



Zemědělská  
fakulta  
Faculty  
of Agriculture

Jihočeská univerzita  
v Českých Budějovicích  
University of South Bohemia  
in České Budějovice

# **JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

## **Diplomová práce**

Návrh 3D modelu reálného ustájení drůbeže pro potřeby  
počítačových simulací

Autor práce: Bc. David Mátl

Vedoucí práce: Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.

České Budějovice  
2021

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne .....

.....

Bc. David Mátl

## **Abstrakt**

Diplomová práce je zaměřena na tvorbu 3D modelu reálného ustájení drůbeže, který bude sloužit pro potřeby počítačových simulací. Rozměry, potřebné k vypracování práce, byly naměřeny v reálné hale pro chov drůbeže.

Model je tvořen pomocí počítačového 3D modelování v programu SolidWorks v bezplatné studentské verzi.

V rešeršní části práce jsou představeny limitní hodnoty amoniaku a systémy na jejich snížení v ustájení drůbeže. V další části je popsána revoluce 4.0 a to, jak souvisí s ustájením drůbeže. Následující část se věnuje chytrým technologiím používaných v zemědělství a jejich spojení s chovem drůbeže. Praktická část zahrnuje pracovní postup tvorby a sestavení modelu.

**Klíčová slova:** amoniak, drůbež, 3D model, chytré technologie, ustájení drůbeže

## **Abstract**

This diploma thesis focuses on the creation of a 3D model of real poultry housing, which will be used for the needs of computer simulations. The dimensions needed for the elaboration of the thesis, were measured in a real hall for poultry breeding.

The model is created in free student version of computer 3D modeling program SolidWorks.

In the research part of this thesis are introduced ammonia limit values and systems for their reduction in poultry housing. The next section describes Revolution 4.0 and how it relates to poultry housing. The following part deals with clever technologies used in agriculture and their connection with poultry farming. The practical part deals with the workflow of creating and building a model.

**Keywords:** ammonia, poultry, 3D model, smart technologies, poultry housing

## **Poděkování**

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce panu Mgr. Zbyňku Havelkovi, Ph.D., který mě vedl správným směrem a uděloval mi cenné rady, které mi pomohly k vypracování práce. Dále bych chtěl poděkovat také panu Mgr. Vladimíru Vochozkovi, díky kterému jsem se dostal k bezplatné studentské verzi programu SolidWorks.

# Obsah

Úvod	7
<b>1 Limitní hodnoty amoniaku a systémy na jejich snížení u ustájení drůbeže</b>	<b>8</b>
1.1 Výpočet skutečných ročních emisí amoniaku . . . . .	9
1.2 Techniky na snížení emisí amoniaku v chovech drůbeže . . . . .	9
1.2.1 Technika využívající sušení trusu . . . . .	9
1.2.2 Biologický filtrační systém . . . . .	9
1.2.3 Chemická pračka vzduchu . . . . .	10
1.2.4 Biologická pračka vzduchu . . . . .	10
1.2.5 Využití krajinných prvků . . . . .	11
1.3 Nové systémy na snížení amoniaku . . . . .	11
1.3.1 Redukce amoniaku plazmatem dielektrického bariérového výboje	12
1.3.2 Snížení emisí amoniaku pomocí probiotických bakterií . . . . .	13
<b>2 Revoluce 4.0 a její souvislost s ustájením drůbeže</b>	<b>14</b>
2.1 Zemědělská robotika a drůbež . . . . .	14
2.1.1 Příklady robotů . . . . .	15
2.2 Dohled nad chovem drůbeže . . . . .	19
2.2.1 Koncept temných domů . . . . .	20
2.3 Precision livestock farming (PLF) . . . . .	21
2.3.1 Systémy monitorování životního prostředí . . . . .	21
2.3.2 Přesné systémy krmení . . . . .	22
2.3.3 Systémy monitorování welfare zvířat . . . . .	22
2.3.4 Sběr a ukládání dat . . . . .	23
2.3.5 Přístup k datům a jejich správa . . . . .	23
2.4 Inteligentní správa drůbeže: role analýzy velkých dat a internet věcí . . . . .	24
2.4.1 Internet věcí a inteligentní chov drůbeže . . . . .	24
<b>3 Chytré technologie v zemědělství a jejich spojení s chovem drůbeže</b>	<b>26</b>
3.1 Obnovitelné a udržitelné systémy vytápění pro chov drůbeže . . . . .	26
3.1.1 Požadavky drůbežárny na teplotu a ventilaci . . . . .	26
3.2 Technologie vytápění pro drůbežárny . . . . .	27
3.2.1 Technologie solárních kolektorů . . . . .	28
3.2.2 Osvětlovací technika . . . . .	28
3.3 3D váha . . . . .	29
3.3.1 Metodologie . . . . .	30
3.3.2 Problémy s 3D vážením . . . . .	30

3.4	Inteligentní automatizační a monitorovací systém drůbeží farmy . . . . .	31
3.4.1	Inteligentní systém pro správu drůbeže . . . . .	31
3.4.2	Potřeba inteligentní farmy . . . . .	31
3.4.3	Chytrý systém řízení pro drůbeží farmu . . . . .	32
3.4.4	Návrh chytré drůbeží farmy . . . . .	33
<b>4</b>	<b>Cíl a metodika</b>	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Tvorba 3D modelu ustájení</b>	<b>36</b>
5.1	Postup vytvoření 3D modelu . . . . .	36
5.1.1	Popis práce v programu SolidWorks . . . . .	37
5.2	Sestava a hlavní díly . . . . .	37
5.2.1	Hlavní sestava . . . . .	37
5.2.2	Krmítko . . . . .	38
5.2.3	Napáječka . . . . .	39
5.2.4	Silo . . . . .	40
5.2.5	Zářivka . . . . .	41
5.2.6	Ventilátor . . . . .	42
5.2.7	Dveře . . . . .	43
5.2.8	Zdivo a podlaha . . . . .	44
5.2.9	Střecha . . . . .	45
5.2.10	Další potřebné díly . . . . .	45
<b>6</b>	<b>Výsledky a diskuse</b>	<b>47</b>
	<b>Závěr</b>	<b>48</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>49</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>52</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>53</b>

---

# Úvod

Zemědělství v České republice má dlouholetou tradici. Odvětví drůbeže se v posledních desetiletích stalo, hlavně díky efektivnímu zhodnocování zemědělských surovin, jedním z nejvíce se rozvíjejících zemědělských oborů. Drůbeží maso je velmi žádané. Světoví odborníci dokonce říkají, že drůbež by měla tvořit 25 % veškerého masa, které by měl člověk zkonzumovat. Drůbeží maso má vhodný obsah minerálních látek a vitamínů, je totiž bohaté na fosfor nebo vápník, naopak obsah sacharidů je v mase malý. V posledních letech je drůbeží maso také jediným typem masa, u kterého průměrná spotřeba v České republice neustále roste. Celkový počet kusů drůbeže v České republice byl v roce 2019 zhruba 23 milionů.

Drůbež se nejčastěji odchovává v uzavřených prostorech, ale musí se dbát na několik zásad. Objekty, ve kterých je drůbež umístěna, jsou buď jednopodlažní (podlahové chovy) a nebo vícepodlažní (klecové a voliérové chovy). Obvykle se jedná o haly, ve kterých nejsou umístěna okna a je zde umístěno naprogramované bílé nebo žluté umělé osvětlení. Haly by měly mít řízené vnitřní klima (ventilace, teplota a vlhkost). V halách musí být přesně daná teplota v závislosti na druhu drůbeže, například teplota v líhních by se měla pohybovat mezi 37 °C a 38 °C a optimální vlhkost v rozmezí 60 % až 75 %.

Cílem práce je seznámit čtenáře s problematikou chovu drůbeže, chytrých technologií a revoluce 4.0 v oblasti chovu drůbeže. Praktickým výstupem práce je digitální model reálného ustájení drůbeže navržený v CAD programu, který by následně mohl být použit pro potřeby počítačových simulací, např. průtok vzduchu, teplotní rozložení aj.

---

# 1 Limitní hodnoty amoniaku a systémy na jejich snížení u ustájení drůbeže

Čistý amoniak se vyskytuje jako bezbarvý plyn, který má silný zápach. Jeho povaha je zásaditá, žíravá a dráždivá. Lze jej skladovat jako kapalinu, ale jen za vysokého tlaku. Rozpouští se ve vodě a reaguje s kyselinami za vzniku amonné soli. V zemědělství patří k používaným hnojivům a plyný amoniak se používá v chladiřnictví jako náhrada freonů. Je velmi důležitou látkou v přírodním koloběhu dusíku. Vzniká při rozkladu organických materiálů, zejména bílkovin. Suchozemští živočichové vylučují nadbytek dusíku ve formě močoviny (sloučenina amoniaku a oxidu uhličitého), která se v důsledku mikrobiálních reakcí jednoduše degraduje, a tím se uvolňuje amoniak. Největší množství amoniaku pochází z živočišných odpadů. Emise amoniaku na celém světě se odhadují na zhruba 25–35 milionů tun ročně a přibližně 2 miliony tun jsou z přírodního původu, na čemž se nejvíce podílí chov hospodářských zvířat. Tvorba amoniaku souvisí s rozkladem dusíkatých sloučenin, a to hlavně močoviny a kyseliny močové, s tím, že hlavní roli hraje hodnota pH podestýlky nebo hnoje a v neposlední řadě také strava. V tomto prostředí je amoniak ve formě plynu nebo amonného kationtu. Uvolnění amoniaku je nízké, když pH hnoje je nižší než 7 a vysoké, když je pH vyšší než 8.

Amoniak, který je emitován do okolí, má mnoho negativních účinků na životní prostředí, proto je potřeba ho co nejvíce redukovat. Nejvíce se jeho vliv projevuje například na odumírání stromů, hlavně jehličnatých, dále se okyselují půdy. Podstata tohoto jevu je, že v dešťových vodách, v blízkosti zemědělsky využívaných ploch, se zjišťuje, že v půdě je vysoký obsah amoniaku, jehož ionty jsou v půdě mikrobiální činností rozloženy na dusičnany a právě dusičnany snižují hodnotu pH půdy na 4. To znamená, že půda je kyselá, díky tomu se z půdy uvolňují toxické kationty těžkých kovů (např. hliníku), ty se společně se živinami vážou do komplexů. Tyto toxické ionty mohou prosakovat až do spodních vod ve větších vzdálenostech od zemědělských objektů. V drůbežářských chovech je amoniak největší znečišťovatel stájového ovzduší (Ryšková, 2016).

Současná kategorizace zemědělských zdrojů znečišťování ovzduší se určuje ve vztahu na projektovanou kapacitu chovu hospodářských zvířat. Pokud tento údaj k dispozici není, tak je nahrazen údajem vypočteným z prostoru ustájení s použitím měrného prostoru pro jedno zvíře (např. ve volném výběhu může být maximálně 9 slepic v prostoru velkém 1x1 m) stanovené ve vyhlášce o technických požadavcích na stavby pro zemědělství. Kategorie zdroje určuje roční emise amoniaku ze zařízení, které bude rozhodující pro zařazení do příslušné kategorie zdroje znečištění. Do celkové roční emise náleží i emise z rostlinné produkce a také z činností, které jsou spojeny s nakládáním s látkami uvolňujícími emise pocházející z provozu zdroje. Zemědělské zdroje podle celkové roční emise amoniaku se dělí na: 1. Malý zdroj znečištění – roční emise amoniaku do 5 t/rok, 2. Střední



zdroj znečištění – roční emise amoniaku od 5 t do 10 t/rok, 3. Velký zdroj znečištění – roční emise amoniaku na 10 t/rok (Stluka, 2011).

## **1.1 Výpočet skutečných ročních emisí amoniaku**

Dle zákona, o integrovaném registru znečišťování životního prostředí (IRZ) (zákon č. 25/2008 Sb.) a integrovaném systému plnění ohlašovacích povinností v oblasti životního prostředí, mají provozovatelé chovu drůbeže s prostory pro 40 000 kusů drůbeže a více, za povinnost nahlásit do 31.3. skutečné roční emise za uplynulý rok, které jsou stanoveny výpočtem (mohou být i měřené, ale ty se kvůli vysokým nákladům příliš nevyužívají), jestli jsou překročeny limity stanovené nařízením Evropského parlamentu a Evropského společenství (č. 166/2006). U emisí amoniaku do ovzduší je stanoven limit na 10 tun.

Při výpočtech se vychází z průměrné roční obsazenosti stáje, tzn. ne z projektovaných kapacit a dále se použijí dílčí emisní faktory pro stáje, sklady a aplikaci exkrementů, jejichž hodnota je snižována různými redukcujícími technikami (viz níže). Výpočet pochází z metodického pokynu Ministerstva životního prostředí k zařazování chovů hospodářských zvířat dle zákona o ochraně ovzduší, k výpočtu emisí znečišťujících látek a k seznamu technik snižujících emise.

Výhoda takového výpočtu je, že provozovatel ho může použít i při doložení podávání žádostí o různé dotační programy, jako například Operační program Životního prostředí (OPŽP) (Bartoš et al., 2017).

## **1.2 Techniky na snížení emisí amoniaku v chovech drůbeže**

V současné době se na snížení zápachu a celkových emisí amoniaku využívá řada různých technik. Níže se nacházejí techniky týkající se snižování emisí samotné stáje (Pilát, 2019).

### **1.2.1 Technika využívající sušení trusu**

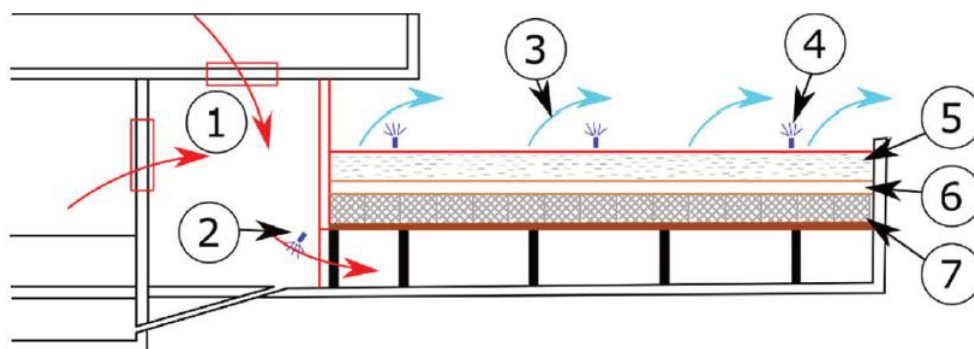
Odklizení trusu probíhá pásovými dopravníky, trus je následně sušen teplým vzduchem tak, aby bylo možné dosáhnout co nejnižší vlhkosti a dále je vysušený trus uskladněn v uzavřeném prostoru. Díky tomu, že je trus usušen a uskladněn, tak dojde k velkému zpomalení, který vede k tvoření amoniaku. Tento způsob snižuje emise amoniaku až o 90 %.

