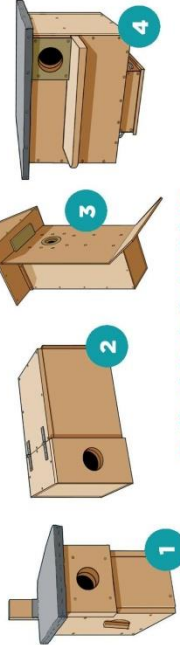
Mláďata žadonící o potravu



Rodič předávající potravu mláďatům

## RÚZNÉ TYPY HNÍZDNÍCH BUDEK

Vývoj chytrých budek začal s výzkumem a pozorováním hnízdění sýců rousných v imi-semi poskožených lesích Krušných hor. Daleko od civilizace nebylo možné internetové připojení, a proto vznikla jako první verze offline budka. Ta byla vybavena dostatečně silnou baterií s možností stahování porizovaných dat jednou týdně do notebooku terénního pracovníka, který data stahovalo přímo v lese u budky. Elektronické části se postupně zdokonalovaly, což nám stáložilo u způsobit chytrou budku pro monitorování dalších druhů. Postupně tak vznikly nejdříve sykoronky a jim velice podobné špačkovníky, dále speciálně upravené budky pro rorýse, kavky, sýčky a sovy palené. Všechny budky mají vždy stejné elektronické vybavení – tj. řídicí jednotku, 1 nebo 2 kamery, IR závoru, sadu senzorů a datový kabel připojený přes POE adaptér do internetové sítě. Zatímco kamery jsou umístěné tak, aby snímaly hnízdní prostor a vstup do budky, řídicí jednotka a ostatní komponenty jsou individuálně poskládané tak, aby umožnily vyvěšení budky do konkrétní lokality. Se všemi typy budek se postupně seznámíme na následujících stránkách.



#### Kterí ptáci hnízdí v budkách?

V předchozí kapitole jsme si řekli, že existuje velké množství druhů budek, vyrobených na míru konkrétnímu ptačímu zakázání. Připravená budka musí splňovat několik požadavků tak, aby se v ní ptákům líbilo. Komu by se líbilo v těsném pokojíčku, ve kterém se nemůže se svými desítkami sourozenci ani pohout, nebo naopak v prostorné budce, do které se kvůli malinkému otvůrku nemůže protáhnout? A to ani nemluvíme o příliš velkém vietevém otvoru, kterým se protáhne kdejaký nezvaný host. Velký otvor si dovede zmenšit jako jeden z mála ptačích druhů jen brhlík lesní, který kdysi obsadil jednu chytrou ptačí budku a přizdílil si vchod určený pro špačka tak, aby vyhovoval jeho velikosti. Zablokoval však i senzory infračerveného paprsku, a tím vyřadil celou budku z provozu. Museli jsme po jeho vyhnízdění kontakty pracně očistit a budku znovu zprovoznit.

Kromě brhlíka je ale mnohem běžnějším obyvatelům ptačích budek naše nejhojnější sykora koňadra. V literatuře se uvádí, že je to nejlépe prozkoumaný ptačí druh, ale chytré ptačí budky ukazují, že toho o jeho životě ještě hodně neznáme. Podobné jsou na tom sykora modřinka, špaček obecný, vrabec polní nebo domácí, rěheč zahradní, rorýs obecný i sýček obecný. Všichni tyto opeřenci rádi hledají úkryty v dutinách hlavně pro účely hnízdění, a pokud jim na vhodném místě nabídneme vhodnou ptačí budku, máme vyhráno. Na obrázku výše je budka pro kavku obecnou (1), sovu palenou (2), sýce rousného (3) a sýčka obecného (4).



**DRUH****Sýkora koňadra**

Sýkorovití

*Parus major*

13,5–15 cm

14–23 g

Široké spektrum hmyzu

Semena různých rostlin

Na celém území až do výšky 1200 m n. m.

Druh stálý, přelétavý, částečně tažný

3–6 ml, hnízdicích párů

**ČELEĎ****VĚDECKÝ NÁZEV****VELIKOST****HMOTNOST****POTRAVA V LÉTĚ****POTRAVA V ZIMĚ****VÝSKYT V ČR****POČET V ČR****BUDKA****VLETOVÝ OTVOR****HLOUBKA DUTINY****VELIKOST DŇA**

32–34 mm

25 cm

14x14 cm



**Sýkora koňadra** je nejčastější obyvatel ptačích budek.

Obyvá listnaté a smíšené lesy, parky a zahrady a ke hnízdění vyhledává právě dutiny, pokud má k dispozici ptačí budku, určité jí brzy obsadí. Vystýlí dutinu, zpočátku začíná mechem, a samotnou kotlínu pro vajíčka vystýlává zvířecími chlupy, kousky bavlny nebo jemným peřím. Hnízdo staví pouze samička a stavba hnízda obvykle trvá 4–6 dní. V jedné základní škole na Vyšehradě připravuje každoročně pan ředitel pro sýkory síťku s vyčesanými chlupy svého psa a sýkorky ji vděčně využívají ve finální fázi stavby hnízda.

Pojďme si postupně projit následující řádky a na příkladu sýkory koňadry si ukázat, jak můžeme porovnávat vědecké poznatky se svým vlastním pozorováním. Užitečné nám k tomu bude, když v průběhu hnízdění budeme vést fenologický deník, který najdete na straně 47.

# BIOLOGIE PTAČÍCH DRUHŮ HNÍZDÍCÍCH V CHYTRÝCH BUDKÁCH

### Vajíčka ve snůšce

Vajíčka máme tedy spočítaná. Všimni si také jejich velikosti a barvy. Jejich velikost je přibližně 170x13,4 mm a váží asi jen 1,6 g. Některá vajíčka mohou být o několik milimetrů větší nebo menší. Mají bílý podklad a červenohnědé tečkované a skvrnitě zabarvení. Na tupém pólu vytváří čepičku nebo věneček.



**Podají se ti podle záznamů porízených chytrou ptačí budkou nakreslit vajíčko ve skutečné velikosti a barevném provedení? Bude to pro tebe asi trochu složitější vajíčka na kameře spatřit, protože většínu času budou zakrytá tělem samicí nebo materiálem, ale určitě se najdou okamžiky, kdy bude na vajíčka hezky vidět!**

**Mysliš, že by se ti podařilo ze záznamů porízených chytrou ptačí budkou vypátrat, kdy přesně začne samicí na vajíčkách pravidelně sedět?**



Sezení na vajíčkách a jejich zahřívání – odborně tomu říkáme inkubace – někdy začíná těsně před dokončením snůšky nebo hned po dokončení. Byly případy, kdy samicí začala sedět na vajíčkách po jednom až pěti dnech od snesení posledního vajíčka. Všimni si, jak sámeček nosí inkubující samicíe potravu. Samicíe se pro tuto dobu vytvořila tzv. hnízdní nažina, aby se mohla dotýkat vajíček přímo kůží a tak je efektivně zahřívát. Kdyby měla na bříšku peří, moc by vajíčka nezažila, protože peří ptáky dobře izoluje. Pokud se potřebuje samicíka protáhnout a opustit budku, zakryje pro jistotu snůšku okolním materiálem. Chráni ji tak před vychladnutím, ale i před zraky nevídaných návštěvníků.

Ve vajíčkách se zatím vyvíjí ze zárodku malá holátka, která se začnou lhnout průměrně po dvou týdnech sezení. Délka sezení trvá 12-16 dní a mláděta se lhnou všechna najejdnou během 1-2 dnů. Máme-li štěstí, vypozerujeme okamžik, kdy se ze skořápky začne lhnout malé holátko. To je nakrátko vybarveno tzv. vajecným zubem, kterým skořápku zevnitř naruší, skořápka praskne a pomalu se z ní začne soukat ven. Dovedete si představit, jaká je to dřina!



**Pozoruj, jak je sýkora koňadra čistotná. Hned po vylihnutí mláděte odstraňuje skořápky z hnízda a často je i polýká. Je to pro ni zdroj vápníku. Podobně to bude dělat i s trusem mláděta.**



**První materiál se v budce objeví dne .....**

**Stavba hnízda v naší ptačí budce trvala .....**

**dní**



**Má stavba hnízda mechanový základ?**



**Všimni si, jak se sýkora při dokončování hnízda umí vrtět a tvarovat hnízdní kotlínu.**

### Počet vajíček ve snůšce sýkory koňadry

Graf ukazuje obvyklý počet vajíček ve snůšce (n = 1 168 snůšek) n znamená počet snůšek, ve kterých se počítal počet vajíček.

Kolik vajíček obsahuje snůška ve vaší budce? Je to počet obvyklý, srovnatelný s uvedeným grafem, nebo je úplně jiný? Pokus se vyslovit hypotézu, proč tomu tak je? Velikost snůšky může být ovlivněna dostupností a množstvím potravy, dobou hnízdní, stářím samicíky nebo zda se jedná o náhradní snůšku, např. po předaci hnízda. Náhradní snůška bývá zpravidla menší.



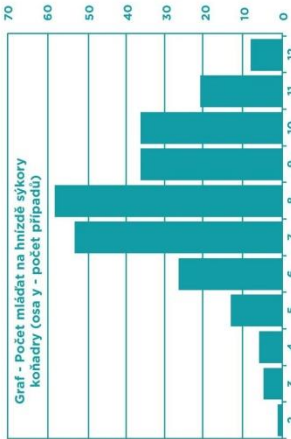
**Kompletní snůška v naší budce obsahuje .....**

**Počet je srovnatelný /nižší/ vyšší než obvyklé počty vajíček ve snůšce uváděné v grafu.**



**Pozoruj, zda se vylišnou mláďata ze všech snesených vajíček a poznamenej jejich počet .....**

**Pozoruj průběh hnízdění a zaznamenej jakoukoli událost, která připraví rodinu o mládě, může to být útok predátora nebo nedostatek potravy.**



**Pozoruj a poznamenej si okamžik, kdy opustí budku první mládě a kdy poslední. Někdy to je během chvilky, jindy to trvá docela dlouhou. Často přiletí do prázdné budky rodič s housenkou v zobáku a zjišťuje, že omladina je už dávno pryč.**



**Zastoupení potravy**

V průběhu hnízdění a krmení mláďat se rodiče téměř nezastaví. Hledají různé druhy hmyzu, které by mohli přinést mláďatům do hnízda. Počet denních přiletů v tomto období se obvykle pohybuje mezi 300 až 600. Dovedeš si představit, jaká je to hromádka hmyzu? Každý den!

Všimneš si, co má rodič při přiletu v zobáku a snaží se jednotlivou potravu od sebe rozlišovat. Je to velice náročné a pracné. Často se mihnou jenom krátce a není jednoduché potravu rozlišit. Někdy to bude housenka, někdy jenom nožičky nebo křídla čouhající ze zobáku. Občas se může objevit i malý šnek. Také se stává, že rodiče nepřinesou nic po dlouhé hodiny. Všimneš si, jaké je venku počasí a co by mohlo komplikovat dostupnost potravy, někdy je to déšť, jindy zase nízké teploty, a to hmyz není moc aktivní. A to začnou být mláďata hodně hladová.

Porizeny záznam je možné zastavit ve správný okamžik a obrázek si zvětšit. Vědci pracovníci analyzují rozsáhlé soubory dat, aby z těchto výstupů mohli formulovat věrohodné závěry.

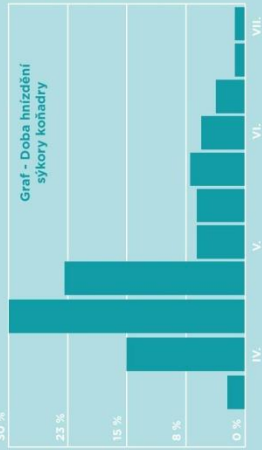


**Poslední mládě opustilo budku dne .....**

**v. .... hodin**

**Souhrn nejdůležitějších událostí během hnízdění sýkor můžeš také přehledně zaznamenat do fenologického deníku na straně 47.**

**Doba hnízdění sýkory koňadry**



Sýkora koňadra hnízdí jednou až dvakrát za rok. Graf ukazuje časový průběh jejího hnízdění. Každý měsíc je rozdělen na tři období, tzv. dekády, a v každé dekáde je zobrazen procentuální podíl zahájených hnízdění.



**První vajíčko bylo sneseno dne .....**

**Poslední mládě opustilo budku dne .....**

**Celková doba hnízdění od snesení 1. vajíčka do vyjmutí posledního mláděte byla ..... dní**

**Porovnej dobu hnízdění sýkor v budouc s uvedeným grafem a zjistíš, zda vaše hnízdění probíhalo v obvyklém termínu.**

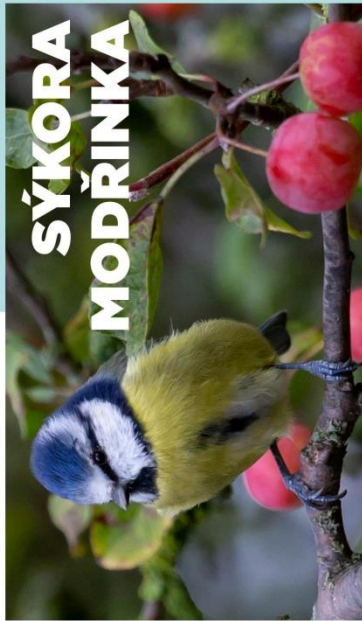
Pokud porovnáš graf obvyklého počtu vajíček ve snůšce s následujícím grafem, který ukazuje počty mláďat na hnízděch, pak zjistíš, že se stává, že některá mláďata se z vajíčka nevyvíhnou nebo dokonce uhynou. Sýkory, jako ostatně většina ptáků, to vůbec nemají lehké. Uvádí se, že ztráty při hnízdění jsou někdy až 25 %. Znamená to, že čtvrtina mláďat během hnízdění se nedožije léta. Příprav se proto, že podobné ztráty se mohou objevit i ve tvé chytře ptáčí budce a pamatuj, že je to v přírodě přirozený jev. Může nastat nedostatek potravy, kruté zimy a dlouhé období deště nebo se objeví parazité či predátoři, jako jsou například kuna, kočka, strakapoud nebo straka. Drobní pěvci si tento údel vynahrazují častější snůškou nebo vyšším počtem vajíček. U sýkor koňader byla zjištěna mortalita 61,1 %, tzn., že jenom čtyři sýkorky z deseti se dožijí druhého roku svého života. Rodiče se o mláďata starají zhruba dva až tři týdny od jejich vyvíhnutí, v průměru asi 18 dní. Ale pečlivě se o ně starají ještě asi 8-14 dní poté, co opustí budku. Na podzim se začnou rodiny koňader potulovat krajinou a sdružovat do větších hejv, ve kterých jsou mláďata drží s rodiči přes celou zimu. V předání jsou mláďata již pohlavně dospělá, osamostatní se a začnou hledat partnera pro založení vlastní rodiny.

Kroužkováním se zjistíš věk nejstarší sýkory koňadry v Německu, která se dožila 15 let a 5 měsíců. To jsou už velmi vzácné případy.



- DRUH**
- ČELEĎ**
- VĚDECKÝ NÁZEV**
- VELIKOST**
- HMOTNOST**
- POTRAVA V LÉTĚ**
- POTRAVA V ZIMĚ**
- VÝSKYT V ČR**
- POČET V ČR**
- BUDKABUDKA**
- VLETOVÝ OTVOR**
- HLOUBKA DUTINY**
- VELIKOST DNA**

**Sýkora modřínka**  
 Sýkorovití  
*Cyanistes caeruleus*  
 11–13 cm  
 9–12 g  
 Široké spektrum hmyzu  
 Semena různých rostlin  
 Na celém území až do výšky 1200 m n. m.  
 Druh stálý, řídce přelétavý, nevzdaluje se daleko od rodliště (do 30 km)  
 0,8–1,6 mil. hnízdicích párů  
 27–28 mm  
 20–25 cm  
 12x12 cm



**Sýkora modřínka** je znatelně drobnější než sýkora koňadra. Pokud modřínku na naší lokalitě vidáme nebo její hnízdění preferujeme, zvolíme u chytré budky menší ze dvou velikostí otvorů, tj. 30 mm. Tímto menším otvorem se zabrání, aby obsadila budku silnější a agresivnější sýkora koňadra.  
 Sýkora modřínka dává přednost starším listnatým lesům před jehličnatými, obývá zahrady, parky, hrade, rybníky, břehové porosty nebo stromoradi. Ke hnízdění vyhledává dutiny stromů, skvry ve zdivu, parezy, pokud má k dispozici placi budku, rada jí obsadí. Místo pro hnízdo vybírají oba partneři, poslední slovo má zpravidla samička. Ta také hnízdo staví a sameček, aby se neřeklo, jí občas přinese materiál. Vystýčku dutiny tvoří zvířecí srst, chlupy, mech, žíně a perli.  
 Občas se na hnízde objevují malé chomáčky bavlny různé barvy, v budkách jsme pozorovali červené a modré.

Troufnete si podle ilustrací níže identifikovat jednotlivé složky hmyzí potravy, které přinesou rodiče např. v průběhu jedné hodiny a zařadit ji do skupin alespoň podle těchto řádů? Pokud se setkáš s různými vývojevými stadii nebo se setkáš s něčím, co se nedá rozeznat, můžeš toto pozorování zařadit do položky „neurčeno“. Je jasné, že uvidíš mnoho housenek, larv nebo kukel, se kterými by si neporadil ani odborník.