Technika se využívá v chovech brojlerů nebo nosnic (pouze ve volném ustájení, v klecovém chovu se tato technika využívat nedá), a to díky perforované vytápěné podlaze. Systém ovšem není tak efektivní, jako sušení trusu vzduchem, protože dochází ke snížení emisí amoniaku o maximálně 70 %, ale z pohledu welfare (pohoda zvířat) je výhodnější právě tato technika (Pilát, 2019).

### **1.2.2 Biologický filtrační systém**

Zápach pocházející z amoniaku lze snížit využitím biologického filtru viz obrázek 1.1 (Bartoš et al., 2017), jenž ze vzduchu odstraňuje pachové látky. Ve filtru jsou plastové filtrační bloky s podlahovými deskami, na nichž je nanesen biologický substrát. Nejčastěji

používanými substráty jsou měkké dřevo, rašelina nebo stromová kůra, ale je možné využít i jiné podobné materiály. V samotném substrátu se amoniak přeměňuje na dusičnan vlivem činnosti mikroorganismů. Substrát je schopen pohlcovat i tuhé látky. Přívod a odvod z biofiltru je zvlhčen pomocí trysek vodou. Díky tomu dochází ke zvýšení biologické aktivity mikroorganismů. Díky tomuto systému se dá zachytit až 50 % prachových částic o velikosti 5–10 mikrometru a zhruba 80 % částic větších než 10 mikrometrů a zápach se díky této technice sníží až o 70 % (Pilát, 2019).



Obrázek 1.1: Biologický filtrační systém

1 – Vzduch, 2 – Vstup, 3 – Filtrovaný vzduch, 4 – Výstup, 5 – Biologický substrát, 6 – Podlahové desky, 7 – Filtrační bloky

### 1.2.3 Chemická pračka vzduchu

Chemická pračka vzduchu pracuje na principu toho, že zachytí vzduch, který jde ze stáje, následně jej vyčistí a vypustí do ovzduší. V chemické jednotce je čistící kapalina (kyselina sírová nebo chlorovodíková), která se naředí vodou a pomocí trysek je rozstříkována do vstupujícího stájového vzduchu. Kyselina sírová je schopná na sebe vázat amoniak, tím vznikne síran amonný, který je neutrální. Síran amonný je zachycen v centrální recyklační jednotce společně s prachovými částicemi. Následně vzduch, který je již vyčištěný, opustí čistící jednotku.

V hale, kde se tato technika využívá, musí být možnost usměrnění vzduchu tak, aby směřoval ke vstupu do pračky. Z tohoto důvodu se chemická pračka nepoužívá v přirozeně větrané hale.

Chemické pračky vzduchu snižují emise amoniaku až o 90 % a dokáží zachytit až 95 % prachových částic. Výhodou je, že dochází k lepšímu čištění vzduchu o vyšší teplotě, ale nevýhoda může být v tom, že při vysoké koncentraci prachu ve vzduchu dochází k negativnímu ovlivnění čistícího procesu. Díky tomu se méně využívá v halách se suchým klimatem. Dále je nevýhoda v používání prachových filtrů, ty totiž zvyšují tlak v systému i spotřebu energie (Pilát, 2019).

### 1.2.4 Biologická pračka vzduchu

Biologická pračka vzduchu viz obrázek 1.2 (Age.cz, 2019) pracuje tak, že v první fázi zachytí prachové částice vzduchu, které proudí ze stáje, pomocí oplachu čistou vodou a následně průchodem přes voštinový systém. Na stěnách, které jsou uvnitř filtru, se nachází

bakteriální kultura redukující amoniak. V biologické vrstvě, jenž se nachází na povrchu stlačeného materiálu, je spotřebováván amoniak z proudícího vzduchu díky mikroorganismům. Cirkulace vody v tomto zařízení je důležitá proto, že dodává mikroorganismům potřebné živiny tím, že udržuje biologickou vrstvu stále vlhkou. Amoniak je díky biologickému materiálu přeměňován na soli. Ve většině případů je provoz této čističky monitorován, zaznamenáván a je zde i možnost vzdáleného dohledu. Systém je velkoplošný, díky tomu jsou nízké tlakové ztráty (nízký odpor) a snižuje se navíc spotřeba energie ventilátorů. Tento systém může redukovat až 85 % amoniaku, 80 % prachových částic a 85 % zápachu (Pilát, 2019).



**Obrázek 1.2:** *Biologická pračka vzduchu*

### **1.2.5 Využití krajinných prvků**

Technika využívá krajinných útvarů, které účinně snižují šíření emisí do okolí haly. Jde o systém, ve kterém je využíváno například stromů nebo keřů, které působí jako přírodní biofiltr pro snížení pachových látek přenášených prachovými částicemi. Stromy nebo keře nejen že látky dokážou zachytit, ale i rozptýlit. Příkladem může být živý plot, který je tvořen třemi řadami stromů různého druhu a velikosti, ten dokáže snížit emise pachových látek až o 50 %. Další výhodou je v tom, že tato bariéra je příjemná i z estetického hlediska, snižuje hluk a navíc dokáže filtrovat znečišťující látky z půdy a chrání tím i spodní vody. Nejdůležitější aspekt je ten, že stromy musí být vysázeny hlavně ve směru převládajícího proudění vzduchu (Bartoš et al., 2017).

## **1.3 Nové systémy na snížení amoniaku**

Jelikož je produkce amoniaku v chovech hospodářských zvířat velký problém, tak se tato problematika stále více zkoumá a na trh přicházejí možné nové a efektivní systémy pro sni-

zování těchto nežádoucích emisí. V posledních letech se nejčastěji využívají fyzikální, chemické a biologické metody (Bartoš et al., 2017).

### **1.3.1 Redukce amoniaku plazmatem dielektrického bariérového výboje**

Dielektrický bariérový výboj (DBD) je generován mezi dvojicí elektrod při přiložení vysokého střídavého napětí. Elektrody jsou odděleny jednou nebo více dielektrickými přepážkami, ty omezují velikost elektrického proudu, který prochází mezielektrodovým prostorem, a díky tomu se ionizovaný plyn příliš neohřívá. Povrchový bariérový výboj je generován napětím s frekvencí v intervalu 1–100 kHz. Amplituda napětí je omezena průrazným napětím dielektrika a je v řádu jednotek až desítek kV. Jako dielektrikum se nejčastěji využívá sklo, keramika, slída a polymery (Saputaro et al., 2019). První zmínky o DBD jsou datovány k roku 1857, kdy pan Siemens dokázal sestrojít ozonizátor díky dvěma skleněným trubicím, kde kovové elektrody nebyly v přímém kontaktu s plazmatem (Hoder, 2009).

Dielektrického bariérového výboje se může využívat i při snižování produkci amoniaku na drůbeží farmě. Dokázal to tým vědců z univerzity v indonéském Semarangu. Výzkum snižování emisí amoniaku pomocí plazmy začal v roce 1962, když pan Freeman dokázal pomocí plazmových trysek rozložit amoniak a metanový plyn (Anderson a Freeman, 1962). V tomto projektu je použit plazmový reaktor s konfigurací válec–válec. Vnitřní a vnější elektrody jsou válce se sítkou z nerezové oceli o délce 20 cm a bariéra mezi dvěma pyrexovými elektrodami s délkou 22 cm. Jedná se o uzavřený systém. Plazmový výboj je vytvářen v mezeře mezi elektrodami za předpokladu, že je bariéra vytvořena z izolátorů ve formě pyrexových trubic. K výboji dochází ve vláknité oblasti, která je tvořena množstvím elektronů pohybujících se z aktivní elektrody a akumulujících se v dielektrickém materiálu. Interakce mezi plazmou a amoniakem způsobí rozdělení amoniaku na další prvky jako třeba dusičnan amonný.

Výzkumný projekt, byl prováděn v uzavřeném kurníku na univerzitě. Elektroda je v konfiguraci válcovaného drátu z nerezové oceli o délce 19 cm a vnější elektrodou z hliníkové fólie o délce 20 cm. Blokátor reaktoru (dielektrikum) DBD používá sklo Pyrex o délce 23 cm a průměru 2,7 cm. Koncentrace množství amoniaku před a po ošetření dielektrickým bariérovým výbojem se měřila pomocí senzoru množství amoniaku MQ–135. Napětí střídavého proudu bylo od 3 kV do 9 kV. Čím větší napětí nebo příkon bylo v reaktoru použito, tím méně amoniaku bylo v hale.

Amoniak se zpracovává v reaktoru, kde dochází k reakci, která rozbíjí molekuly amoniaku. Vzduch, který je v drůbeží hale, je nasáván do reaktoru a prochází plazmovou zónou, kde dochází k rozpadu amoniaku. V reaktoru s DBD plazmovým výbojem se rozpadne vlivem energetických molekul. Na určité energetické úrovni, když dojde ke zvýšení napětí, bude kyslík ionizován (z elektricky neutrálního atomu nebo molekuly se stává iont). Ionizace bude produkovat reaktivní oxygены jako například ozón, který je vysoce reaktivní na jiné prvky. Po reakci amoniaku s ozónem vzniká dusičnan amonný a vedlejší produkty, jako je voda. Vstříkávání ozonu do reaktoru výrazně snižuje emise amoniaku.

Z výzkumu vyplývá, že hodnota amoniaku se při průchodu reaktorem DBD výrazně snižuje, takže lze dojít k závěru, že techniku lze použít ke snížení emisí amoniaku v uzavřené hale pro drůbež. Nejvyšší procentuální snížení koncentrace amoniaku bylo při napětí 9 kV, kdy se amoniak snížil o 63 % (Saputaro et al., 2019).

### **1.3.2 Snížení emisí amoniaku pomocí probiotických bakterií**

Probiotikum je živý organismus, který je přidáván do krmiva nebo potravy. Probiotické bakterie jsou důležitým pomocníkem pro organismus. Tento výzkum byl proveden italskými vědci na komerční drůbeží farmě ve Venetu v Itálii. Současné postupy ke snižování emisí amoniaku z podestýlky u drůbeže jsou založeny na chemických, fyzikálních nebo biologických postupech. Fyzikální systémy jsou většinou nákladné a jejich provedení bývá složité. Kromě biofiltrů a praček je nejběžnější odstraňování amoniaku ze stájí pomocí ventilace, která ho odvádí do atmosféry. To má však nepříznivé účinky na znečištění okolního ovzduší, jako například okyselení půdy a vody. Chemická ošetření jsou založena na sloučeninách (například suchých kyselin), které snižují emise amoniaku snížením pH podestýlky. Tento přístup však velice snižuje celkové využití steliva z drůbeže. Jako alternativa k chemickému přístupu se stále více využívají biologická ošetření, která zahrnují probiotické bakterie, směsi enzymů (jednoduché nebo složené bílkoviny) nebo mikroorganismů. Doplnění krmiva nebo podestýlky biologickými látkami zvyšuje nebo mění mikrobiální populaci s cílem zvýšit rychlost degradace amoniaku nebo zlepšit účinnost krmiva.

Výzkum probíhal ve dvou stejných halách, které jsou si rovnocenné díky svým strukturálním systémům, počtu a genetickému typu zvířat, složením krmiva a postupům řízení během cyklu. V hale č. 1 bude probíhat experimentální výzkum, jež bude zahrnovat léčbu pomocí probiotických bakterií a hala č. 2 bude sloužit jako srovnávací vzorek. Obě haly jsou dlouhé 136 m a široké 18 m. Systém krmení je založen na kruhových podavačích na krmivo a žlabech na pitnou vodu v řádcích. Okna pro přívod vzduchu jsou cca 2,5 m od podlahy v počtu 48 oken na každé straně. Nad okny jsou umístěny dvě řady trysek pro odpařovací chlazení. Vzduch je vyměňován nuceným větráním pomocí třinácti axiálních ventilátorů, aby byla zajištěna maximální ventilační kapacita. Řídicí systém ventilace a chlazení se skládá z řídicí jednotky, která přijímá signály ze dvou teplotních senzorů suchého teploměru, dvou sond relativní vlhkosti a dvou sond CO<sub>2</sub> umístěných v halách. Všechna data se zaznamenávají každé dvě minuty. Koncentrace amoniaku byla navíc měřena pomocí vhodně kalibrovaných sond, které byly připojeny k nezávislé řídicí jednotce. Toto měření se provádělo každou minutu.

Výsledky tohoto výzkumu, který trval celkem 49 dní, jsou pozitivní. Při použití probiotických bakterií, které byly přidávány do steliva, bylo zaznamenáno o 36 % méně amoniaku, než ve stejné hale, kde tyto bakterie použity nebyly. Ovšem je zde nutné dodat, že do dvacátého dne výzkumu byla hodnota amoniaku v obou halách zhruba na stejné úrovni a až po dvacátém dni došlo k výraznému snížení emisí amoniaku v hale s použitím probiotických bakterií. Kromě významného snížení emisí amoniaku byly pozorovány také výrazné přínosy ve smyslu snížení úmrtnosti a zvýšení živé hmotnosti zvířat na konci cyklu. Na konci celého cyklu bylo zjištěno, že celkové emise vyprodukovaného amoniaku byly o 155 kg nižší v hale s probiotickými bakteriemi, než v hale, kde tyto bakterie použity nebyly. Vzhledem k tomu, že bude možné provádět alespoň 4–5 výrobních cyklů ročně, tak je toto snížení velmi důležité jak z hlediska životního prostředí, tak z hlediska legislativního. Další cíle výzkumu jsou v tom, že se budou monitorovat produkční cykli v různých ročních obdobích s cílem posoudit, zda může být účinnost těchto bakterií a následné snížení emisí amoniaku ovlivněna klimatickou složkou (Pezzuolo et al., 2019).

---

## 2 Revoluce 4.0 a její souvislost s ustájeným drůbeže

Revoluce 4.0 je již čtvrtou revolucí, která probíhá napříč všemi odvětvími. Předcházela jí první průmyslová revoluce, označována jako revoluce 1.0, ta začala v Anglii na začátku 18. století a probíhala až do 19. století, kde docházelo k ubývání ruční práce a více se začaly využívat stroje. Druhá průmyslová revoluce je spojována s elektrifikací a vznikem montážních linek, navazuje na období první průmyslové revoluce. Datuje se na konec 19. století, kdy T. A. Edison vynalezl žárovku. Třetí průmyslová revoluce bývá v nejčastějších případech spojována s automatizací, elektronikou a především rozmachem informačních technologií. Jako počátek této průmyslové revoluce se nejčastěji označují sedmdesátá léta minulého století.