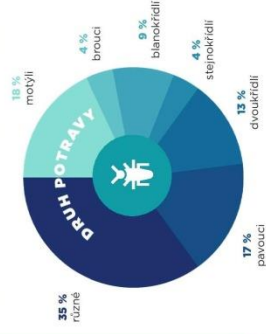
**brouci (Coleoptera)** nejpočetnější řád hmyzu – drobní brouci – tvoří potravu hlavně dospělých sýkor v průběhu roku, mláďata jimi ale pro tvrdé krovky nekrmí  
**motýli (Lepidoptera)** druhý největší řád hmyzu – dospělí motýli tvoří potravu konkrétně v průběhu roku, mláďata jsou krmena hlavně housenkami motýlů, které rodiče objevují na listech a kůře stromů, jsou měkká a pro mláďata snadněji stravitelná, tvoří velkou část potravy mláďat  
**blanokřídlí (Hymenoptera)** hmyz, který má dva páry blanitých křídel, jako vosy, včely nebo mravenci nemají příliš velký podíl v potravě sýkor. Obvykle požívají hlavně larvy tohoto hmyzu.  
**stejnokřídlí (Homoptera)** různé mšice, cikády, pěnodělky, které prodlévají na listech stromů a sýkory je příležitostně objeví  
**dvoutřídlí (Diptera)** hmyz, který má pouze jeden pár blanitých křídel, jedná se o různé druhy much, které třeba odpočívají ve skulinách a sýkory na ně příležitostně narazí  
**pavouci (Araneae)** jsou největším řádem pavoučků, mají čtyři páry nohou a klepítka, tzv. chelicery, sýkory na ně narazí při svém každodenním pátrání po potravě a tvoří nemalý podíl jejich potravy



**Sýkory přinesly do budky miáďatům během svého pozorování od..... do.....**

..... ks motýlů  
 ..... ks brouků  
 ..... ks blanokřídlého hmyzu  
 ..... ks stejnokřídlého hmyzu  
 ..... ks dvoutřídlého hmyzu  
 ..... ks pavouků  
 ..... ks ostatní potravy, neurčené housenkou, larvy apod.  
**Celkem:..... ks potravy**

Dokázal bys připravit ze svého pozorování podobný graf ukazující složení potravy donesené miáďatům?





### Vajíčka ve snůšce

Všimni si velikosti a barvy vajíček. Jejich velikost je přibližně 15,5x12 mm a váží asi jen 1,3 g. Některá vajíčka mohou být o několik milimetrů větší nebo menší. Jsou tupě vejčitá až kulovitá. Mají bílý podklad a červenohnědé tečkované a skvrnitě zabarvení. Mají různou velikost skvrn a na tupém pólu vytváří čepičku nebo věneček.



**Podarí se ti podle záznamů polížených chytrou ptačí budkou nakreslit vajíčko ve skutečné velikosti a barevném provedení?**

Myslíš, že by se ti podarilo ze záznamů polížených chytrou ptačí budkou vypátrat, kdy přesně začala samička na vajíčkách pravidelně sedět?

Pozoruj, jak je sýkora modřínka čistotná. Hned po vyhlnutí mláděte odstraňuje skořápky z hnízda a často je i polyká. Je to pro ni zdroj vlápníku. Podobně to bude dělat i s trusem mláděte.



Rodič sýkory modřínky odstraňuje trus mláděte (vlevo) a komunikuje s mláděty (vpravo).



### Doba hnízdění sýkory modřínky

Sýkora modřínka hnízdí jednou až dvakrát za rok. Graf ukazuje časový průběh jejího hnízdění. Každý měsíc je rozdělen na tři období, tzv. dekadý, a v každé dekadě je zobrazen procentuální počet zahájených hnízdek.



První materiál se v budce objevil dne .....

Stavba hnízda v naší ptačí budce trvala ..... dní



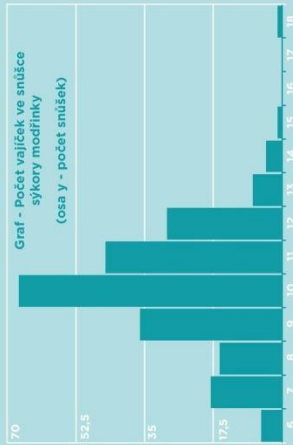
Sýkora modřínka s vajíčky



Všimni si, jak se sýkora při dokončování hnízda umí vrtět a tvarovat hnízdní kotlínu.

### Počet vajíček ve snůšce sýkory modřínky

Graf ukazuje obvyklý počet vajíček ve snůšce (n = 229 snůšek) n znamená počet snůšek, ve kterých se počítal počet vajíček. Kolik vajíček obsahuje snůška ve vaší budce? Je to počet obvyklý, srovnatelný s uvedeným grafem, nebo je úplně jiný? Pokus se vyslovit hypotézu, proč tomu tak je? Velikost snůšky může být ovlivněna dostupností a množstvím potravy, dobou hnízdění, stářím samičky nebo zda se jedná o náhradní snůšku, např. po předání hnízda. Náhradní snůška bývá zpravidla menší.



Hřabující sýkora modřínka



Kompletní snůška v naší budce obsahuje ..... vajíček.

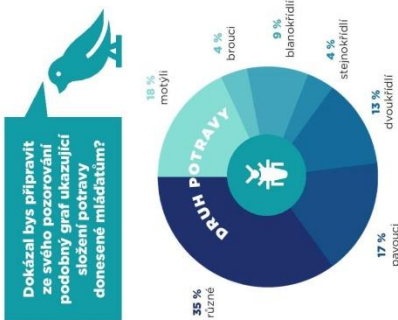
Počet je srovnatelný /nižší/ vyšší než obvyklé počty vajíček ve snůšce uváděné v grafu. ....

**Zastoupení potraviny** je u modřinky velice podobné jako u koňadry. Pokud si dáš práci a pokusíš se rozlišovat druh potraviny tak, jako bylo popsáno u sýkory koňadry, můžeš vytvořit graf, který bude složením velice podobný.

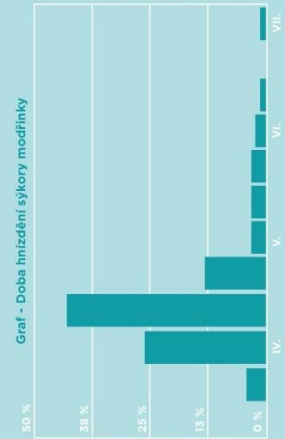
**Sýkory přinesly do budky mláďatům během mého pozorování od..... do.....**

- ..... ks motýlů
- ..... ks brouků
- ..... ks bianokřídlého hmyzu
- ..... ks stejnokřídlého hmyzu
- ..... ks dvoukřídlého hmyzu
- ..... ks pavouků
- ..... ks ostatní potraviny, neurčené housenky, larvy apod.

**Celkem:..... ks potraviny**



**Dokázal bys připravit ze svého pozorování podobný graf ukazující složení potraviny donesené mláďatům?**



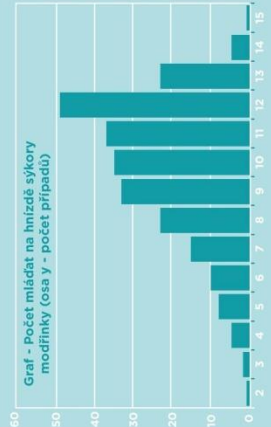
Hnízdění úspěšnost sýkor modřinek je 56,2 %. Rodiče se o mláďata starají zhruba dva až tři týdny, v průměru 15-23 dní, ale poté, co opustí budku, je rodiče ještě dokrmují. Na podzim se začínou rodiny potulovat krajinou a srážovat do větších hejn, ve kterých se mláďata drží s rodiči přes celou zimu. V předjaří jsou mláďata již po hlavně dospělá, osamostatní se a začínou hledat partnera pro založení vlastní rodiny. Kroužkováním se zjistil věk nejstarší sýkory modřinky v České republice, která se dožila minimálně 11 let a 7 měsíců. Byla kontrolována kroužkovatelem a znovu vypuštěna, takže se mohla dožít o něco déle.

**První vajíčko bylo sneseno dne .....**

**Poslední mláďátko opustilo budku dne .....**

**Celková doba hnízdění od snesení 1. vajíčka do vyletnutí posledního mláďátka byla .....** dní

**Porovnej dobu hnízdění sýkor v budouce uveřejněným grafem a zjisti, zda vždy hnízdění probíhalo v obvyklém termínu.**



**Pozoruj, zda se vylišnou mláďata ze všech snesených vajíček a počtem jejich počet**

**Pozoruj průběh hnízdění a zaznamej jakoukoliv událost, která přivěří rodinu o mláďata, může to být útok predátora nebo nedostatek potraviny.**

**Hnízdění končí v momentě, kdy mláďata začíná jeden za druhým opouštět budku. Pozoruj a poznamej si okamžik, kdy opustí budku první mláďátko a kdy poslední. Někdý to je během chvíle, jindy to trvá docela dlouho. Často přiletí do prázdné budky rodič s housenkou v zobáku a zjisti, že omladina je už dávno pryč. Poslední mláďátko opustilo budku dne .....** hodin.

**Zbarvení sýkory koňadry a modřinky - omalovánka**

Sýkory koňadry a modřinka se od sebe liší nejen velikostí, ale i zbarvením. Z chytře budky máš dobře vypořávané, jak jednotlivé sýkory vypadají, a tak si to shrneš. Hlava sýkory koňadry je na temeni, čele, bradě a týlu sytě černá a na tvářích, přuších a zátylku bílá. Lopatky a hřbet jsou žlutavé a žlutozelené, kostřec a ocasní krovky jsou modrosedé. Pera křídel jsou modravé šedá s bílým proužkem. Přední část těla je žlutá. Od hrda se středem prsou a břicha táhne široký černý pruh v případě samečka, anebo úzká, často přerušovaná černá linka v případě samičky, která již nezasaahuje mezi nohy. To je jediný výrazný určovací znak, bohužel při pohledu kamerou, sestřoua není téměř nikdy znatelný. Někdý se ale sýkory natocí do nezvyklé pozice, například při šplhání po stěně budky a ukáží přední část svého těla, podle které se dá poněkud lépe snadno rozeznat: u oba rodiče okroužkované. Samička měla kroužek Narodní muzeum Praha na levé noze a sameček na pravé. Oba byli po celou dobu hnízdění snadno rozeznatelní.

Sýkora modřinka dostala jméno podle svého zbarvení. Krásně blankytné modře lesklá barva se v létě vyjímá na samečkovi, samička se spokojuje skromou nenápadnou matně modrou. Mají ji nevyraznější na vrcholku hlavy, perech ocasu a na křídlech. Oba mají nevyrazně bílé čelo, výrazný nadoční proužek tváře a přuších. Proužek přes oko je šedomodrý, pásek na zadní části krku je modročerný s bílou skvrnou na zátylku. Brada je šedá, prsa a boky žluté, bráško žlutobílé a spodní krovky ocasních per žluté. Hřbet, kostřec a rýdovaci pera jsou šedomodré. Špičky křídleních krovek tvoří na křídlech nevyrazný bílý proužek a pera křídel jsou spíše do šeda. Dá se říct, že na první pohled je modrozelená nvrchu a žlutá zespoda.

Při podrobnějším zkoumání v budouce začneš rozlišovat jednotlivé detaily. Dokážeš vybarvit obě sýkory na následující stránce? Můžeš se dokonce naučit namalovat obrys těla podle naznačeného tvaru. A pokud si troufneš, můžeš se pokusit vybarvit detaily tohoto obrysu.



**DRUH**

**ČELEĎ**

**VĚDECKÝ NÁZEV**

**VELIKOST**

**HMOTNOST**

**POTRAVA V LÉTĚ**

**POTRAVA V ZIMĚ**

**VÝSKYT V ČR**

**POČET V ČR**

**BUDKA**

**VLETOVÝ OTVOR**

**HLOUBKA DŮTINY**

**VELIKOST DŇA**

**Špaček obecný**

Špačkovití

*Sturnus vulgaris*

19–22 cm

60–90 g

Široké spektrum hmyzu

Dužnaté plody, např. bezu, vinné révy, oliv, třešni

Na celém území až do výšky 1290 m n. m.

Druh tažný, zimoviště v jižní Evropě

nebo severní Africe

0,9–1,8 mil. hnízdicích párů

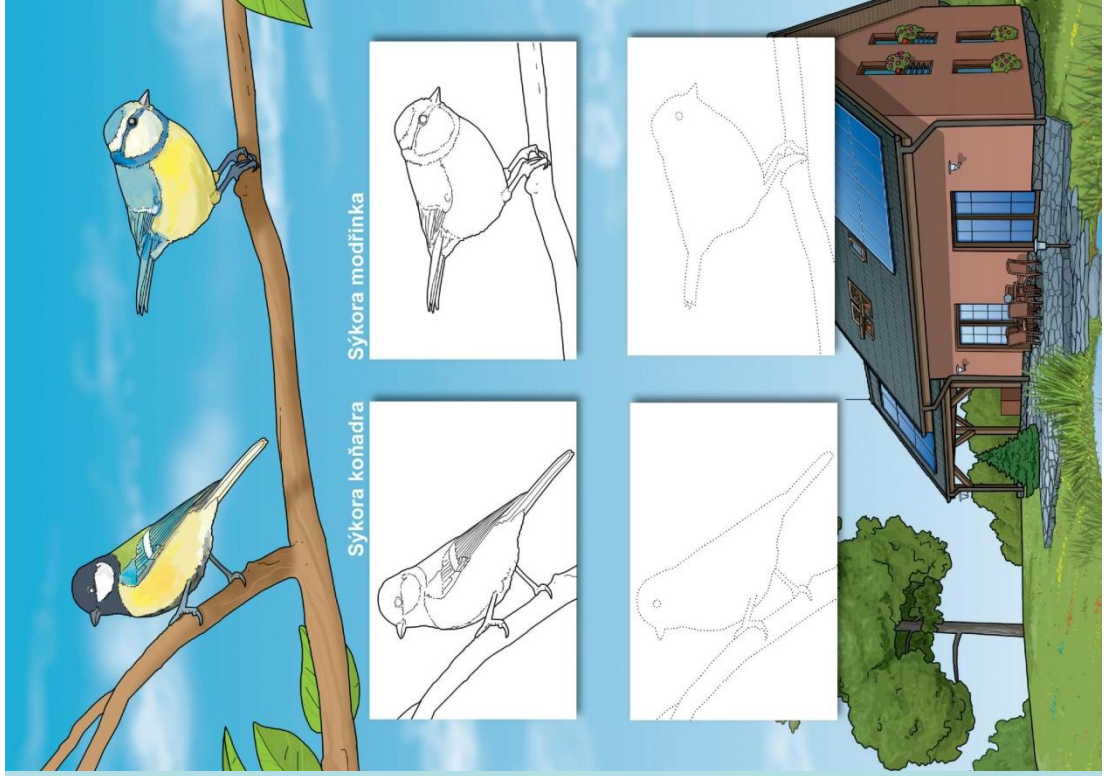
45 mm

25–30 cm

15x15 cm



Další obyvatel ptačích budek, a jediný z čeledi špačkovitých žijící na našem území, je **špaček obecný**. Tedy, pokud nepočítáme jeho příbuzného špačka růžového, který k nám občas zaletí z jižní Evropy a loskutáče posvátného nebo majnu Rothschildovu, známou z většiny zoologických zahrad v České republice. Všichni tyto špačkovití ptáci mají schopnost si zapamatovat a používat různé hlasy, které náhodně slyší. Jsou schopni imitovat vážnou hudbu, kdákající slepici nebo bažanta. Nezřídka jsme byli svědky takových dech-beroucích hlasových projevů samečka v chytře ptačí budce, kde lákal samičku na roztodivné projevy jeho umění.



Sýkora koňadra

Sýkora modřínka

**Počet vajíček ve snůšce špačka obecného**



**První materiál se v budce objevil dne .....**

**Stavba hnízda v naší ptačí budce trvala .....**

**Registrujete nezvyklé hlasové projevy samečka? Poznámenej si označení záznamů .....**

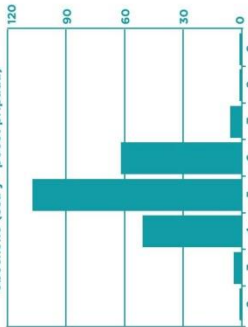
**Dokážeš rozpoznat rozdílnou barvu zobáku a oční duhovky u samce a samice?**

Graf ukazuje obvyklý počet vajíček ve snůšce (n = 232 snůšek)  
**n** znamená počet snůšek, ve kterých se počítal počet vajíček.

Kolik vajíček obsahuje snůška ve vaší budce? Je to počet obvyklý, srovnatelný s uvedeným grafem, nebo je úplně jiný? Pokus se vyslovit hypotézu, proč tomu tak je?

Velikost snůšky může být ovlivněna dostupností a množstvím potravy, dobou hnízdní, stářím samičky nebo zda se jedná o náhradní snůšku, např. po předaci hnízda. Náhradní snůška bývá zpravidla menší.

Graf - Počet vajíček ve snůšce špačka obecného (osa y - počet případů)



**Kompletní snůška v naší budce obsahuje .....** vajíček.

**Počet je srovnatelný/mišší/vyšší než obvyklé počty vajíček ve snůšce uváděné v grafu.**

**Vajíčka ve snůšce**

Asi ti neušlo, jak jsou vajíčka zbarvená. Jsou jednobarevná, světle modrá s jemným zelenavým nádechem. Jejich velikost je přibližně 30x21,3 mm a váží asi 7 g. Skorápka je drsnější s patrnými póry a rýhami.

**Podarí se ti podle záznamů porfazených chytrou ptačí budkou nakreslit vajíčko ve skutečné velikosti a vystihnout správnou pastelkou jeho barvu?**

**Myslíš, že by se ti podařilo ze záznamů porfazených chytrou ptačí budkou vypátrat, kdy přesně začne samička na vajíčkách pravidelně sedět?**

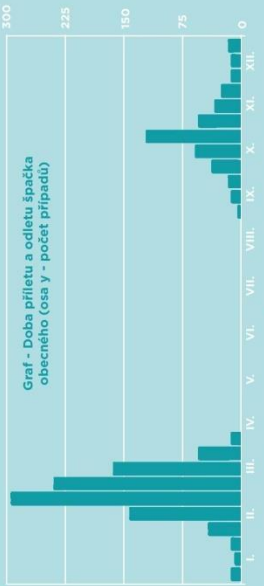


**Podívej se na příklad hlasového záznamu, tzv. sonogramu špačka obecného z chytřé ptačí budky a pokus se určit jednotlivé hlasy, které špaček limituje? Poznáš v záznamu žlunu, racka, skřívana, bažantů, kvočnu nebo lidský hlas?**



Sameček špačka obecného se snaží zaujmout partnerku přineseným květem

<https://www.xeno-canto.org/387802>  
<https://www.placi2020.cz/ucz/cz/zaznamy?video=109721>



Špaček patří k částečně tažným ptákům. Špačci žijící na jihu a západě Evropy jsou stále a čím více severněji a východněji se vyskytují, tím tažnost přibývá. Ve střední Evropě, a tedy i u nás, může špaček zimovat, ale jedná se spíše o velmi vzácnou výjimku. Sameček a samička jsou na první pohled od sebe nerozeznatelní. A jsou od sebe těžko detailů. Víšek těla špačka je černý, zeleně a fialově lesklý, na hlavě je spíše zeleno až modroleský. Špičky per nového perí jsou okrové a na spodní straně černé s bílými skvrnami. Černé perí s bílou špičkou na hrdle má sameček o 3 a více mm delší než samička. Studentka, která analyzovala hnízdní špačků v naší chytřé budce zjistila, že samec měl sytě žlutý zobák a světle hnědou duhovku oka, zatímco samice měla tmavší barvu zobáku bez odlesku a světle hnědou duhovku oka s černým proužkem uprostřed.