Revoluce označována jako 4.0 se týká začlenění a integrace nejnovějšího vývoje založeného na digitálních technologiích a procesech schopnosti systémů vzájemně si poskytovat služby a efektivně spolupracovat. Toto všechno umožňuje podnikům předávat informace v reálném čase. Jeden z hlavních úkolů je proto udržovat všechny tyto složité síťové struktury efektivně propojené a organizované, a identifikovat a uspokojit dynamické požadavky zúčastněných stran dodavatelského řetězce. V tomto není zemědělství výjimkou, avšak má různé speciality vázající se na určité oblasti. V současné době většina zemědělských strojů obsahuje elektronické ovládání a nastal vstup do digitálního věku, s tím souvisí i jejich zvýšená výkonnost. Týká se to zejména využívání různých senzorů, např. mechanické, které měří tahovou sílu při práci nářadí nebo elektrické a elektromagnetické, ty měří elektrický odpor, kapacitu, nebo vodivost půdy, ale také dronů. Díky těmto strojům můžeme shromažďovat údaje o aspektech jako je geografická prostornost, počasí, chování zvířat, plodin a celý životní cyklus farmy (Lezoche et al., 2020).

### 2.1 Zemědělská robotika a drůbež

Robotika je další potenciální technologie, kterou lze použít ke sledování a údržbě prostředí drůbežárny. Roboti, které mohou v současné době automatizovat monitorování prostředí drůbežárny, jsou vyvíjeny a vyráběny řadou společností. Většinou jsou tito pomocníci vyráběny jako autonomně poháněná malá vozidla, která pracují na podlaze nebo jako malá, lehká a pohyblivá se na kolejkách nad drůbeží a plní úkoly pro zlepšování welfare drůbeže. Roboti by mohly zlepšit aktivitu a zdraví drůbeže tím, že vyvolají jejich pohyb. Dále mohou provzdušňovat stelivo na podlaze a snižovat tak výskyt některých chorob a infekcí (Astill et al., 2020).

Vstup robotiky do zemědělství přinesl pro všechny různé aplikace podstatné zlepšení funkcí strojů. Strojové schopnosti vnímání, uvažování, komunikace, plánování, následné provádění úkolů a systémová integrace otevřely možnosti inteligentní automatizace zemědělských operací a přesný chov hospodářských zvířat. Mezi nejvýznamnější roboty v oblasti drůbeže patří například PoultrySafe, který slouží pro autonomní dezinfekci drůbežárny, dále například PoultryBot pro sběr podlahových vajec nebo Spoutnic pro pohyb slepic. Tyto robotické systémy jsou dobré k vysoké úrovni účinnosti při řízení celé drůbežárny. Automatizované a inteligentní systémy jsou zásadní při řešení problému nedostatku pracovních sil, opakování úkolů, rizik spojených s těžkou prací a v neposlední řadě i zdravotních rizik. Neméně významná je také časová a finanční úspora.

Aplikace pokročilých systémů je v drůbežích farmách již běžně viděna v podobě automatického krmného systému a zásobování vodou pomocí automatizované technologie. Výzkumné práce na zvýšení účinnosti drůbežářské výroby nadále pokračují. Dobrým příkladem je vysoce automatizovaný stroj pro třídění a sběr vajec viz obrázek 2.1 (Guoqiang et al., 2020). Produkce drůbeže se stala prostřednictvím rozsáhlých koncentrovaných zařízení inteligentním systémem provozovaných hlavně inteligentními stroji. Se zavedením intenzivního snímání a nástroje pro analýzu dat a informací technologií chovu hospodářských zvířat (PLF) přinesly nové nápady modernizace systémů produkce drůbež (Guoqiang et al., 2020).



**Obrázek 2.1:** Stroj pro třídění a sběr vajec

### **2.1.1 Příklady robotů**

Ve srovnání se studií o robotech v celém zemědělském sektoru, je robotika u drůbeže ještě celkem vzácná, navzdory vzniku několika společností v posledních letech. Například autonomní navigační technologie ukázala velký potenciál u bezklecového chovu drůbeže.

Společnost Octopus Robots vyvinula autonomní modulární robot viz obrázek 2.2 (Guoqi-ang et al., 2020), který dezinfikuje drůbeží farmy bez zásahu člověka. Tento robot zvyšuje účinek dezinfekčního prostředku pomocí otáčení a větrání vrhů, aby snížil úmrtnost a zlepšil welfare bez používání antibiotik (Guoqiang et al., 2020).



**Obrázek 2.2:** *Autonomní modulární robot*

Robot Spoutnic viz obrázek 2.3 (Tibot.fr, 2020) je samostatný drůbežářský robot od společnosti TIBOT Technologies. Má dva základní úkoly, první je ve stimulování pohybu drůbeže a druhý v provzdušňování steliva. Tento robot je vybaven vnitřním navigačním systémem, který mu umožní přesný pohyb podle vlastní vygenerované trasy nebo podle trasy, kterou vybere sám chovatel. Navigační systém vyžaduje instalaci majáků. Tuto kabelovou instalaci provede instalační technik, který poté zadá pomocí řídicí jednotky rozměry budovy, polohu zařízení a majáků. Optimalizované cesty se poté samy generují a ukládají. Spoutnic je vybaven škrabkou přizpůsobitelnou stavu podestýlky, ta škrábe a provzdušňuje podestýlku, aniž by ji otáčela příliš hluboko, aby se omezilo zhutnění a vlhkost, díky níž může být stelivo degradováno. Robot má akumulátor, který se dobíjí ze sítě, na plně nabitou baterii může pracovat až 10 hodin denně. Má hmotnost 12 kg, rozměry jsou 56 cm x 63 cm x 18 cm, takže je snadno přenositelný. Pokud narazí na překážku v cestě, tak ji detekuje a provede úhybný manévr. Toto zařízení má prokazatelně pozitivní vliv na zdravotní stav drůbeže uvnitř haly. Vývoj tohoto robotu byl reakcí na zvyšující se přísnost předpisů v chovech drůbeže, zejména v zámořských zemích, jejichž cíl je především zlepšit welfare drůbeže (Tibot.fr, 2020).





**Obrázek 2.3:** *Robot Spoutnic*

Robot zvaný Chicken Boy viz obrázek 2.4 (BigDutchman.com, 2021) je robot vyvinutý španělskou společností FAROMATICS, který je zavěšený na nosné konstrukci střechy. Tento robot využívá kompletní sadu senzorů, díky kterým měří tepelné vjemy, kvalitu vzduchu, světla a zvuku. Využívá také umělou inteligenci k hledání problémů se zdravím a vyhodnocuje životní podmínky zvířat. Jeden ze senzorů dokáže měřit i hodnotu amoniaku v hale. Plně uveden na trh byl až v roce 2020. Výkonná zpracovatelská jednotka analyzuje data a následně připravuje pro uživatele grafické znázornění (BigDutchman.com, 2021).



**Obrázek 2.4:** *Robot Chicken Boy*

Dalším robotem, který se využívá v oblasti drůbeže, je Sentinel viz obrázek 2.5 (Prýmas, 2018) od společnosti Inateco. Sentinel slouží především pro mobilní automatické podestýlání. Zařízení je instalováno ke stropu haly a spolu s vizuálními a tepelnými senzory je schopen dávkovat podestýlku do míst, kde je zrovna potřeba. Je vhodný pro rozmanité druhy podestýlky jako jsou pelety, piliny, hobliny nebo štěpka. Kromě již zmíněných senzorů může mít i snímače na měření oxidu uhličitého nebo amoniaku. Díky robotu se snižují emise z chovů drůbeže, protože šetří množství podestýlky, která se aplikuje do vlhkých

oblastí. Velká výhoda je i v tom, že má nízkou hmotnost, proto se k jeho instalaci nemusí zesilovat nosné konstrukce (Inateco.eu, 2018).



**Obrázek 2.5:** *Robot Sentinel*

Společnost Metabolic Robots vyvinula inteligentní strategii optimalizace krmení prostřednictvím sledování skutečné poptávky po hejnech v reálném čase. Tento systém poskytuje brzké varování o nemoci drůbeže díky mobilním zařízením. Díky tomuto systému se výrazně zlepšuje celková jednotnost hmotnosti celého hejna (Guoqiang et al., 2020).

Octopus Poultry Safe viz obrázek 2.6 (Octopusrobots.com, 2020) je robot vyvinutý francouzskou společností Octopus Robots. Toto zařízení bylo vyvinuto především ke zlepšení zdraví drůbeže v halách. Jeho hlavní pracovní náplní je otáčení a větrání podestýlky, díky tomu je podestýlka provzdušněná, čímž se snižuje riziko onemocnění ustájené drůbeže a především výrazně snižuje hladinu škodlivého amoniaku a v neposlední řadě usnadňuje průnik desinfekčních prostředků. Další výhodou je, že dochází k nucení zvířat k pohybu, což také zlepšuje jejich zdraví. Je plně mobilní a automatizovaný. Může být vybaven pneumatikami pro náročné podmínky nebo koly Mecanum, které umožňují příčný posuv v náročných podmínkách. K použití je v podestýlkách z krátké slámy (do délky 2 cm), hoblin, pilin nebo rýžových slupek. Pod ochranným pláštěm robota je umístěn sanitační modul a v zadní části robota je umístěn vertikutátor, ten je pod ochranným pláštěm, díky tomu nedochází k emisím prachu. Jako dezinfekční prostředek je zvolen chemotypizovaný éterický olej, který se doporučuje ke zlepšování okolních podmínek, omezují šíření flóry produkující amoniak. Robot je napájený akumulátorem (100 Ah), který vydrží nabitý až 6 hodin.

Díky automatické základně OCTO-Ri-Charger robot může pracovat 24 hodin denně, protože se automaticky geolokalizují a vracejí se do nabíjecí základny, aby dobily akumulátor nebo doplnily nádrž o dezinfekční prostředky. Rozměry jsou 112 cm x 140 cm x 800 cm (Octopusrobots.com, 2020).



**Obrázek 2.6:** *Octopus Poultry Safe*

## **2.2 Dohled nad chovem drůbeže**

Denní management je jeden z nejdůležitějších parametrů v chovu drůbeže a jeho hlavní atribut je termální pohodlí. Tepelná pohoda je rozdělena do dvou hlavních faktorů, kterými jsou teplota a relativní vlhkost vzduchu v kombinaci s elektronickým ovládacím systémem. Komfortní zóna je kvantifikátor pro vhodné úrovně teploty a vlhkosti. Mimo tuto zónu kuřata trpí tepelným stresem a jejich vývoj je tak ovlivňován buď vysokými nebo nízkými teplotami a vlhkostmi. Tyto faktory jsou v drůbežářství jedny z nejdůležitějších pro zajištění pohody zvířat. Tento návrh vylepšuje nejmodernější technologie v tom smyslu, že je založen na technikách teorie formálního řízení, integrovaných do podpory nástrojů, jež umožňují rychlý přenos do praxe. Výhody, které toto přináší oproti klasickým současným technikám, jsou (Lorencena et al., 2019):

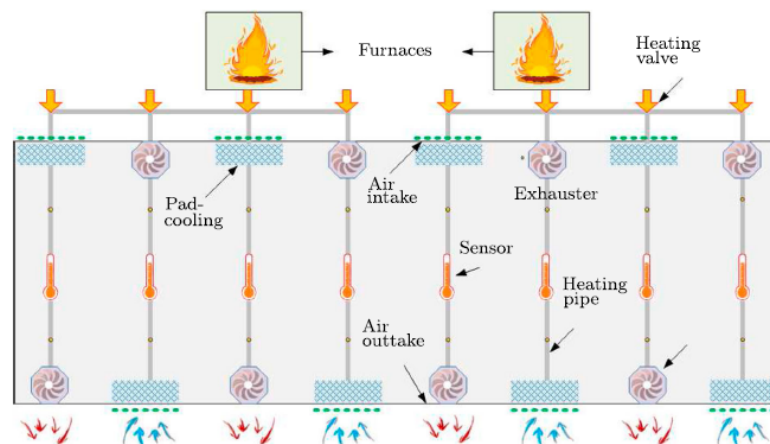
- používají se snímací systémy, které jsou rozsáhlejší než současné metody, což rozšiřuje možnosti ovládání,
- kontrolér použitý u systému, ovládá akční členy minimálně omezujícím a neblokujícím způsobem, což u současných regulačních systémů není nikdy zaručeno,
- řídicí systém může být programován na vysoké úrovni procesu a zaváděn pomocí automatického generování kódu, takže obsluha nečelí technické složitosti,

- rozšiřitelnost řídicího systému je vylepšena modulárním způsobem,
- kontrola a dohled lze provádět na dálku,
- zvyšuje se spolehlivost, protože tam, kde dochází k fyzické obsluze je větší náchylnost k chybám,
- stálá přítomnost odborníka v drůbežárně je nahrazena mechanismy pro dálkový zásah a poplachy,
- přístup má potenciál být energeticky efektivní a šetří zdroje.

Návrh tohoto systému se vytvořil proto, aby uživatelům poskytl více informací o vnitřních klimatických podmínkách v drůbeží hale. Tento návrh má potenciál poskytovat ekologické výhody drůbežářským procesům, protože regulace klimatu se stává modulárnější, ovládání lokálnější, což naznačuje, že tepelné pohody by mohlo být dosaženo s nižší spotřebou energie (Lorencena et al., 2019).

### 2.2.1 Koncept temných domů

Koncept temných domů je založen na architektuře, která ovládá jas v budově uměle, tzn. že v budově, kde je umístěna drůbež, není přítomné přirozené osvětlení, to umožňuje přesnou kontrolu životního prostředí. Tento koncept je široce používán zejména v chovech brojlerů. Temné domy často překonávají nedostatky tradičních drůbežáren, hlavně díky povolením křížové ventilace viz obrázek 2.7 (Lorencena et al., 2019). Koncept temných domů využívá prakticky stejná zařízení jako tradiční model, ale interně je reorganizuje. Oproti klasické architektuře se realizační náklady příliš nezvednou, ve skutečnosti se liší pouze počet senzorů. Tento model je rovnocenně rozdělen podle příčného proudění vzduchu, předpokládá se, že každý sektor zahrnuje kompletní sadu zařízení, která zahrnují: vstup vzduchu, odsávací ventilátor, chlazení podlahy, senzory teploty a vlhkosti a lokální topení (Lorencena et al., 2019).



Obrázek 2.7: Křížová ventilace

## **2.3 Precision livestock farming (PLF)**

Precision livestock farming (PLF), neboli precizní chov hospodářských zvířat, čerpá z mezioborového inženýrství a věd, které zahrnují zvířata, vědu, fyziologii, veterinární vědu, informatiku, elektronické inženýrství a další. Cílem těchto technologií je: řídit růst jednotlivce pro vytváření přidaných hodnot prostřednictvím kontroly životního prostředí v reálném čase – faktory zdraví a výnosu, produkce a pohody zvířat v automatické, kontinuální a neinvazivní formě výrobního procesu, aniž by zvířata zbytečně zatěžoval. Vědci vymysleli varovné systémy, které zemědělce upozorní na problémy a předloží i možné řešení problému. PLF technologie se nezaměřily pouze na výrobní procesy, ale také na zvířata. Vznik PLF stimuloval celkovou expanzi produkce drůbeže, v níž byla kuřata sledována na hejno. Díky této technologii dochází k inspekci pomocí snímačů. Analyzuje se obraz a zvuk a posuzuje se chování, welfare a dopady na životní prostředí.