Špaček obývá biotopy od nížin po pahorkatiny, hnízdí v budkách nebo dutinách stromů lužních lesů, zahrad, hrází rybníků nebo stromotřadích. Známé jsou i případy hnízdní v dutinách staveb nebo dráčích zateplení domu vysekávaných strakopoudem. Vystýčku dutiny tvoří ze slabých větviček, suché trávy, koflíků slámy nebo kůry a samotnou kotlunu pro vajíčka dotvoří chlupy, kousky trav nebo jemným perím. V mnoha chytřích budkách jsme zaregistrovali samečka přinášejícího do budky čerstvé květy pro samičku. Snažil se jí nalákat na květ pryskyřníku, jiný zase na květ hluchavky. Někteří pozorovali ale prokázala, že rostlinný materiál dávají do hnízda z důvodu snižování počtu parazitů ale prokázala zlepšování kondice miádat. Samci žijí většinou s jednou samičkou (jsou monogamní), ale v případě místa s vyšším výskytem hnízad mohou hnízdit se dvěma až s pěti samičkami.





**První vajíčko bylo sneseno**  
dne .....

**Poslední mládě opustilo budku**  
dne .....

**Celková doba hnízdění od snesení 1. vajíčka do vyletnutí posledního mláděte byla**  
..... dní

**Porovnej dobu hnízdění špačků v budce s uvedeným grafem a zjisti, zda vaše hnízdění proběhlo v obvyklém termínu.**

**Podobně jako u sýkor mužes provést analýzu potravy špačka obecného a připravit graf, který bude zobrazovat zastoupení jednotlivých složek potravy.**

Pokud porovnáš graf obvyklého počtu vajíček ve snůšce s následujícím grafem, který ukazuje počty mláďat na hnízdech, pak zjistíš, že se stává, že některá mláďata se z vajíčka nevyvíjejí nebo dokonce umírají. Ani špačkové jako ostatní větší ptáci, to vůbec nemají lehké. V chytřích budkách jsme byli svědky během jednoho hnízdění postupného mizení mláďat. Dlouhým zobákem, který se objevoval na záberech z kamery, jednoho po druhém vytahovala straka obecná. Uvádí se, že ztráty mládě generace jsou až 85 %. Znamená to, že ani pětina mláďat se nedožije jednoho roku.

Kroužkováním se zjistí věk nejstaršího špačka obecného v Dánsku, který se dožil 22 let a 11 měsíců. To jsou už velmi vzácné případy.

Graf - Počet mláďat na hnízdě špačka obecného (osa y - počet případů)



**Pozoruj, zda se vyvílí mláďata ze všech snesených vajíček a poznamenej jejich počet** .....

**Pozoruj průběh hnízdění a zaznamenej jakoukoliv neobvyklou událost.**

**Hnízdění končí okamžikem, kdy mláďata začnou jeden za druhým opouštět budku. Pozoruj a poznamenej si okamžik, kdy opustí budku první mládě a kdy poslední. Poslední mládě opustilo budku dne..... v..... hodin.**

**Zastoupení potravy**

Během prvního hnízdění je potrava špačka obecného jednoznačně živočišného původu – jsou to různí brouci od nosatců po střevlíky, dlouhokřídlí, dvoukřídlí nebo motýli. V průběhu léta, když začne dozrávat dužnaté ovoce, špačci se zaměří vyhradně na ně.



**Doba sezení samic na vajíčkách v naší chytřé ptačí budce je**  
..... dní

**První mládě se vyvílí**  
dne .....

**Poslední mládě se vyvílí**  
dne .....

**Všechna mláďata se vyvílí během**  
..... dní

**Pozoruj a poznamenej si cokoliv neobvyklého, např. jestli sameček přinesl do hnízda nějakou rostlinu nebo její květ. Podají se ti určitě její druh?**

Vajíčka jsou snášena denně a sezení na nich začíná po snesení toho posledního. Sedí na nich sameček i samička, během noci většinou jenom samička. Dá se říct, že sameček a samička inkubují pravidelně, pokud ale má sameček více hnízd s více samičkami (říkáme, že je polygyim), tak se na zahřívání vajíček dalších hnízd obvykle nepodílí.

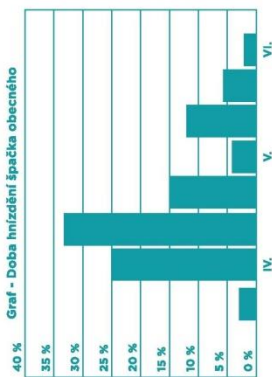
Ve vajíčkách se zatím vyvíjí ze zárodku malá holiátka, které se začínou líhnout po necelých dvou týdnech sezení. Délka sezení trvá 12-13 dní a mláďata jsou po vyvílení zahřívána samičkou a krmena samečkem. Zakrátko mláďata krmí oba rodiče a zhruba za tři týdny (16-24 dní) budou připravena staršími jedinci se skupují a postupně se houfují do větších hejn. Hejna pravidelně nocují v rákosinách nebo ve větších na stromech. Potulují se krajinou, zaměřují se na místa, která jim poskytnou potravu, jako třeba čerstvě posekané louky, sady nebo vinohrady. Je to opravdově podivná pozorovat hejno špačků v letu, jak se – jako obrovská koule – přelévá nad krajinou. Je celkem běžné, že některá větší hejna dosahují až sto tisíc jedinců.



Čerstvě vyvílí mláďata špačka obecného (Vlevo) a rodič krmící mláďata (vpravo)

**Doba hnízdění špačka obecného**

Špaček obecný hnízdí jednou až dvakrát za rok. Graf ukazuje časový průběh jeho hnízdění. Každý měsíc je rozdělen na tři období, tzv. dekády, a v každé dekadě je zobrazen procentuální počet zahájených hnízdění.



Graf - Doba hnízdění špačka obecného

ného v letu nebo si můžete všimnout, jak se dvoří samičky. K hnízdění si vybírá skulinu s prostornější dutinami na vyškových stavbách, kde může snadno přistát nebo se zavěsit na své zkrácené nohy, tzv. pamproďáky. Pokud by se z nějakých důvodů ocitl na zemi a není schopen vzlétnout, v takovém případě je potřeba ho vyzvednout do výšky a nechat odletět.

Rorýsi jsou natolik oblíbeným ptákem, že jim světová organizace Rorýsů bez hranic zařadila na **7. června** Mezinárodní den rorýsů. Slavit tak můžete společně se všemi 20 druhy rorýsů žijících v Evropě, Asii, Africe a Austrálii.

Chytrá ptáčí budka pro rorýse má stejné monitorovací vybavení jako pro sýkoru nebo špačka. Je zavěšená na nejvyšších místech vyškových budov, nejlepe na severní straně. Pod budkou je nutné mít alespoň pět metrů volného prostoru pro manévrování při přeletu nebo odletu. Pokud hrozí hlukový nebo světelný smog, je dobré se raději pohlednout po jiném místě. A nesmíme zapomenout na dostupnost internetové zásuvky, která musí být v dosahu nejvýše 50 metrů. Pomocí chytré rorýsí budky budeme moci spolehlivě zaznamenat jarní přilet do budky, dobu hnízdění, počet vajíček nebo počet vyfíhnutých mláďat, které můžete srovnávat s údaji v následujících grafech.

Pozorně a porovnejte obvyklou dobu přiletu a odletu rorýsů ve vašem okolí podle grafu a ve skutečnosti. Mějte oči otevřené, rorýsi se zciztajasna objeví, ale jejich vzdušného hnízdění si všimne snad každý. A když zhruba za tři měsíce obloha ztichne, všimnete si toho také.

Vlastní pozorování si můžete postupně zaznamenávat a shrnout do fenologického deníku na str. 47. V následujících grafech můžete prozkoumat rozdíl tvých pozorování a pozorování publikovaných v odborné literatuře.



Poprvé se objeví rorýs obecný v budce

dne .....

První materiál se v budce objevil

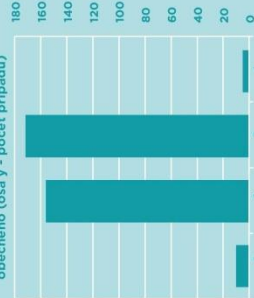
dne .....

Stavba hnízda v naší

ptáčí budce trvala

..... dní

Graf - Počet vajíček ve snůžce špačka obecného (osa y - počet případů)

**DRUH**

Rorýs obecný

Rorýsovití

*Apus apus*

17–19 cm

34–52 g

Členovci

létající aktivně i pasivně

vzduchem

Na celém území až do výšky 1300 m n. m.

Druh tažný se zimovištěm jižně od rovni-

ku, od Konga po Jihoafrickou republiku

60–120 tisíc hnízdičích párů

**VĚDECKÝ NÁZEV****VELIKOST****HMHOTNOST****POTRAVA V LÉTĚ****VÝSKYT V ČR****POČET V ČR****BUDKA****VLETOVÝ OTVOR****HLOUBKA DUTINY****VELIKOST DNA**

Oválný 7x3,5 mm

2 cm

18x15x33 cm (hloubka x výška x šířka)

# RORÝS OBEČNÝ



Co se týká rychlosti a schopnosti manévrování, rorýs je jedním z nejlepších letců vůbec. V letu stráví většinu svého života až na krátké hnízdní období, kdy usedá v různých šterbinách budov nebo hnízdní budce a pečuje o mláďata. Přilétá na přelomu měsíce dubna a května a dlouho se nezdrží, protože po vyvedení mláďat se již na přelomu července a srpna opět vrací do zimovišť.