Systémy chovu hospodářských zvířat se obvykle skládají ze tří samostatných funkcí, které jsou snímání a monitorování, analýza a rozhodování a intervence. PLF systémy usnadňují automatizaci těchto procesů tím, že snižují potřebu ručního pozorování a lidského rozhodování, tím se výrazně snižuje čas a úsilí, které je potřebné k řízení velkého počtu zvířat. To producentům umožní větší počet zvířat a přitom zajistit stejnou úroveň péče, jakou by bylo možné provádět s menším počtem zvířat (Astill et al., 2020).

### **2.3.1 Systémy monitorování životního prostředí**

Prostředí drůbežárny je důležitým faktorem produkce drůbeže, který lze sledovat a optimalizovat. Mezi environmentální faktory patří teplota, rychlost vzduchu, míra ventilace, kvalita podestýlky, vlhkost a koncentrace plynů včetně oxidu uhličitého a amoniaku. Příkladem, jak může být PLF použita ke sledování a řízení prostředí drůbeže, je doložena regulací vlhkosti prostřednictvím změn rychlosti větrání, zprostředkovaných senzory relativní vlhkosti, protože relativní vlhkost je jedním z nejdůležitějších aspektů v drůbežárně. V současné době je v drůbežích farmách několik systémů pro sledování proměnných prostředí, avšak jsou zkoumány a implementovány i další pokročilejší systémy. Ukázalo se, že multisenzorové systémy schopné sledovat rychlost vzduchu, diferenční tlak a teplotu v domech drůbeže účinně hodnotí funkci ventilačního systému v budově.

Ovšem senzory, které se v drůbežích farmách používají, mají i technická omezení. Ve studiích, kde bylo použito více sensorových uzlů a byly použity k měření oxidu uhličitého v regulované komoře, tak jednotlivé senzory prokázaly lineární odezvy na zvyšující se koncentraci oxidu uhličitého, jejich individuální hodnoty se však lišily, což vedlo k rozdílům v naměřených hodnotách. Proto vědci zdůrazňují, že senzory by měly procházet pravidelnou kalibrací. Senzory se ve velké většině případů umísťují na vyvýšené polohy, což nemusí odrážet skutečné podmínky v budově. Pak jsou zde ještě bezdrátové senzory, které mají také potenciál, ale jsou ještě ve fázi zkoušení a experimentování. Dalším systémem pro sledování životní pohody zvířat jsou roboti, kteří mohou používat dezinfekční prostředky. Tito nově vyvinutí roboti navíc mohou obsahovat senzory, které hodnotí prostředí drůbežárny v reálném čase. Roboti mohou prostředí monitorovat na dálku, což opět snižuje potřebu lidí vstoupit do budovy, v níž se nachází drůbež, tím se tedy dále zvyšuje biologická bezpečnost (Astill et al., 2020).

### 2.3.2 Přesné systémy krmení

Proces krmení je na drůbežích farmách jedním z nejdůležitějších aspektů a je to také oblast, kde mohou mít PLF technologie výrazný dopad na produkci samotnou. Tyto nové technologie mohou optimalizovat krmení drůbeže, ať už jde o maximální růst, nebo dosažení přesného poměru krmiva nebo zachování optimální hmotnosti drůbeže. Chovatelé musí drůbež neustále vážit a podle průměrné hmotnosti nastavit potřebnou dávku krmné směsi. Toto je velmi únavné, vyžaduje to neustálý odběr vzorků a nikdy není zaručené, že to bude provedeno naprosto správně a že bude nastaven správný režim krmení.

Za tímto účelem byl vyvinut experimentální systém přesného krmení, který reguluje uvolňování krmiva jednotlivým kusům drůbeže jeden po druhém, na základě hmotnosti daného kusu, který hledá krmivo. Tento stroj dokáže přidat těm kusům drůbeže, kteří mají menší hmotnost a naopak těm, kteří mají hmotnost vyšší, krmnou dávku snížit. Tento způsob krmení také prokázal, že četnější krmení zvyšuje přeměnu krmiva ve srovnáním se standardním způsobem krmení jednou denně. Tento způsob krmení také vedl k rozvinutějšímu systému přesného podávání. Systém totiž může vážit jednotlivé kusy a současně používá vysokofrekvenční identifikaci ze značky křídla ke sledování jejich příjmu krmiva. Přesný systém krmení prokázal účinnější přeměnu krmiva a mírně vyšší úroveň plodnosti ve srovnání s normálními režimy krmení. Tento systém krmení pracuje pomocí senzorů na seřízení přesné dávky krmné směsi, které sledují hlavně hmotnost drůbeže (Astill et al., 2020).

### 2.3.3 Systémy monitorování welfare zvířat

Jedním z největších zájmů drůbežářského průmyslu je udržování odpovídajících standardů welfare drůbeže. Zavedením nových technologií můžeme lépe porozumět podmínkám, které udržují drůbež v dobrém fyzickém i psychickém stavu. V následujících odstavcích jsou popsány tři třídy neinvazivních technologií (digitální zobrazování, vokální analýza a infračervené tepelné zobrazování), které posuzují welfare (Astill et al., 2020).

Digitální zobrazování je zachycování pohybových vzorců kuřat v drůbežárnách pomocí digitálních zobrazovacích technologií, což umožňuje měření aktivity kuřat v drůbežárně. Díky této technologii můžeme posoudit mnoho faktorů, jako je například skóre chůze, hmotnost daného kusu, reakce drůbeže na různé podmínky prostředí atd. Zachycení pohybových vzorů drůbeže pomocí kamerového monitorovacího systému eYeNamic, prokázalo schopnost vyhodnotit skóre chůze drůbeže, což naznačuje, že je to účinné řešení při posuzování pohybu zvířat (Worldfoodinnovations.com, 2020). Důležité také je, že poskytuje nepřetržitou a objektivní alternativní metodu sledování ve srovnání s metodami manuálního monitorování. Vědci ovšem zdůraznili, že tento experimentální model by musel být upraven, aby se mohl používat v komerčních podnicích (Astill et al., 2020).

Vokální analýza je další indikátor welfare drůbeže. Tato analýza využívá zvuky, které vytváří drůbež, ty se následně vyhodnotí a ukáží zdravotní stav a životní pohodu zvířat. Drůbež může produkovat velké množství různých vokalizací. Výzkum ukázal, že určité zvuky lze použít jako ukazatel zdravotního stavu. Například zaznamenal vyšší četnost volání u slepic, když jsou zbaveny hnízda. Pomocí této technologie je také možné detekovat infekci patogenními mikroorganismy ještě dříve, než jsou u infikovaných kuřat viditelné příznaky. Na drůbežích farmách je mikrofon, díky němuž je možné číst zvuky, umístěn vždy blízko zvířat a dokáže zachytit zvuky nepřetržitě a neinvazivně včetně hluků pro-

středí. Je schopen dlouhodobého sledování bez toho, aby drůbež rušil. Vokální analýza je používána jako pomoc při automatickém sledování růstu kuřat brojlerů.

Infračervené tepelné zobrazování je zobrazovací technika, kterou lze použít k posouzení welfare drůbeže s minimální invazivitou. Infračervené zobrazování může určit povrchovou teplotu objektů a vytvořit obrazovou mapu s barvami, které představují různé teploty. Tepelný stres poškozuje zdraví a tělesná teplota svědčí o fyziologických abnormalitách, jež mohou vést ke zvýšené úmrtnosti. Tuto technologii lze použít k detekci teploty kuřat po změnách ve stravě, prostředí drůbežárny a stresu (Astill et al., 2020).

### **2.3.4 Sběr a ukládání dat**

Vzhledem k tomu, že se na drůbežích farmách generuje mnoho dat, tak je potřeba je určitým způsobem shromažďovat a ukládat. Jedna z možností je centrální datový sklad. Sklad poskytuje schopnost ukládat data ve vhodné formě pro další analýzu vhodnou pro potřeby farmy. Datové sady mohou obsahovat biologické a enviromentální veličiny, jako jsou vlhkost, teplota, hladina amoniaku, oxidu uhličitého, hmotnost, aktivita, stav infekce a další fyziologická opatření. Tato data jsou zachycena enviromentálními senzory, fotoaparáty, mikrofony, biosenzory (analytické zařízení, které kombinuje fyzikálně chemický detektor s biologickou složkou) a s dalšími sensorovými technologiemi. Vstupy musí být převedeny do elektronické podoby, kterou lze snadno ukládat a zobrazovat, aby byly údaje smysluplné.

Ukládání dat je jedním z nejdůležitějších procesů při využívání inteligentních technologií řízení v drůbežích farmách. Tím, jak se datové sady rozšiřují se ukládání dat stává kritičtější. Jedním z možných systémů, který lze použít pro uložení velkého množství dat, jsou distribuované úložné systémy. Tyto systémy ukládají data na více než jednom serveru. Existují určité atributy, které tato technologie musí mít, včetně konzistence, dostupnosti a tolerance oddílů. Jelikož úložiště zahrnuje více kopií dat uložených na různých serverech, tak konzistence znamená, že se zachová stejná povaha těchto různých kopií dat. Dostupnost znamená, že pokud dojde k selhání jednoho ze serverů, budou i nadále k dispozici další záložní servery. Tolerance diskových oddílů se projeví, když dojde k selhání uzlu v síti, ale přesto nedojde k úplnému selhání sítě a distribuovaný úložný systém může fungovat, i když se síť rozdělí na oddíly. Samozřejmě existují i jiné systémy na ukládání dat, ať už se jedná o cloudové platformy nebo úložné systémy hybridní (Neethirajan a Kemp, 2021).

### **2.3.5 Přístup k datům a jejich správa**

Pro inteligentní systémy řízení drůbeže je přístup k datům jedním z nejnezbytnějších bodů. Producenti drůbeže mají hlavní zájem použít data pro chovatelské účely, avšak data mohou být zpřístupněny dalším stranám zapojených do hodnotového řetězce drůbeže, včetně dodavatelů krmiv, drůbeže, ale i například veterinářů. Například údaje o fyziologii a zdraví drůbeže mohou být pro veterináře vhodnější k přímému pozorování, navíc by to mohlo být nápomocné i ke vzdálenému pozorování, to vše zaručuje vyšší úroveň péče. V dnešní době existují softwary, které lze použít k převodu zemědělských údajů na údaje pro producenty. Lze je nainstalovat i na více zařízeních.

Správa dat je koncept, který zahrnuje řadu různých postupů, technických systémů, procesů a strategií, které fungují tak, aby data mohla spolehlivě sloužit účelu. Zahrnuje také soukromí a bezpečnost údajů, což jsou důležité aspekty producentů drůbeže. Aby údaje

byly co nejlépe v chovech drůbeže využity, měly by být přístupné a dostupné více skupinám a jiným producentům. V současné době ale zemědělské producenti nemají důvěru, pokud jde o vlastnictví a používání údajů získaných z farem třetími stranami (Neethirajan a Kemp, 2021).

## **2.4 Inteligentní správa drůbeže: role analýzy velkých dat a internet věcí**

Praxe v průmyslu drůbežářství již pokročila vkládáním PLF technologií v různých oblastech, včetně automatizovaných systémů vážení jednotlivých kusů drůbeže a určování spotřeby krmiva a vody. Tyto technologie se budou vyvíjet i nadále a umožní tak producentům zvětšit velikost systémů produkce drůbeže a zvýšit počet kusů drůbeže. PLF spíše poskytuje potenciál pro shromažďování příslušných údajů souvisejících s výrobou v reálném čase a s pokročilými analytickými systémy lze z údajů vyvodit důležité závěry, jenž mohou vést k lepšímu rozhodování, postupů a vyšší výrobní úrovni (Akhund et al., 2021).

### **2.4.1 Internet věcí a inteligentní chov drůbeže**

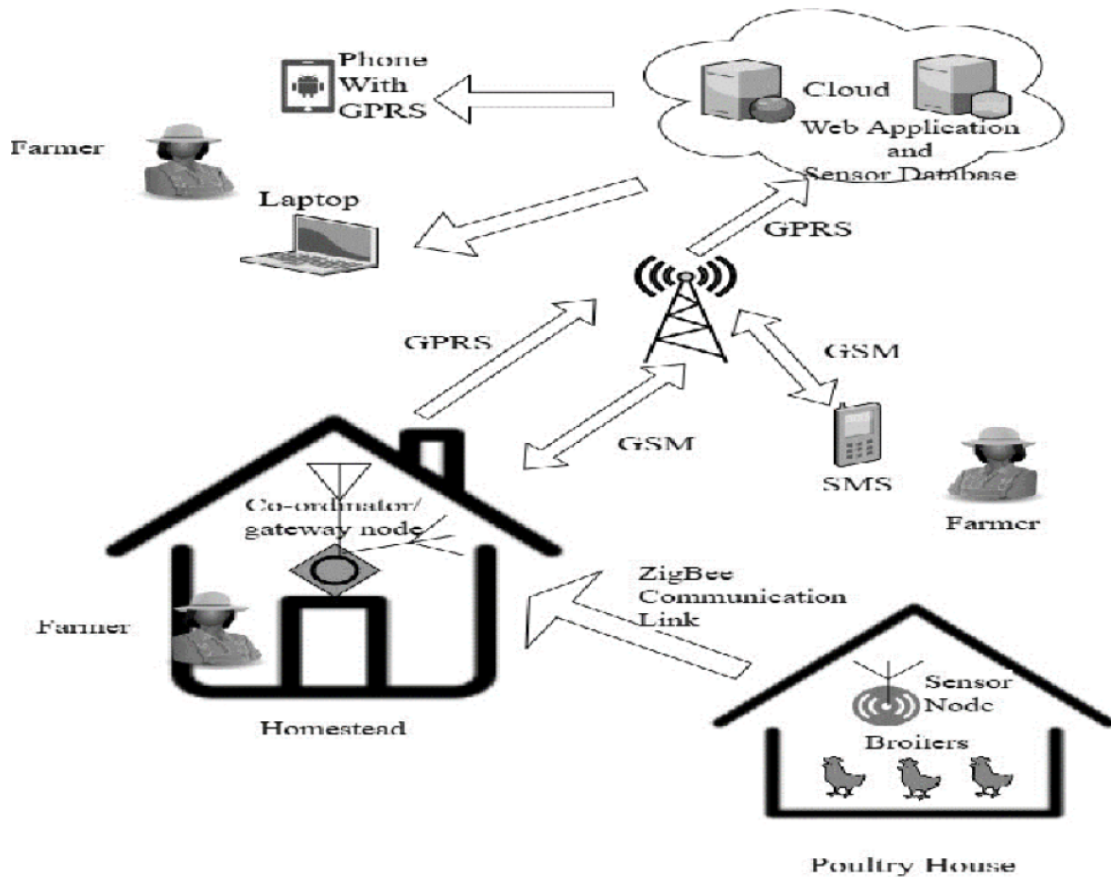
Internet věcí (IoT) je infrastruktura, kde je velké množství zařízení připojeno k internetu, což vede k velkým změnám způsobu života a práce lidí. Skládá se z několika součástí, včetně hardwaru pro sběr dat z prostředí, konektivity pro přenos dat, softwaru pro ukládání, analýzu a zpracování dat a rozhraní, aby mohla probíhat komunikace uživatelů s IoT platformou (Astill et al., 2020).

Zařízení IoT shromažďuje data z drůbežárny, včetně senzorů prostředí, nositelných senzorů a zobrazovacích a zvukových záznamových zařízení. Důsledky systému IoT v zemědělství jsou značné a v budoucnosti bude součástí inteligentních drůbežích farem. Technologie IoT v systémech produkce drůbeže zahrnuje celou řadu inteligentních zařízení připojených k internetu, která umožní zdokonalenou komunikaci zařízení, což povede k automatizaci některých operací na farmě, takže lidé budou sledovat farmy z dálky a jednat budou podle procesů, jenž vyžadují mnohem vyšší úroveň inteligence. Hlavní výhodou je schopnost komunikace mezi senzory a zařízeními používanými na farmě (Akhund et al., 2021).

Důležitou vlastností PLF je automatizace postupů ve snaze automatizovat běžné úkoly a zvýšit efektivitu řídicích postupů. V IoT síti viz obrázek 2.8 (Sinclair, 2014) mohou existovat různé komunikační postupy mezi zařízeními, nebo komunikace mezi lidmi a zařízeními. Jednodušší komunikace vede k automatizaci mnoha postupů, jako například nízká úroveň přívodu krmiva by mohla signalizovat automatickou objednávku u dodavatelů krmiv, nebo vysoká úroveň vlhkosti a vyšší výskyt amoniaku by mohla vyslat, přes senzory prostředí, signál ke zvýšení rychlosti ventilace. Složitější komunikace mezi více zařízeními bude potřebovat heterogenní skupinu zařízení, jednotlivá omezení zařízení, což je napájení, výkon a úložiště a nejednotný přístup k síti. Pro umožnění k této složitější komunikaci musí být IoT vybaveno inteligentními směrovacími protokoly. Tyto protokoly mohou nabídnout automatizaci procesů vyššího řádu na farmách, tzn. že by se mohly používat RFID (identifikace na rádiové frekvenci) senzory například při krmení drůbeže, aby se nastavila přesná dávka krmné směsi. Přidání IoT infrastruktury v drůbežářském



průmyslu bude vyžadovat zavedení postupů pro správu a ochranu údajů a právní soulad, aby byla zajištěna kvalita a integrita údajů (Astill et al., 2020).



Obrázek 2.8: Schéma IoT

Bezdrátové nositelné senzory (např. akcelerometr nebo RFID mikročipy) se používají hlavně ke sledování polohy a aktivity jednotlivců na dálku. Tyto senzory dokáží automaticky rozlišit chování jednotlivců, zejména pokud jsou lidská pozorování obtížná. RFID technologie byly použity jako výzkumný nástroj pro sledování aktivity a umístění jednotlivých nosičů. V komerčních drůbežích farmách se tato technologie používá jen zřídka ve srovnání s farmami produkující větší zvířata, a to vzhledem k malé velikosti a nízké hmotnosti jednotlivých kusů drůbeže, požadované velikosti mikročipů a vysokým finančním nákladům. RFID je technologie radiofrekvenční identifikace, která se používá pro automatickou identifikaci a sběr dat, které lze použít ke sledování polohy drůbeže. Mikročip RFID může být indikován na nohu nebo zadní stranu drůbeže, ten vytváří signál do čtečky RFID, když je anténa uvnitř magnetického pole a signál je odeslán do centrálního informačního systému pro identifikaci a umístění jednotlivce. Toto sledování polohy jednotlivých kusů drůbeže může umožnit pozorování hnízda, krmení, pití, chování při sezení nebo také předpovídání zdravotních podmínek (Li et al., 2020).

---

## 3 Chytré technologie v zemědělství a jejich spojení s chovem drůbeže

Díky rozvoji moderních IT technologií je možno využívat stále propracovanější systémy i v oblasti řízení klimatu v halách pro ustájení drůbeže. Stále větší část těchto moderních technologií tvoří automatizovaná složka fungující bez potřeby zásahu člověka. Samozřejmost je ovládání regulačních prvků vzdáleným přístupem pomocí počítače nebo mobilního telefonu. V současné době je možné díky těmto technologiím ovládat například ventilaci, osvětlení nebo třeba krmení. Dále lze monitorovat veličiny jako je teplota, tlak, vlhkost, intenzita osvětlení a hlavně koncentrace plynů (amoniak, metan) (Souček, 2019).

### 3.1 Obnovitelné a udržitelné systémy vytápění pro chov drůbeže

Znečišťování životního prostředí, globální oteplování, změna klimatu a nedostatek energetických zdrojů v budoucnosti se staly velkou výzvou pro lidstvo. Rostoucí atmosférická koncentrace oxidu uhličitého (CO<sub>2</sub>) je známá jako největší přispěvatel ke globálnímu oteplování. Výzkumy proto ukazují, že lidé by měli těmto hrozbám čelit většími úsporami energií a snížením emisí CO<sub>2</sub>. V oblasti energetického výzkumu, se přeměny výroby energie z fosilních paliv na energii z obnovitelných zdrojů, zaměřily na větrnou energii, sluneční energii, energii biomasy a energii geotermální. Všechny tyto aspekty se samozřejmě zaměřují i na průmysl hospodářských zvířat. Zdravotní prostředí kuřat v drůbežárnách je výrazně založeno na vnitřní teplotě. V topné sezóně se vyžadují teploty v drůbežárnách mezi 21 °C a 32 °C, v závislosti na stáří a kondici drůbeže. Tradiční chov drůbeže je jedním z energeticky nejnáročnějších odvětví vzhledem k tomu, že většina současných drůbežáren je instalována s konvenčním systémem HVAC, osvětlovacím zařízením, zařízením pro skladování a výrobu energie. To znamená, že spotřeba energie, emise CO<sub>2</sub> a provozní účty drůbežích farem jsou velmi vysoké. Inovativní ekologické, nákladově efektivní a energeticky úsporné strategie jsou proto naprosto nezbytné, aby se snížily provozní náklady a vylepšily také zisky zemědělců (Yuanlong et al., 2020).

#### 3.1.1 Požadavky drůbežárny na teplotu a ventilaci

Růst drůbeže závisí především na podmínkách vnitřního prostředí. Kolísání teploty totiž může bránit produktivitě kuřat, hlavně díky tepelnému stresu. Tepelný stres je znám jako rozmezí tepelné rovnováhy mezi ztrátou tělesného tepla a tvorbou tepla. Teplota mláďat by měla být kontrolována v rozmezí 30 °C až 32 °C, poté by mělo docházet

k postupnému snižování na 23 °C ve věku sedmi týdnů viz tabulka 3.1 (Yuanlong et al., 2020). Požadovaný rozsah relativní vlhkosti (RH) je v rozmezí 50 % a 70 %. Pokud by tato hodnota byla nad 70 %, tak by stelivo bylo příliš vlhké, což by vedlo ke zvýšení emisí amoniaku, které jsou nežádoucí, mohly by totiž způsobit respirační potíže. Pokud by klesla pod 50 %, tak může odpad, vyprodukovaný drůbeží, vyschnout a způsobovat prach.

**Tabulka 3.1:** *Požadované vnitřní parametry drůbežárny*

<b>Parametry drůbeže</b>	<b>Teplota</b>
Zóna obecného pohodlí	22–28°C
Do 1 týdne	30–32°C
1–7 týden	20–32°C
Po 7 týdnu	10–27°C

Nadměrné tělesné teplo je rozptýleno prostřednictvím záření, konvekce, chlazení výparem a vedením. Teplo se vytváří procesem metabolismu, který zahrnuje růst, produkci vajec a masa. Tato tvorba tepla je ovlivněna druhem, tělesnou hmotností, kvalitou krmiva, úrovní příjmu a produkcí krmiva.

Pro drůbežárny je nutné zajistit vytápění, ventilaci a energii. Zisky a ztráty z kuřecího masa a dalších zdrojů jsou primární ztráty v chovu drůbeže. Vzhledem k rostoucím nákladům na palivo není tento tradiční topný systém ve většině drůbežáren dobře dosažen. Očekává se, že termoregulace a systém vytápění mohou výrazně zvýšit celkové zlepšení welfare kuřat a zvýšit ziskovost producentů. V důsledku toho je nezbytně nutné vyvinout a provádět obnovitelné a udržitelné strategie pro řešení těchto problémů, aby bylo dosaženo zdravého prostředí pro růst množství a kvality kuřat.

Nejtradičnějšími zdroji pro výrobu tepla v prostorách drůbežáren jsou plyn a elektřina. V posledních letech chovatelé drůbeže zaznamenali změnu provozních nákladů kvůli nárůstu účtů za palivo. Nedávné výzkumy se proto zaměřují na provádění obnovitelných zdrojů energie v oblasti drůbeže. Nejvíce se využívá sluneční energie, geotermální energie, energie z biomasy a sluneční energie. Energie ze slunce je považována za jeden z nejvýznamnějších potenciálních obnovitelných zdrojů energie, který je po celém světě v současnosti hojně využíván například v různých tepelných aplikacích, které se používají pro klimatizaci, ohřev vody atd. Fotovoltaická energie se využívá pro vytápění, ventilaci a osvětlení v drůbežárnách (Yuanlong et al., 2020).

## **3.2 Technologie vytápění pro drůbežárny**

Existuje mnoho výhod v oblasti obnovitelných zdrojů a udržitelných energetických řešení ke zmírnění požadavků na vytápění typických drůbežáren. Využívání těchto technologií bylo zkoumáno u různých drůbežáren. Výsledkem bylo, že se snížily provozní náklady a také CO<sub>2</sub>. Kromě tohoto přispívají k udržování požadované vnitřní teploty, relativní vlhkosti a rychlosti ventilace, čímž se zlepšuje zdraví drůbeže (Yuanlong et al., 2020).

### **3.2.1 Technologie solárních kolektorů**

Solární kolektorová technologie je pozitivní způsob pro oteplování drůbežárny. Její provoz je energeticky efektivní a levnější než tradiční zdroje. Solární kolektorový systém, který je instalován na střechu, může zajistit až 80 % energetické poptávky drůbeže. V dnešní době má mnoho využití v zemědělských aplikacích, jako je například solární skleník (lze jej využívat po celý rok). Získaná sluneční teplota je realizována solárním systémem horké vody nebo solárním ohříváčem vzduchu. Systém horké vody je používán právě v drůbežárnách.

Plochá desková solární technologie se obvykle používá pro ohřev teplé vody a vytápění prostorů v drůbežárnách. Typická topná jednotka s plochými deskami se skládá z absorberu s plochými deskami a průhledného krytu, který umožňuje průchod slunečního záření, ale snižuje tepelné ztráty. Prosklený typ plochého vytápěcího systému je hojně využíván v drůbežárnách, kde je udržována nízká teplota mezi 30 °C a 35 °C. Plochý solární kolektor má účinnost 40 % až 60 %, to znamená, že může přeměnit na využitelné teplo asi polovinu záření, jenž na něj dopadá. Nasazení systému plochých kolektorů na drůbeží farmě je primárně zaměřeno na snížení skutečného tepelného zatížení, nikoli na definitivní metodu (Yuanlong et al., 2020).

### **3.2.2 Osvětlovací technika**

Osvětlení je jedním z nezbytnějších a kritickým regulačním nástrojem ke zlepšení růstu drůbeže, produkce vajec a masa. Osvětlení je schopné prodloužit délku dne až na 16 hodin. Drůbež je ovlivněna pomocí spektra, intenzity a doby trvání světla. Obecně lze říci, že drůbež může vnímat a reagovat na různou škálu světelného spektra barev. Osvětlení spotřebuje 5 % až 15 % vyrobené elektřiny pro drůbežárny.

Na základě pozorování bylo prokázáno, že zelené světlo má pozitivní vliv na kuřata, protože je dokáže zklidnit, zatímco světlo červené může způsobovat až kanibalismus. Zatímco lidské oko reaguje na světlo od 400 nm do 750 nm, drůbež je schopna vidět UV záření od 315 nm do 400 nm. Režim osvětlení musí brát v úvahu welfare zvířat, trvanlivost a praktické zkušenosti. Drůbežářské domy, využívající denní světlo, vyžadují malé nebo žádné umělé osvětlení. Ovšem umělé světlo je intenzivnější a stálé, což znamená, že dokáže překonat světelné výkyvy.

V současné době je několik typů žárovek pro drůbežárny jako například INC žárovky. Ovšem toto světlo není moc efektivní, jelikož až 90 % energie se přeměňuje na teplo, což může být sice v topném období výhoda, ale získané teplo je s jinými možnostmi neúčinné. Další typ žárovky je LED viz obrázek 3.1 (QCSupply, 2018), která se v posledních letech mnohem více začíná používat. Tato technologie je označena jako budoucnost aplikací osvětlení drůbežárny. Jsou mnohem úspornější, jelikož neprodukují nadměrné teplo. LED diody jsou dostupné, levné a trvanlivé. Mají směrový zdroj, tím jsou schopny zajistit větší osvětlovací úroveň pro drůbež. Účinnost tohoto typu je až 85 %. Počáteční náklady jsou sice zpočátku větší, ale oproti jiným technologiím mají dlouhou životnost a náklady na údržbu jsou také minimální. Další typy žárovek, které se využívají jsou s chladnou katodou (CC) nebo kompaktní fluorescenční (CF) (Yuanlong et al., 2020).