Jeho pevná srovnitě zahnutá křídla z něho ve vzduchu dělají mistra. V celé ptáčí říši je jen málo druhů, kteří jsou takto dobře aerodynamicky a anatomicky vybaveni, schopní téměř celoživotně žít v letu. Jejich svalstvo zajišťující letací pohyby je takřka neunavitelné. Odhaduje se, že jsou schopni ročně nalézat téměř 200 000 km a jejich střemhlavá rychlost dosahuje až 220 km/h. Po zhlédnutí několika záběrů z chytrých budek tě udívá i jeho obratnost v omezeném prostoru budky. Kolébavými pohyby na krátkých nožkách se přemísťuje po budce a zručně staví hnízdo z materiálu nachyta-



**DRUH****REHEK zahradní**

Lejskovtří

*Phoenicurus phoenicurus*

14 cm

12-19 g

Hmyz, pavouci, různé bobule

Na celém území ve středních polohách, ale i do výšky 1330 m n. m.

Druh tažný se zimovištěm v západní, severní a severovýchodní Africe, jižní Evropě a Arábii.

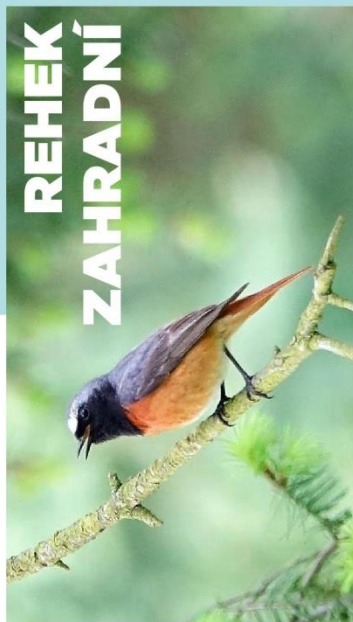
60 tisíc hnízdicích párů

**VĚDECKÝ NÁZEV****VELIKOST****HMOTNOST****POTRAVA V LÉTĚ****VÝSKYT V ČR****POČET V ČR****BUDKA****VLETOVÝ OTVOR****HLOUBKA DUTINY****VELIKOST DŇA**

45 mm

25 cm

14x14 cm



# REHEK ZAHRADNÍ

**Rehek zahradní** je velmi řídký, ale o to milejší návštěvník chytrých budek. Budku prozkoumává první sameček a společně s ostatními vhodnými dutinami je předvádí samičce. Na dutiny poukazuje předváděním svého výrazného bílého čela, zvláštními postoji a také zpěvem. Jeho zpěv často zachytí mikrofon z budky. Pokud samička budku vybere, pak vzápětí oba začínou stavět hnízdo. Sameček rehka zahradního má tváře a hrdlo černé, horní stranu těla modrošedou a spodní stranu rezavou. Jeho vědecké jméno je *Phoenicurus*, přiznačné je jeho zbarvení a pochází ze starořečtiny, „Phoinix“ znamená červený a „ouros“ - ocasní. Samička je hnědá, na spodní straně rezavá, podobná samičce rehka domácího, ale o trochu světlejší. Mladí ptáci jsou hnědaví a výrazně kropenatí. Ve všech šatech má rezavě červený kostřec a ocasní pera, kromě páru středních černohnědých per.

Graf - Doba hnízdění roryse obecného



Dospělí rorysi jsou velmi věrní svému rodišti a vrací se na něj prakticky celý život. Mladý rorys dospěje až koncem druhého roku a pokud se v kolonii uvolní hnízdní dutina, hned ji obsadí, i když zrovna nezahnízdí. Zájemné je, že partneri spolu žijí a hnízdí po celý život, ale na hnízdo společně nepřilétnou. Sektávají se až na hnízde a krátce poté dochází k páření. Páří se přímo na hnízde nebo v letu. Pokud mají ložské hnízdo, tak jej jenom částečně popraví a pokud staví nové, tak použijí směs různých stébel, vláken, vlasů, páří nebo kousků textilu. Podobně jako vlaštovka mísí materiál se slinami, a tak je hnízdo částečně i dobře zpevněné a takřka přilepené k podkladu.

Během pozorování si všimni, jak pár baví dělat spoustu věcí společně. Samička upravuje hnízdní kotlíku a sameček sedí opodál a přiležitostně se dvíří samičce a vzájemně se dotýkají zobáky. Pokud bude během inkubace vajec chladně a destivě počasí, lze očekávat, že se rorysi zbaví jednoho nebo dvou vajíček, protože za chladného a destivého počasí neuloví dostatek hmyzu.

Rodiče sedí na vajíčkách 18-20 dní a celkem pravidelně se střídají. Vajíčka jsou více protáhlá a zaspíkatělá až vejčítá. Jejich rozměr je 24,8x16,4 mm a váží přibližně 3,4 g. Jsou čistě bílá a hladká a mezi snesením jednotlivých vajíček uplyne 1-5 dní. Sezónu začínají rodiče po snesení druhého vajíčka.

Mladáta se vyhnou během dvou nebo tří dnů a jejich následný vývoj trvá déle než třeba u sýkor. Během 25 dnů dosahují podobné hmotnosti jako rodiče a pro případ neřízné počasí mají dostatečné množství rezervních látek, které jim umožní hladovět bez větších následků 1 až 2 týdny. Hnízdo opouští obvykle v období od 35 do 57 dnů po vyfuknutí, podle počasí a dostupnosti hmyzu.

V chytré budouce jsme pozorovali vývoj jednoho mláděte za nepříznivého počasí. Rodiče toto mládě nakonec opustili, aby se alespoň oni sami mohli bezpečně vrátit zpět na zimoviště.

Nejvyšší zaznamenaný věk roryse pozorovali ornitologové ve Švédsku, kteří našli okroužkovaného jedince ve věku 21 let a 1 měsíc.



Námluky roryse obecného (vlevo) a předvádění potavy rodiči mládětům (vpravo)



**První vajíčko bylo sneseno dne** .....

**Počet vajíček celkem** .....

**Poslední mládě se vyhlilo dne** .....

**Poslední mládě opustilo budku dne** .....

**Celková doba hnízdění od snesení 1. vajíčka do vyjmutí posledního mláděte trvala** .....

**Porovnej dobu hnízdění rehků v budce s uvedeným grafem a zjisti, zda hnízdění probíhalo jako u většiny sledovaných rehků, nebo v méně obvyklém termínu.**

Graf - Doba hnízdění rehka zahradního



**Narazíš-li na jakékoli zajímavé pozorování, můžeš si jej poznamenat do fenologického deníku na straně 47.**



Samička rehka zahradního provádí prvotní průzkum budky



Samička rehka zahradního u hnízda s vajíčky

Graf - Doba přiletu a odlétu rehka zahradního (osa y - počet případů)



**Pozoruj, jak dlouho po první návštěvě budky se začali rehkové věnovat stavbě hnízda.**



**Poprvé se objevili rehek zahradní v budce dne** .....

**Byl to sameček nebo samička?** .....

**První materiál se v budce objevil dne** .....

**Stavba hnízda v chytřé budce trvala** .....

Graf - Počet vajíček ve snůšce rehka zahradního (osa y - počet případů)






Vajíčka rehka zahradního jsou hladce zelenomodrá. Jak je patrné z výše uvedeného grafu, nejčastěji mívá snůška šest vajíček.




Sameček rehka zahradního předává kořist samičce sedící na vajíčkách (vlevo) a mláďata před opuštěním hnízda (vpravo)



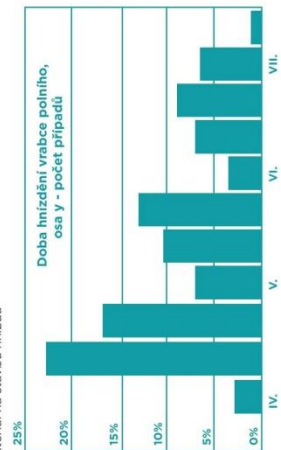
ptáky přejde jejich stavební úsilí a začnou se soustředit na snášení vajíček nebo krmení mláďat. V tomto okamžiku rozhrneme klenbu tak, aby se odblokovala kamera směřující přímo na vajíčka a umožnilo se nám sledování. Může se stát, že vrabci tento nedostatek opět napravit doplněním dalšího materiálu a kameru nám znovu zakryjí. Po dalším našem pokusu už to zpravidla vyjde. Ptáci už se plně věnují hnízdění a v kotlince se objevuje zpravidla 5-6 vajíček v závislosti na pořadí snůšky. Snůšky mohou mít až tři ročné. Pokud se ve snůšce objeví více vajíček, může to znamenat, že je do hnízda snesla další samicčka. Obě sady mohou být od sebe rozzeznatelné podle různého zbarvení. V případě vrabců bude přes nahromaděný hnízdní materiál složitější cokoliv vypozorovat, ale zkusíme to:

 <p><b>První materiál se v budce objevil</b> dne .....</p> <p>• <b>Stavba hnízda v naší ptáčí budce trvala</b> ..... dní</p>	 <p><b>Kameru začíná blokovat hnízdní materiál dne</b> .....</p> <p>• <b>Obraz kamery je úplně zablokován</b> dne .....</p> <p>• <b>Obraz kamery je po našem zásahu opět odblokován</b> dne .....</p>	 <p><b>Vrabci snesli první vajíčko</b> dne .....</p> <p>• <b>Vrabci snesli poslední vajíčko</b> dne .....</p> <p>• <b>Celkový počet vajíček ve snůšce</b> .....</p>
---	--	--



Vrabec polní přináší další materiál na stavbu hnízda

**PRO POROVNÁNÍ UVÁDÍME DOSAVADNÍ POZNATKY O ZAHÁJENÍ HNÍZDĚNÍ A POČTU VAJÍČEK VE SNŮŠKÁCH, KDE MŮŽEŠ OVĚŘIT, JAK JSOU NA TOM VRABCI VE TVÉ BUDCE.**



<b>VRABEC POLNÍ</b> Vrabcovití <i>Passer montanus</i> 12-14 cm 20-24 g Hlavně rostlinná složka (různá semena rostlin, pupeny) ale i hmyz Různá semena a bobule Na celém území ve středních polohách ale i do výšky 1330 m.n.m. Stálý druh 400-800 tisíc hnízdicích párů	<b>DRUH ČELEĎ</b> <b>VĚDECKÝ NÁZEV</b> <b>VELIKOST</b> <b>HMOTNOST</b> <b>POTRAVA V LÉTĚ</b> <b>POTRAVA V ZIMĚ</b> <b>VÝSKYT V ČR</b> <b>POČET V ČR</b> <b>BUDKA</b> <b>VLETOVÝ OTVOR</b> <b>HLOUBKA DUTINY</b> <b>VELIKOST DNA</b>
--	--



**Vrabec polní** je taková okřídlená myška. Celkem nenápadná, neobčejně hbitá a míštná. Je velice zvyklá a přitom opatrná. Zdržuje se v blízkosti člověka a ve větších skupinkách všude tam, kde má dostatek potravy. Často si hnízdo postaví několik párů ve velkém hnízdě, např. čápa nebo volavky. Dříve dokonce hnízdili ve skulinách po vypadlých kamelech ve studnách. Odtud se jim přezdívalo studňáři. V dnešní době staví hnízda ve stromech a na místech s dostatkem dutin. Případně v hnízdních budkách. Pokud se mu zalíbí chytrá ptáčí budka, máme o zábavu postaráno. Jeho hnízdo je totiž ohromně rmožství téměř libovolného materiálu od větviček, perí, suchého listí, mechů až po různé bavinky nebo stonky rostlin. Obá partneri průběžně dopravený materiál upravují svými tělčky. Materiál se jejich neustálým vrtním navyšuje podél stěn, až vytvoří klenbu, která jim uzavře hnízdní kotlinku s chodbičkou k vajíčkům umístěným hluboko dole. Bohužel nám tato klenba úplně zaocloni kameru umístěnou na stropě a máme po pozorování. Nezbyvá, než několik dní počkat, až

**DRUH  
ČELEŘ  
VĚDECKÝ NÁZEV**

Puštíkovití  
*Athene noctua*

23–25 cm

150–250 g

Bezobratlí a drobní obratlovci

Ostrůvkovitě SZ Čechy, jižní a střední  
Morava, ojediněle Píseňsko, Chlumecko

Druh stálý, ojediněle přelétavý

100–130 hnízdicích párů

Kriticky ohrožený na území ČR

**POČET V ČR**

Kriticky ohrožený na území ČR

**STUPEŇ OHROŽENÍ**

Různé typy

75 mm

20 cm

30x42 cm

Různé typy

75 mm

20 cm

30x42 cm

Různé typy

75 mm

20 cm

30x42 cm

Různé typy

75 mm

20 cm

30x42 cm

**SÝČEK  
OBECNÝ**

**Sýček obecný** je menší sovička velká zhruba asi jako kos, má širokou plochou hlavu a krátký ocas. Vespodu a seshora má četné skvrny, které mu poskytují spolehlivé maskování. Naspodu je spíše bělavý s podélnými tmavohnědými skvrnami a seshora má skvrny bělavé na tmavě hnědém podkladu. Létá v dlouhých obloucích často nízko při zemi a nezdívka tento způsob využívá k lovu. Loví většinou za šera, někdy i během dne. Většinou se ale během dne zdržuje v úkrytech pod střešními, ve výklencích, v dutinách nebo na stromech. Rad se koupě během dne a také se rád sluní během letních slunečných dní.

Zatímco v uplynulých stoletích sýček býval běžnou sovičkou žijící v každé obci v několika párech, dnes se s ním už téměř nesetkáme. Změna způsobu hospodaření a péče o krajinu byla v 50. letech minulého století takového rozměru, že pro sýčka už přestala existovat vhodná místa k přežití. Jeho prostor se omezil na několik lokalit, které nezměnily způsob hospodaření vůbec nebo pouze v malém rozsahu. Vyskytuje

Graf - Počet vajčáček ve snůšce vrabce polního, osa y - počet případů



Podiváte-li se pozorně na vrabčí obyvatele budky, zjistíte, že se sameček od samičky takřka neliší. Oba jsou zbarvení stejným způsobem. Vrášek hlavy je hnědý s nádechem rudé až fialové. Uzdíčky, hrdlo a skvrna na příuších jsou černé a od týlu až ke krku se táhne bílý límeček. Hřbet je rezavý a podélně černě proužkovaný. Kostřec, boky a ocasní pera jsou šedohnědá se světlým lemováním. Na hnědočerné strakatých křídlech jsou patrné dva bílé proužky.

Po 12 až 14 dnech sezení na vajčících se lihnou mláďata. Oba rodiče je krmí 15–16 dní, ale v té době ještě nejsou samostatná. Samostatnost dosahují až po dalších 8–10 dnech po opuštění hnízda.

Potrava vrabce polního je převážně rostlinná, v hnízdním období živočišná - převážně hmyz, občas koryši nebo měkkýši. Z hmyzu např. mouchy, pestřenky, mravenci, motýli nebo jejich larvy a v době přemnožení i mšice. Prostě všechno to, co se dá nalézt na větvích a listech keřů a stromů.



**První vajčáčko bylo sneseno dne .....**

**Poslední mládě opustilo budku dne .....**

**• Celková doba hnízdění od snesení 1. vajčáka do vyfúknutí posledního mláděte trvala .....**

**• .....**

**Porovnej dobu hnízdění vrabců polních v budce s uvedeným grafem a zjisti, zda hnízdění probíhalo jako u většiny sledovaných vrabců polních, nebo v méně obvyklém termínu.**

**Dokážeš vypočítat další podobné zajímavosti ze života a hnízdění vrabčí rodiny?**

**Dokážeš vypočítat několik případů, které prozradí jakou stravu noví rodiče mláďatům?**

**V budkách jsme pozorovali, jak vrabec polní nemilosrdně zničil snůšku vajčeka obecného. Vrabec vajčeka rozkládal, snědl a skoráplý vynázel.**

**20. dubna** se každoročně připomíná Světový den vrabců, aby připomenuli, že tento dravý běžný pták je dnes v mnoha zemích Evropy mizivým druhem. Čeleď vrabcovití tvoří 43 druhů vrabců a pěnkavků, kteří žijí téměř po celé Evropě, Asii a Africe. Jistě si naši pozornost zaslouží.





- DRUH**
- ČELEĎ**
- VĚDECKÝ NÁZEV**
- VELIKOST**
- HMOTNOST**
- POTRAVA V LÉTĚ**
- VÝSKYT V ČR**

**POČET V ČR**  
**STUPEŇ OHROŽENÍ**

**BUDKA**  
**VLETOVÝ OTVOR**  
**HLOUBEK DUTINY**  
**VELIKOST DŇA**

**SÝC ROUSNÝ**  
Puštkovití  
*Aegolius funereus*  
22-27 cm

Samec 95-110 g, samice 123-210 g  
Drobní hodavci a ptáci  
Hlavně v horských oblastech, proniká i do středních poloh ve vnitrozemí  
Druh stálý a přelétavý

1500-2.000 hnízdičích párů  
Silně ohrožený na území ČR

80 mm  
55 cm  
19x10 cm



**Sýc rousný** se na rozdíl od sýčka obecného zdržuje výhradně v lesních porostech. Pokud zrovna nemůže najít dítinu po dítině, velmi rád pro svá hnízdička využije ptáčí budku a nebojí se zahnízdit ani v budce s kamerou. Sýc rousný byl u zrodu chytrých ptáčích budek v Krušných horách, kde probíhá výzkum tamní populace již přes 20 let. Symbolicky bude tedy posledním druhem popisovaným v naší galerii návštěvníků chytrých ptáčích budek. Sýc nejčastěji loví/hlodavce, nejraději má hraboše a myšice, a jen z malé části drobné ptáky a výjimečně přinese i hmyz. Hnízdí zpravidla ledenkrát, ale někdy i dvakrát za rok a ve snůšce klade zpravidla od 4 do 7 vajec podle množství potravní nabídky drobných savců. Páry nejsou trvale a vytvářejí je opětovně každým rokem. Na obrázku na str. 13 je znázorněn „obrněný“ sýcovník ve verzi offline. Plech pokrývající budku slouží jako ochrana před vniknutím kuny do budky, která se často živi vejci a mláďaty. To by znamenalo konec hnízdička. Nejednou jsme se o tom přesvědčili, když se kuně podařilo do budky proniknout.