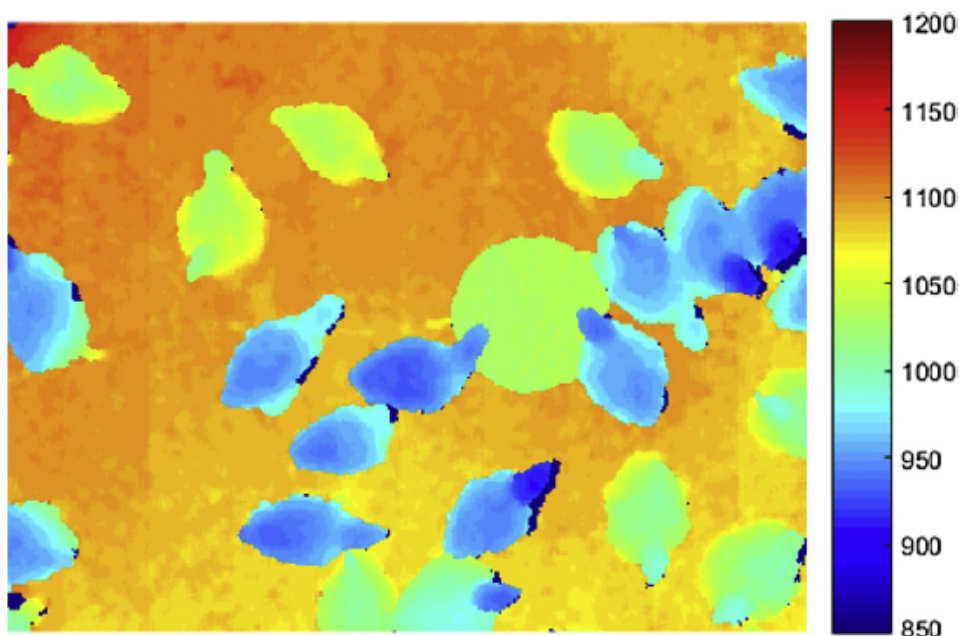


**Obrázek 3.1:** *Osvětlení LED*

### **3.3 3D váha**

Hmotnost drůbeže během chovu je jeden z nejdůležitějších aspektů při hodnocení účinnosti produkce porovnáním spotřebovaného množství krmiva a hmotnosti. Denní průměrná hmotnost se používá jako metrika v běžné praxi a odchylka od očekávané hmotnosti může naznačovat například špatné šetrnosti, nemoci a problémy s vitalitou. V dnešní době se váží buď ručně, což je ovšem značně neefektivní z důvodu zdlouhavé práce, a představuje pro drůbež velký stres nebo automaticky na plošině, na níž zvířata stojí a jsou na ní vážena. Automatický systém není tak stresující a je také rychlejší a méně náročný. Ovšem je zde i možnost toho, že tato váha není tolik přesná, protože na plošině stojí více zvířat najednou a je zde i velký problém s pohybující se drůbeží, která do měření zanáší velké nepřesnosti.

Dále je tu také možnost neintruzivního kamerového systému. Tento systém nevyžaduje, aby brojleři dobrovolně vstoupili na váhu, ale váží je v zorném poli kamery. Díky tomu může kamera pokrývat větší plochu než plošinová váha. Cíl byl v použití kamery Kinect 3D, která splňovala podmínku toho, aby kamera fungovala i za měnících se světelných podmínek. Existují ovšem i jiná použití technik založených na kameře. Jde například o segmentační a sledovací algoritmy, které analyzují chování brojlerů a nosnic, dále byly zkoumány algoritmy detekce pohybu pro analýzu vzorců aktivity. Na hloubkovém snímku viz obrázek 3.2 (Mortensen et al., 2016), který je pořízený fotoaparátem, jsou různé barvy, které přímo ukazují vzdálenost od kamery k poloze na obrázku a můžeme ji vnímat jako 3D prezentaci. Měřítka ukazují vzdálenost v milimetrech od kamery k objektu (Mortensen et al., 2016).



**Obrázek 3.2:** *Hloubkový snímek*

### **3.3.1 Metodologie**

Metodologie je systém, který nejprve získá hloubkový obraz, poté předpoví hmotnost brojlerů z nového algoritmu a nakonec uloží výsledek do databáze, ze které je možné extrahovat metriky, jako je denní průměrná hmotnost hejna nebo denní rozložení hmotnosti. Tento algoritmus je složen ze tří kroků. První je rozčlenění brojlerů, druhá extrakce prvků z každého segmentovaného brojlera a poslední predikce hmotnosti každého brojlera na základě vytažených prvků. Algoritmus byl vyvinut a proveden v programu MATLAB (interaktivní programové prostředí a skriptovací programovací jazyk čtvrté generace).

Extrakce funkcí souvisí s viděním pro predikci hmotnosti hospodářských zvířat jako je drůbež nebo prasata. Tyto prvky lze charakterizovat jako 1D, 2D nebo 3D prvky v závislosti na podkladovém prostoru, ze kterého jsou extrahovány. Nejlepšího výkonu lze dosáhnout kombinací těchto funkcí. Pro určení hmotnosti drůbeže se využívá kombinace dvanácti různých ručně vyrobených 1D, 2D a 3D prvků (Mortensen et al., 2016).

### **3.3.2 Problémy s 3D vážením**

Systém pracuje jako plně automatický systém bez zásahu lidí. Jedním z problémů tohoto systému vážení je, když brojler stál na kruhové plošinové váze, tam zamával křídly, trochu se od váhy vzdálil a posadil se. Mávání křídly způsobilo velkou odchylku v měření hmotnosti. Odchylky také způsobilo to, když brojler vyskočil z váhy a následně se opět posadil nebo když se nehýbal. Také dochází k tomu, že systém nadhodnotí hmotnost drůbeže, to se stává zejména, když je drůbež uzavřena nebo se nachází blízko sebe. Z uvedeného tedy vyplývá, že by tento systém vážení drůbeže mohl být úspěšný, ale ještě potřebuje další zkoumání k úplnému zdokonalení (Mortensen et al., 2016).

## **3.4 Inteligentní automatizační a monitorovací systém drůbeží farmy**

U systému se využívají moderní technologie hlavně k monitorování a kontrole parametrů prostředí, které hrají významnou roli v provozu drůbežárny. Jedněmi z nejdůležitějších parametrů na drůbeží farmě jsou teplota, vlhkost nebo hodnota amoniaku, protože příliš vysoká nebo naopak nízká hodnota těchto parametrů může mít nepříznivý vliv na drůbež. Pro správný růst kuřat musíme tudíž udržovat co nejpříznivější podmínky prostředí. Neméně důležité je také dodržovat správné množství krmné dávky. Když jsou všechny tyto hodnoty ve správném množství, tak kuřata zůstanou zdravá a získávají požadovanou hmotnost (Choukidar a Dawande, 2018).

### **3.4.1 Inteligentní systém pro správu drůbeže**

Inteligentní drůbeží farma používá senzory ke sledování a řízení podmínek prostředí u drůbeže. Cílem je monitorování klimatu uvnitř farmy pomocí senzorů a přijímání nápravných opatření, pokud nejsou klimatické podmínky ve standardních limitech. Děje se tak například, když teplota na farmě klesne pod požadovanou úroveň, tak dojde k zahájení nápravného opatření tak, aby teplota opět dosáhla požadované úrovně. Toho lze dosáhnout například aktivováním ventilace, chlazení nebo topení. Podobně to chodí i například u monitorování a hodnot plynného amoniaku. Přednastavené hodnoty pro amoniak, hladinu vody, vlhkost, teplotu atd. jsou řízeny pomocí Raspberry Pi (malý jednodeskový počítač). Senzory jsou k tomuto počítači připojeny a data jsou dále přenášena pomocí GPRS (přenos dat mobilními sítěmi) na webovou stránku pro ukládání, kde jsou uložena pro analýzu a sledování operátorem, který díky tomu může dohlížet na farmu ze vzdáleného místa (Choukidar a Dawande, 2018).

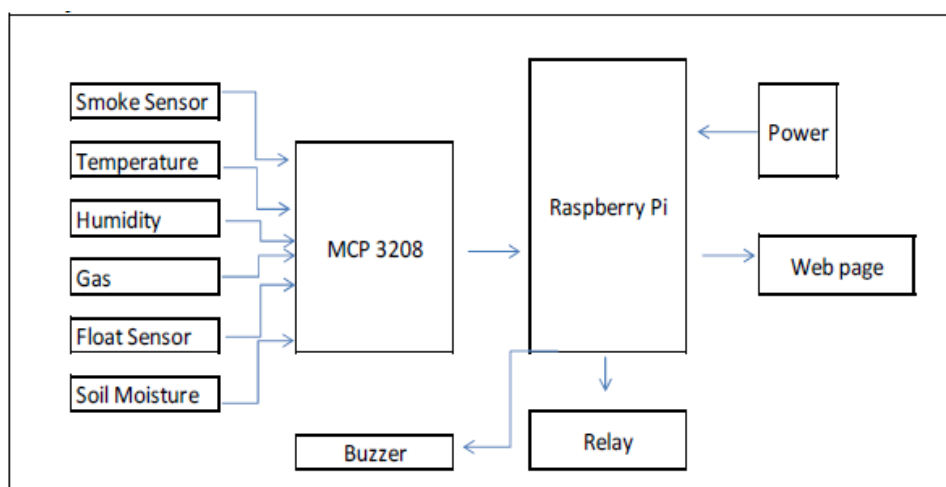
### **3.4.2 Potřeba inteligentní farmy**

Pomocí kombinace bezdrátových senzorů může síť GPRS a platforma pro integraci senzorů pomoci efektivně sledovat klimatické podmínky na farmě. Použití automatizovaného systému také pomáhá minimalizovat lidské úsilí a chyby v lidské práci. Když se ke sledování environmentálních parametrů v drůbežárně použije platforma pro inteligentní snímání, tak bude práce pro provozovatele snazší a efektivnější. Zachování zdravého prostředí je pro kuřata to nejdůležitější, protože když není klima na farmě v pořádku, tak je vysoké riziko poruch trávení, dýchání nebo v chování.

Inteligentní farma má být navržena s ohledem na flexibilitu kontroly klimatických podmínek. K dispozici jsou různé možnosti ovládní klimatu, jako je ventilace, chlazení apod. To lze použít ke kontrole mikroklimatu na farmě, protože v ručně řízených farmách se může vyskytnout lidská chyba při posuzování mikroklimatu na farmě. Například při posuzování hladiny oxidu uhličitého na farmě je složité tuto hladinu posoudit pomocí konvenčních technik řízení drůbeže (Choukidar a Dawande, 2018).

### 3.4.3 Chytrý systém řízení pro drůbeží farmu

Systém si klade za cíl automatizovat všechny úkony, které zahrnují vysoký obsah lidské práce. Vše je řízeno pomocí Raspberry Pi. Senzory teploty a vlhkosti jsou umístěny v zásobníku a jsou propojeny s řídicí jednotkou. Jako kontrolní mechanismus je zde k dispozici chladič a ohřívač. Krmení lze provádět automaticky podle předem nastaveného časového plánu. Dále je zde plovákový senzor, který se používá k monitorování hladiny v nádrži na vodu a funguje tak, že pokud se nádrž vyprázdní, tak se automaticky otevře ventil a po dosažení požadované hladiny se zavře. Obrázek 3.3 (Choukidar a Dawande, 2018) ukazuje blokové schéma systému.



Obrázek 3.3: Blokové schéma systému

Hardware tohoto systému je tvořen komponenty, které doplňují software. Použit byl Raspberry Pi, což je vysoce výkonný a nízkoenergetický procesor. Pro regulaci napětí byl použit 7805 tříterminálový regulátor napětí. Byly použity také různé senzory, díky nimž se automatizují různé úkony. Například teplotní senzor LM-35 s rozsahem teplot od -55 °C do 150 °C. Dále snímač vlhkosti SY-HS-220 s rozsahem vlhkosti od 30 % do 90 %. Je to analogový snímač, jehož výstupní hodnoty jsou pomocí ADC (analogově digitální převodník) převedeny do podoby digitální. Senzor MQ135 se používá k detekci kouře. Analogově digitální převodník MCP3208 se používá pro převod signálů přijatých z výše zmíněných senzorů.

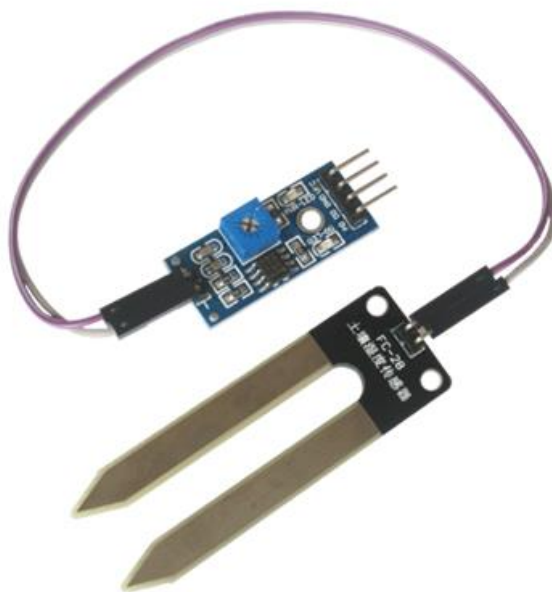
Software je nedílnou součástí inteligentního systému pro správu drůbeže. Webová stránka je vytvářena pomocí MySQL (multiplatformní databáze, s níž se komunikuje pomocí jazyka SQL, dá se nainstalovat na Linux nebo MS Windows). Systém má dva softwarové programy: Apache (webový server, který v současné době dodává prohlížečům většinu internetových stránek) a PHP (hypertextový procesor určený hlavně pro programování dynamických internetových stránek). Přizpůsobené stránky se generují pomocí jazyka PHP na straně serveru. Protože se kód používá na serveru, tak se snížila zátěž spuštěných skriptů a klienti tak systém mohou použít i na pomalejších počítačích (Choukidar a Dawande, 2018).



### **3.4.4 Návrh chytré drůbeží farmy**

System je schopen monitorovat data o parametrech prostředí, jako je nejvyšší nebo nejnížší teplota, vlhkost, kvalita ovzduší v okolí farmy nebo procento plynného amoniaku. Dodávka potravin a kontrola dodávek vody se monitoruje pomocí technologií bezdrátových senzorů, takže lidská práce zde odpadá. System odesílá aktuální údaje o všech datech prostřednictvím zprávy na registrované mobilní číslo a denní záznam drůbeže je viděn na webové stránce. Sensory načítají údaje o prostředí v drůbežárně a na LCD obrazovce zobrazují podrobnosti o parametrech prostředí.

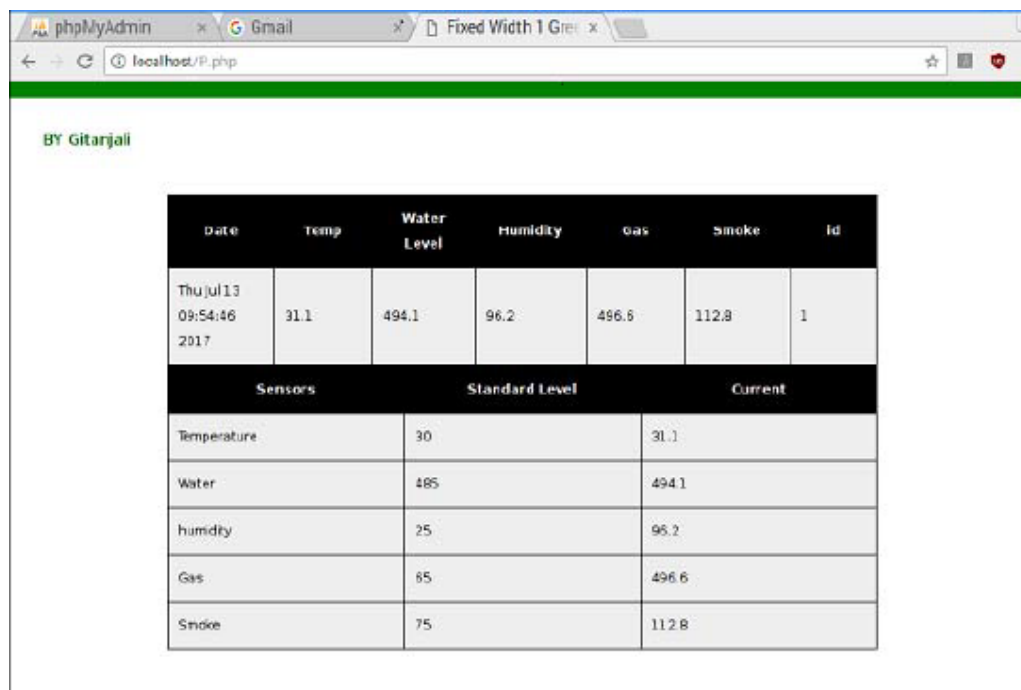
Nádoby na potraviny jsou naplněny krmivem a kdykoli senzor vyšle signál, že je v nádobě menší množství, než je předdefinované, tak je krmivo vpuštěno do nádoby. Pokud je krmivo již v nádobě, tak z ní již putuje krmivo na místo, z kterého drůbež potravu přijímá, a to jen když je na tom místě méně krmiva, než je požadované. Další aspekt je voda, která hraje u drůbeže velmi důležitou roli, protože kuřata potřebují denně dostatečné množství čisté vody. Senzor hladiny vody viz obrázek 3.4 (WifiHW.cz, 2020) je připevněn k zásobníku na vodu, takže kdykoli hladina vody klesne pod minimální hodnotu, tak senzor vyšle oznámení na obrazovku i na registrované mobilní číslo.



**Obrázek 3.4:** *Senzor hladiny vody*

Výsledky generované systémem lze sledovat pomocí webové stránky, kde jsou zobrazeny aktualizace denních výsledků viz obrázek 3.5 (Choukidar a Dawande, 2018) na drůbeží farmě. Velká výhoda tohoto chytrého systému je v ušetření za krmivo, protože při použití tradičních technik se ideální váha pro prodej kuřete (2 kg) dosáhla v devátém týdnu. Za použití chytré technologie dávkování krmiva se to podařilo již v sedmém týdnu a ještě s menším použitím krmiva. Úspora nákladů na krmivo byla 50 %. Díky již vyjmenovaným

senzorům se také sníží úmrtnost kuřat, která je při použití tradičních metod až o jednu třetinu vyšší.



Date	Temp	Water Level	Humidity	Gas	Smoke	Id
Thu Jul 13 09:54:46 2017	31.1	494.1	96.2	496.6	112.8	1

Sensors	Standard Level	Current
Temperature	30	31.1
Water	485	494.1
humidity	25	96.2
Gas	85	496.6
Smoke	75	112.8

**Obrázek 3.5:** *Denní výsledky*

Integrovaný systém mění tradiční farmu na tzv. smart farmu. Systém pracuje na principu aplikace chytrých telefonů, díky níž lze farmu sledovat a pomáhá tak majiteli sledovat hodnoty v prostředí farmy pomocí bezdrátových senzorů WSN a GPRS sítě. Díky tomu může pověřená osoba sledovat situaci uvnitř farmy tím, že sedí v jedné místnosti, protože potřebná data se zobrazují na webové stránce, případně v mobilní aplikaci, díky tomu je systém velmi uživatelsky přívětivý a snižuje tak i náklady, čas a práci (Choukidar a Dawande, 2018).

---

## 4 Cíl a metodika

Cílem diplomové práce bylo zhotovit 3D model reálného ustájení drůbeže, který bude sloužit pro potřeby počítačových simulací. Model může sloužit i jako výuková pomůcka při výuce technických předmětů na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity. Všechny modelované díly a sestavy byly vytvořeny v programu SolidWorks 2020 v bezplatné studentské verzi.

Teoretická část práce plně nenavazuje na praktickou. V důsledku toho, že v chovech drůbeže probíhá proces zavádění průmyslových robotů, tak je nutné mít digitální obraz reálného ustájení, na němž lze provádět například matematicko-fyzikální modelování, případně další studie, a proto byl vytvořen model reálného ustájení drůbeže.

Praktický výstup práce byl vytvořen v programu SolidWorks, který byl stažen na oficiálních stránkách výrobce. K naměření potřebných údajů k vytvoření 3D modelu byl poskytnut přístup přímo na farmu, kde se nachází haly pro výkrm drůbeže. K vytvoření jednotlivých dílů bylo využito internetových stránek výrobců nebo prodejců jednotlivých dílů, kde se nachází rozměry potřebné k vymodelování praktického výstupu práce.

---

## 5 Tvorba 3D modelu ustájení

3D model reálného ustájení drůbeže byl vytvořen podle haly pro chov brojlerových kuřat na farmě rodiny Šonků (Farma u lesa) v Sudoměřicích u Bechyně, na kterou byl poskytnut přístup k naměření potřebných hodnot pro vytvoření samotného 3D modelu. Farma je primárně zaměřena na výkrm brojlerových kuřat, dále se zabývá chovem masného skotu typu Aberdeen Angus a koní. Tato farma dokonce v roce 2016 získala první místo v prestižní soutěži Farma roku.

Na farmě se vykrmuje zhruba 100 000 kusů kuřat v 6 až 7 turnusech za rok. Celková kapacita pro ustájení kuřat je 103 000 kusů. Na farmě se vyskytují celkem 4 haly pro intenzivní výkrm brojlerových kuřat. Vykrmována jsou na farmě kuřata typu ROSS 308 a COBB 500 po dobu 34 dní. Kuřata jsou na farmu dodávána od firmy Xavergen a po vykrmení do váhy cca 2 kg putují dále na porážku do DZ Klatovy.

Haly pro výkrm kuřat mají rozměr 15 m na šířku, 3 m na výšku a 102 m na délku. Zbylé dvě mají šířku i výšku stejnou, pouze délka je 85 m. Pro tvorbu 3D modelu byla vybrána jedna z kratších hal. Každá z hal je vybavena systémem osvětlení pomocí světelných zářivek s tím, že světlo lze plynule regulovat a zajistí se tak potřebný komfort pro kuřata. Napájení je zajištěno technologií kapátkových napáječek od firmy Big Dutchman. Průtok napáječek je 85 l/min a je vybavena systémem pro proplach a také pro případné podávání léků pro zvířata do vody. Krmné směsi jsou uskladněny v silech vedle každé haly, z nich směs putuje za pomoci spirálových dopravníků do krmítek. Krmná linka byla vyrobena firmou Big Dutchman. Systémy napájení a krmení je možné zvednout ke stropu při odstraňování podestýlky nebo, když je hala prázdná. Haly jsou též vybaveny plynovými přímotopy o výkonu 270 kW na jednu halu, které slouží pro udržování potřebné teploty, která je pro drůbež jedním z nejdůležitějších parametrů. Stěny hal jsou 48 cm široké a jsou vytvořeny z cihel, vnitřní i vnější stěny jsou naštukované. Podlaha uvnitř haly je klasická betonová. Dveře do haly jsou dvoukřídlá s výplní z plechové tabule. V hale jsou také tři ventilátory Elmaf Multifan zabezpečující odvod vzduchu z haly. Střecha je zhotovena z vlnitých eternitových desek.

### 5.1 Postup vytvoření 3D modelu

K tvorbě 3D modelu reálného ustájení drůbeže byl zvolen program SolidWorks od francouzské firmy Dassault Systèmes, ke kterému byla poskytnuta studentská licence, díky studiu na JČU v Českých Budějovicích.

### **5.1.1 Popis práce v programu SolidWorks**

Program SolidWorks je určen zejména pro modelování 3D dílů a sestav. Práce v programu je podmíněna znalostí technického kreslení. Základem pro uživatele je pás karet na kterém jsou tlačítka s funkcemi a nachází se v horní části obrazovky.

Samotná práce v SolidWorksu začíná tím, že se zvolí soustava jednotek (v této DP milimetry). Následný krok spočívá ve volbě roviny v 3D prostoru. Pro kreslení se využívá několik základních tvarů a funkcí, např. přímka, kružnice, oblouk, zrcadlení, kruhové pole atd. K přechodu od 2D výkresu k 3D modelu je zapotřebí ukončení práce na výkresu. Výkres musí obsahovat uzavřený obrys, který by měl být okótovaný a plně určený (v programu se pozná tak, že je výkres v černé barvě). Z takto připraveného výkresu je možné vytvořit 3D model, který může být přidán např. funkcí přidat vysunutím, tažením po křivce, rotací apod.

Pro tvorbu sestav je potřeba vytvořit nový soubor typu sestava, do níž se vkládají již vytvořené jednotlivé díly funkcí Vložit prvek. Prvky se k sobě vážou pomocí vazeb tak, že se vždy označí plochy, které mají být spojeny, na obou modelech. Do sestavy lze vložit i již vytvořenou sestavu, ta se tudíž nazývá podsestava. V práci je takto vytvořena například sestava krmítek, která je následně vložena do konečné sestavy 3D modelu reálného ustájení drůbeže. V sestavě je možné vytvoření i pohybové studie nebo pevnostní analýzy, což slouží především ke kontrole a zkoumání vytvořené sestavy. V práci je vytvořena simulace ventilátoru, kde je vidět otáčení vrtule ventilátoru.

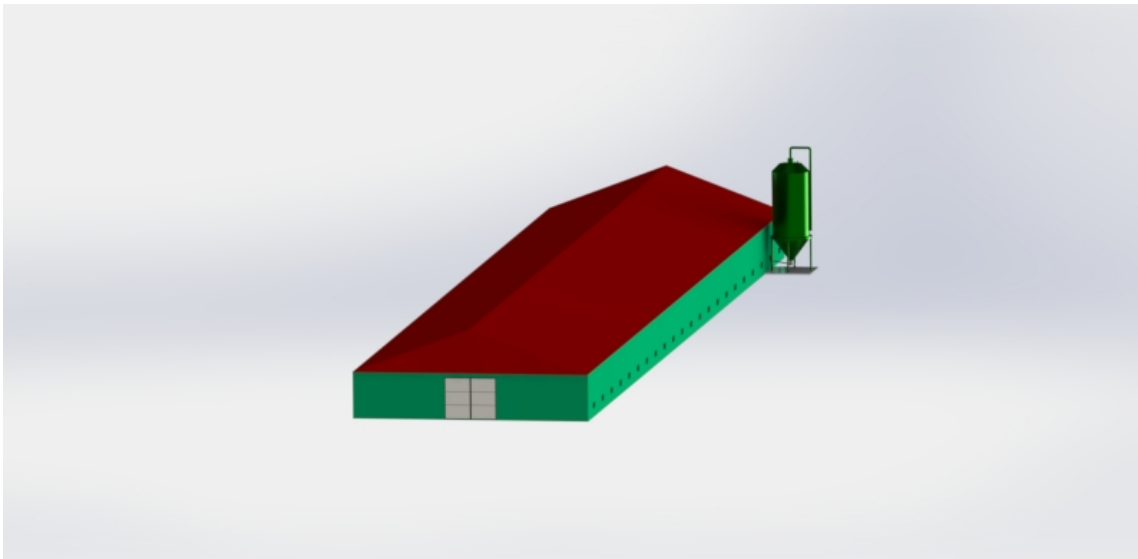
## **5.2 Sestava a hlavní díly**

Všechny vytvořené díly jsou vymodelovány podle reálných součástí, které se využívají na farmách pro výkrm drůbeže. Vytvořená sestava je reálným obrazem farmy U lesa.

### **5.2.1 Hlavní sestava**

Hlavní sestava se skládá z celkem 7 podsestav a 28 dílů. Podsestavy byly vytvářeny z důvodu přehlednosti, jelikož některé díly jsou složité a rozměrné. Díky podsestavám je vytváření velkých sestav jednodušší. Hlavní díly sestavy jsou popsány v následujících řádcích a jedná se o krmítko, napáječku, silo, zářivku, ventilátor, dveře, zdivo, podlahu a střechu. V sestavě jsou obsaženy i další díly jako matice, šrouby, závitové tyče apod., které v práci popsány nejsou, ale jsou důležitou součástí sestavy.

K vytvoření sestavy je nutné v hlavním výběrovém poli zvolit vytvoření sestavy (když se vytváří díl, tak se zvolí vytvoření dílu). Dále se zvolí v hlavním výběrovém poli příkaz vložit součást, tím se docílí toho, že se vloží již vymodelované díly, případně i podsestavy (u těch už po vložení není možnost přetváření). Poté se již díly vkládají na potřebná místa pomocí vazeb. Vazby se vytvářejí tak, že se označí plocha nebo hrana na obou spojovaných součástech a zvolí se typ vazby. V případě této sestavy se jednalo výhradně o tři typy vazeb. Když se vyberou dvě rovnoběžné rovinné plochy, tak se jedná o vazbu sjednocenou (první typ). V případě výběru válcová plocha nebo kruhová hrana, tak je jedná o vazbu soustředěnou (druhý typ). U této sestavy bylo zapotřebí mít jednotlivé díly i v určité vzdálenosti od sebe, to se docílilo tím, že zvolená vazba měla název vzdálenost (třetí typ). Když byly vloženy všechny potřebné díly a spojily se potřebnými vazbami, tak byla 3D sestava reálného ustájení drůbeže hotova (viz obrázek 5.1).



**Obrázek 5.1:** 3D model reálného ustájení drůbeže

## 5.2.2 Krmítko

První modelovaný díl bylo krmítko (viz obrázek 5.2) od firmy Big Dutchman, které se skládá ze dvou částí. První část je krmná miska s uchycením k trubce ve které vede krmivo ze sila do krmítka. Prvně bylo vytvořeno základní tělo celého krmítka, které tvoří válec s průměrem 320 mm, v jehož dně bylo vytvořené vybrání do "V", to je kvůli tomu, aby se miska zabořila hlouběji do podestýlky. Jelikož se jedná o krmítko, tak by mělo mít tvar misky, to se docílí skořepinou s tloušťkou stěny 3 mm. Dále bylo nutné zhotovit potřebná zaoblení a zkosení, což je důležité, protože jinak by mohlo dojít k poranění zvířat. Aby mohlo krmivo putovat do krmítka, tak bylo potřeba vytvořit potrubí, to se vymodelovalo tak, že se vytvořily dvě kružnice, jedna s průměrem 100 mm a druhá s průměrem 98 mm, prostor mezi kružnicemi se prostorově vysunul a bylo tak vytvořeno potrubí s tloušťkou stěny 1 mm. K uchycení krmítka k potrubí od sila byl vytvořen úchyt, jehož tvar byl nakreslen ve skice a následně prostorově vysunut. V úchytu byl ještě zhotoven otvor s průměrem 45 mm, díky které je krmítko nasunuté na potrubí.