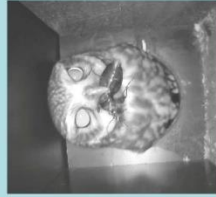
se tam, kde se nacházejí pastviny s nízko udržovaným porostem a hospodářské budovy, ve kterých sýček nachází klidné úkryty pro hnízdička bez přístupu predátorů. Jeho počty jsou také ohrožovány dopravními prostředky, se kterými se často střetává, různými nadřizemi na vodě, ze kterých se nedokáže dostat ven a nezřídka se v nich utopí. S intenzifikací zemědělské výroby jde ruku v ruce přílišné užívání chemie, která otravuje život nejen těmto malým sovičkám. Fakulta životního prostředí se podílí na výzkumu biologie sýčka obecného provozováním chytrých ptáčích budek umístěných na několika lokalitách v severních Čechách. Technologie kamerového systému je opět stejná jako u sýkorníků, ale dřevěná konstrukce budky je modifikována tak, aby vyhovovala sýčkoví. I přesto, že sýček je zvyklý na přítomnost člověka žijícího v jeho blízkosti, ne vždy je zde dostupné internetové připojení. Proto jsme vyvinuli pro jeho monitorování jak variantu offline, tak online. Záznamy z budek sýčků jsou rovněž ukládány na webových stránkách ptacionline.cz.



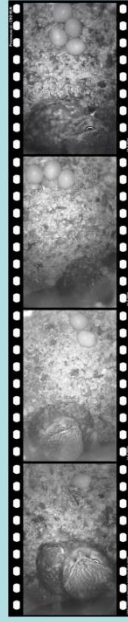
Sýček obecný u chytré ptáčí budky



Par sýčků obecných u chytré ptáčí budky (ve spodní budce je umístěna baterie)



Sýček obecný přináší kořist mláďatům

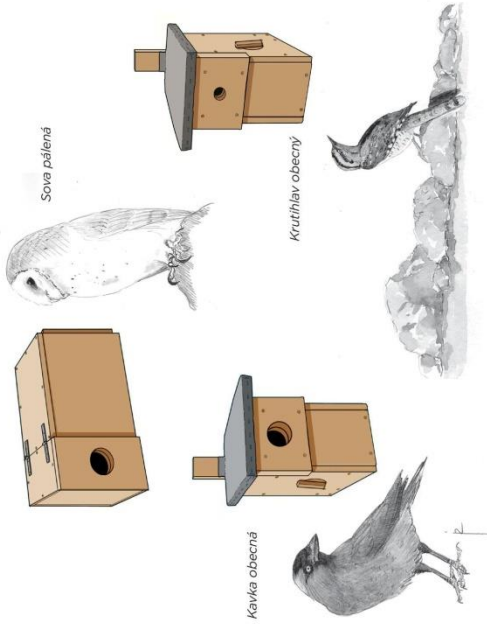


Samička sýčka obecného s vejčky

## CHYTRÁ PTAČÍ BUDKA TROCHU JINAK

Poté, co jsme společně se skvělými školními týmy vybudovali stabilní síť pro monitoring hnízdění běžnějších druhů ptáků, které žijí hlavně v městském prostředí: školních zahrad, soustředíme se nyní na další druhy hnízdičů v dutinách. Vedle zmiňovaného rorýse obecného dokončujeme úpravu chytré ptačí budky pro sovu pálenou, kavku obecnou a krutihlavu obecnou. Větší provedení budky slouží pro kavky (dno o velikosti 20x20 cm s vletovým otvorem o průměru 60 mm) i pro krutihlavy (ti mají vletový otvor o velikosti 35 mm).

Uvítáme, když navštívíte naše webové stránky [ptacionline.cz](http://ptacionline.cz), kde si můžete prohlédnout hnízdní i mimo hnízdní aktivity ptáků (i savců) v našich chytrých budkách umístěných hlavně v Čechách, ale i v Polsku nebo Severní Americe. **Nášim velkým potěšením bude, když tě některé ptačí chování zaujme a budeš si ho pamatovat.** Budeme také moc rádi, když si uvědomíš, že i ptáci a ostatní organismy potřebují své specifické podmínky pro život a hlavně – tak jako my – mají rádi dostatečně čisté a nenarušené životní prostředí. A pokud bys zjistil nebo zjistila, že tě takové zkoumání moc a moc baví a chceš být spolupracovníkem na opravdovém výzkumu, tak nám napiš na email [ptacionline.cz@seznam.cz](mailto:ptacionline.cz@seznam.cz).



## KDO DALŠÍ BUDKY NAVŠTĚVUJE?

Jsou to například konipas bílý, vrabec domácí, krutihlav obecný, strakapoud velký, číkar červený, poltůška a strizlik karolinský. Projekt Ptáci Online je díky využití internetu mezinárodním projektem. Podarilo se nám dokonce umístit jednu chytrou ptačí budku v Cornell laboratorii v USA, kde díky ní můžeme pozorovat aktivity červených veverek číkar a poletušek severních, které budky s oblibou navštěvují. Jsou to zatím jediné dva druhy savců, které si v chytrých budkách staví hnízdo. Ale o tom až zase někdy příště.



Mláďata veverek číkar červených na hnízdě v chytré budce



Samec vrabce domácího začínající se stavbou hnízda



Samec strakapouda velkého nocující v chytré budce



Strizlik karolinský prozkoumává interiér chytré budky



Kuna lesní předuje snůšku syce rousného

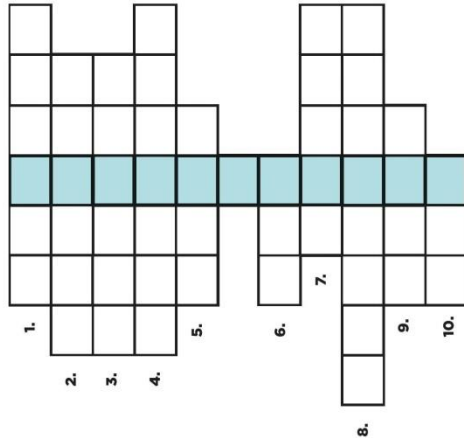


Konipas bílý v rorýsovniku



**Křížovka na závěr**

1. Pokrývka hlavy
2. Obležení na spaní
3. Kyselé a žlutý plod
4. Tělesný orgán
5. Produkt včel
6. Povrchový díl
7. Plod dubu
8. Míčový sport
9. Pozdrav
10. Jednoduché plavidlo



**Zdroje a literatura**

- Štátný K., Hudec K. 2011. Ptáci – Aves 3/1, 3/II Academia, Praha  
 Štátný K., Hudec K. 2005. Ptáci – Aves 2/II Academia, Praha  
 ČSO Rehek zahradní Pták roku 1993  
 ČSO sýček obecný Pták roku 2018

**Foto:** Jiří Hornek - sýčkové na chytře ptáci budce, str. 43

**ilustrace:**

Josef Fraško (technické ilustrace)  
 Jos Zwarts, sova pálená, kavka obecná, krutihlav obecný, str. 46,  
 sýkora koňadra, str. 48

# Fenologický deník naší budky

v budce hnízdí:  
 pozorovatelé: .....



**První návštěvy v budce** - jaké aktivity, jarní zpěv, obhlídka budky, plénocování ...  
 Datum, popis: .....




**Stavba hnízda** - jaký materiál, jak často, jak spolupracují ...  
 Datum, popis: .....



**Sněžení vejčáček** - kdy se objevilo první vejčáčko, kolik je vejčáček celkem, střídání rodičů ...  
 Datum, popis: .....



**Lhnout mláďata** - kdy se začínají lhnout mláďata, co se stane se skořápkami, doba lhnoutí ...  
 Datum, popis: .....



**Kmenit mláďata** - co nosí rodiče za potravu, jak často, jak se mláďata hřáje, co oteklí a trusem ...  
 Datum, popis: .....



**Výletní mláďata z budky** - jak se mění opeření mláďat, kdy začnou vyskakovat k otvoru, kdy opustí budku první a kdy poslední mláďátě ...  
 Datum, popis: .....

Fenologický deník slouží k zapisování pozorovaných aktivit v chytře ptáci budce. Do příslušných kapitol si pozorovatelé - buď jednotlivci, třídy nebo skupinky zájemců - zapisují relevantní data s popisem aktivit. Po vyhnízdění tak vznikne unikátní ucelený soubor údajů, které mohou sloužit jako podklad k dalšímu zpracování v rámci navazujících výzkumů, zejména v rámci tzv. občanské vědy.

Vytvoření publikace bylo financováno hlavním městem Prahou



**Chytrá ptačí budka — od technologie k biologii**  
© Fakulta životního prostředí ČZU v Praze  
© Ilustrace: Josef Fraško, Jos Zwarts

Grafická úprava: Petr Slunečko

Jazyková úprava: Zdeněk Švehla  
Vydala Česká zemědělská univerzita v Praze  
Fakulta životního prostředí  
Kamýčká 129  
165 00 Praha 6-Suchbátol

První vydání  
Rok vydání 2020

Tisk: powerprint, s.r.o.

ISBN 978-80-213-3058-0