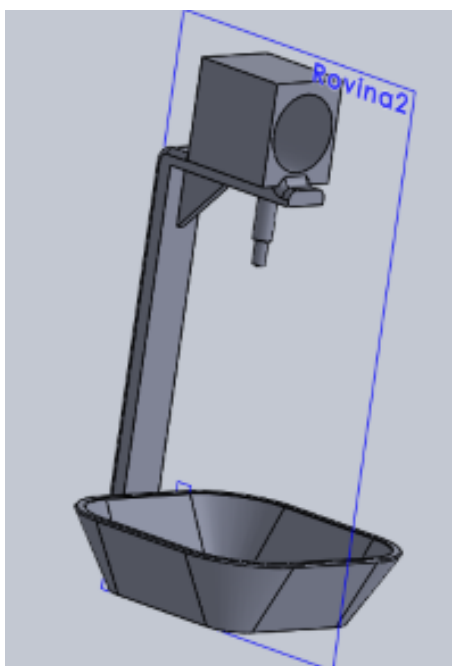


**Obrázek 5.2:** Krmítko

Druhá část krmítka je prvková mřížka. Ta se vytvořila tak, že se zhotovily dva základní kruhy (musela být vytvořena jedna rovina navíc, která byla posunuta o 180 mm oproti přední rovině), tvořící základní nosný prvek mřížky. První měl průměr 100 mm, tloušťku stěny 1,5 mm a byl vysunut na 10 mm, druhý měl průměr 323 mm, tloušťku stěny 1,5 mm a byl vysunut také na 10 mm. Na větším kruhu byl ještě vytvořen pravoúhlý lichoběžník se základnou dlouhou 35 mm a ramenem 1,5 mm, který byl orotován kolem osy a vytvořil tak hranu, která zamezí prsním otlakům na konci výkrmu u drůbeže a zabrání ztrátám krmiva. Mezi těmito dvěma základními tvary byl nakreslen tvar mřížky, který se vysunul na 3 mm. Mřížka byla rozmnožena pomocí kruhového pole. Následně byla vytvořena sestava těchto dvou částí.

### 5.2.3 Napáječka

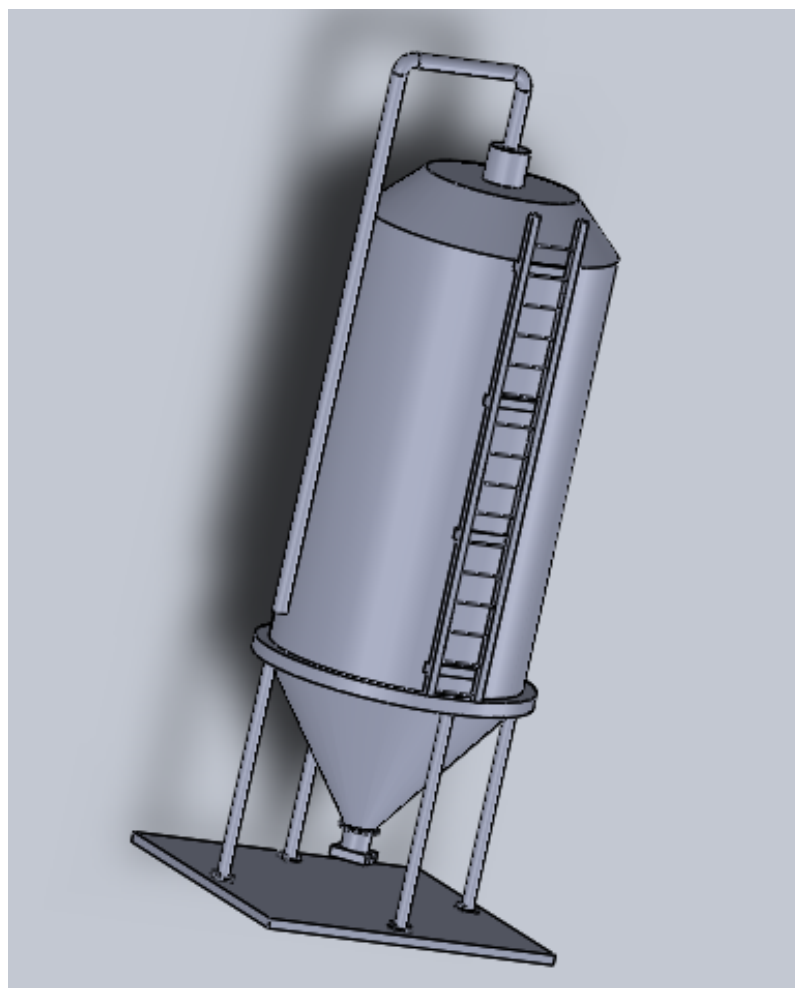
Napáječka (viz obrázek 5.3) je opět od firmy Big Dutchman. Základní tvar napáječky je podšálek, který byl vytvořen tak, že skica byla obdélník (60 mm x 56 mm) se zaoblenými hranami (R10), který byl vysunut na 25 mm. Na vysunutém kvádru byl vytvořen úkos (zkosení o 30°) a následně skořepina s tloušťkou stěny 3 mm. Vrchní hrany byly zaobleny, aby nedošlo k poranění zvířat. Dále bylo vyrobeno spojení mezi podšálkem a úchytem. Vytvořil se tvar, který musel navazovat jak na podšálek, tak na úchyt a vysunul se na 15 mm. K vytvoření úchyty bylo potřeba udělat jednu rovinu navíc, která byla posunuta o 27,5 mm od základní horní roviny. Ještě před modelováním úchyty bylo potřeba vytvořit vzpěru mezi úchytem a spojením. Úchyt tvoří kvádr (34 mm x 33 mm x 14 mm). Do takto vytvořeného kvádru byl zhotoven otvor o průměru 25 mm, díky kterému bude napáječka nasunuta na potrubí. Poslední část napáječky bylo kapátko. To je tvořeno pouzdrem válcového tvaru (vytvořeno kružnicí průměru 6 mm vysunuté na 15 mm) a kapátkem, což je opět kružnice průměru 4 mm vysunutá na 8 mm. Do těchto dvou válců byl ještě vytvořen otvor s průměrem 3 mm, aby mohla voda putovat z potrubí k drůbeži.



Obrázek 5.3: Napáječka

## 5.2.4 Silo

Další tvořenou součástí bylo silo (viz obrázek 5.4), což byla jedna z nejsložitějších a nejrozměrnějších součástí v sestavě. Základ sila tvoří válec s průměrem 2 520 mm, který byl vysunut na 5 000 mm a v horní části byl zkosen (500 mm x 45°). Ve spodní části byl vytvořen výsypaný kužel vysoký 1 500 mm. Jelikož se jedná o dutou součást s jmenovitým objemem, bylo potřeba vytvořit skořepinu s tloušťkou stěny 10 mm. V dalším kroku byl zhotoven oblouk okolo sila s průměrem 2 800 mm, který byl vysunut na 150 mm, na kterém jsou stojné nohy sila, které mají průměr 120 mm a na konci jsou patky (180 mm x 180 mm), ve které jsou čtyři otvory s průměrem 20 mm pro uložení závitových tyčí, díky nimž je celé silo uchyceno k zemi.

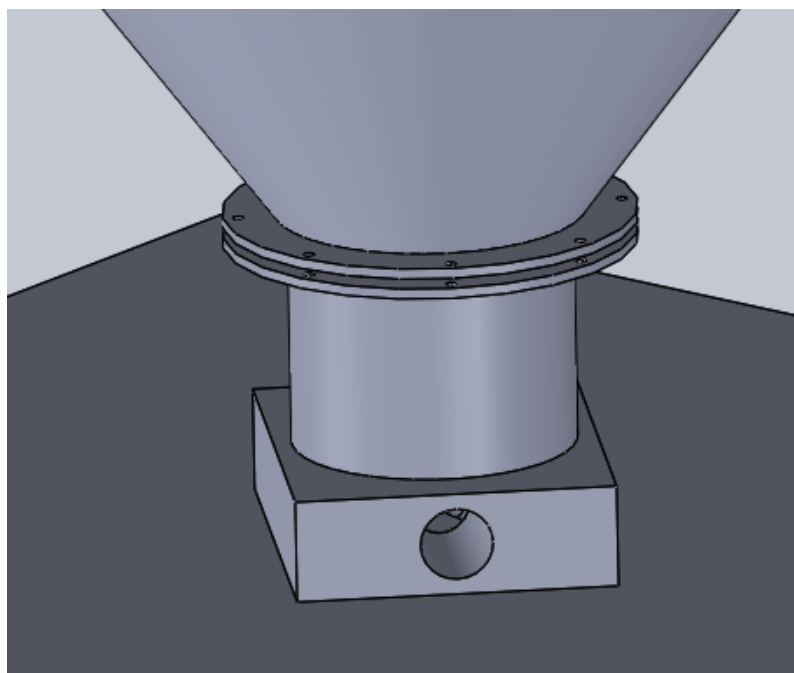


Obrázek 5.4: Silo

Další částí sila je plnicí zařízení, které tvoří válec (průměr 400 mm), jenž má uprostřed otvor (průměr 144 mm) pro možnost plnění. K válci je připojeno plnicí potrubí. Kvůli potrubí musela být vytvořena jedna rovina navíc, posunutá o 500 mm vůči přední rovině. Na této rovině se nakreslila kružnice s průměrem 150 mm), stejně tak na již zhotoveném válci, kružnice plní roli profilu. Poté se v rovině horní zhotovila křivka, která vede od středu do středu vytvořených kružnic a plní roli trasy v příkazu Tažení po křivce. Následně se díky tomuto příkazu vytvořilo potrubí. Tato součást slouží jak k plnění sila, tak k odvětrávání.



Následně byla zhotovena příruba (viz obrázek 5.5), která má tvar mezikruží v němž jsou otvory pro spojení. Příruba má vnější průměr 400 mm a je vysoká 10 mm. Otvory pro spojení mají průměr 10 mm, aby do nich mohl být vložen šroub M10, na kterém bude matice M10. K přírubě je napojená součást, což je kvádr s rozměry 375 mm x 310 mm x 100 mm, v němž je otvor, kterým putuje krmivo ze sila do potrubí a má průměr 70 mm.



Obrázek 5.5: Příruba sila

Poslední součást sila byl žebřík. K tomu bylo nutné vytvořit rovinu, která byla posunutá o 1 200 mm vůči horní rovině. To bylo uděláno kvůli držáku pro ukotvení žebříku. Držák se vymodeloval tak, že se na vytvořené rovině vytvořil obdélník (600 mm x 100 mm), který byl vysunut do prostoru na 100 mm. Držáky jsou čtyři, to se docílilo lineárním polem. K držákům je připevněna hlavní konstrukce žebříku, ta je vytvořena dvěma profily 100 mm x 80 mm s délkou 4 850 mm, které jsou 440 mm od sebe. V prostoru mezi profily byly vymodelovány příčky z kulatiny o průměru 18 mm, mezi sebou mají rozteč 300 mm.

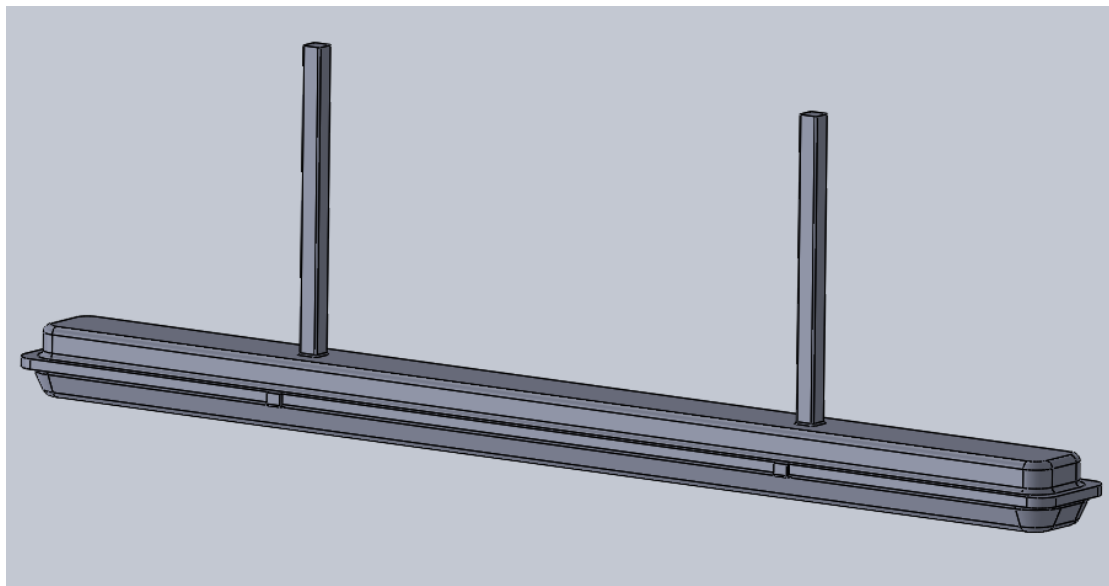
Posledním úkonem bylo vytvoření sestavy sila, kdy se k silu ještě přidaly již zmiňované kotvící prvky. Jednalo se o šrouby, matice a podložky M10 k ukotvení příruby a závitové tyče a matice M20 k ukotvení nosné konstrukce sila.

### 5.2.5 Zářivka

Zářivka je v drůbeží farmě velice důležitá součást pro welfare, která slouží k osvětlování budovy. Tato součást byla modelována ve dvou částech. Prvním krokem bylo vymodelování dvou kvádrů, které jsou na sobě, z nichž jeden je větší (1 200 mm x 110 mm x 10 mm) a druhý menší (1 170 mm x 80 mm x 30 mm), což je část pro uchycení zářivkových trubíc, u kterých jsou zaoblené hrany poloměrem 20 mm. Jelikož zářivka má miskovitý tvar, tak byla vytvořena skořepina s tloušťkou stěny 2 mm. Na této části byly vytvořeny úchyty pro uchycení druhé části zářivky, mají profil ve tvaru "L", jehož konec je zkosený (2,5 mm x 45°), aby druhá část zářivky mohla být nasunuta. Na konec byly vymodelovány

úchyty k ukotvení ke stropu haly, které jsou tvořeny profilem 20 mm x 20 mm vysunutým do prostoru na 300 mm.

Druhá část zářivky byla vytvořena stejným způsobem jako část první s tím rozdílem, že se již nemodelovaly úchyty. Posledním krokem bylo již vytvoření sestavy z obou modelovaných částí zářivky (viz obrázek 5.6).



Obrázek 5.6: Zářivka

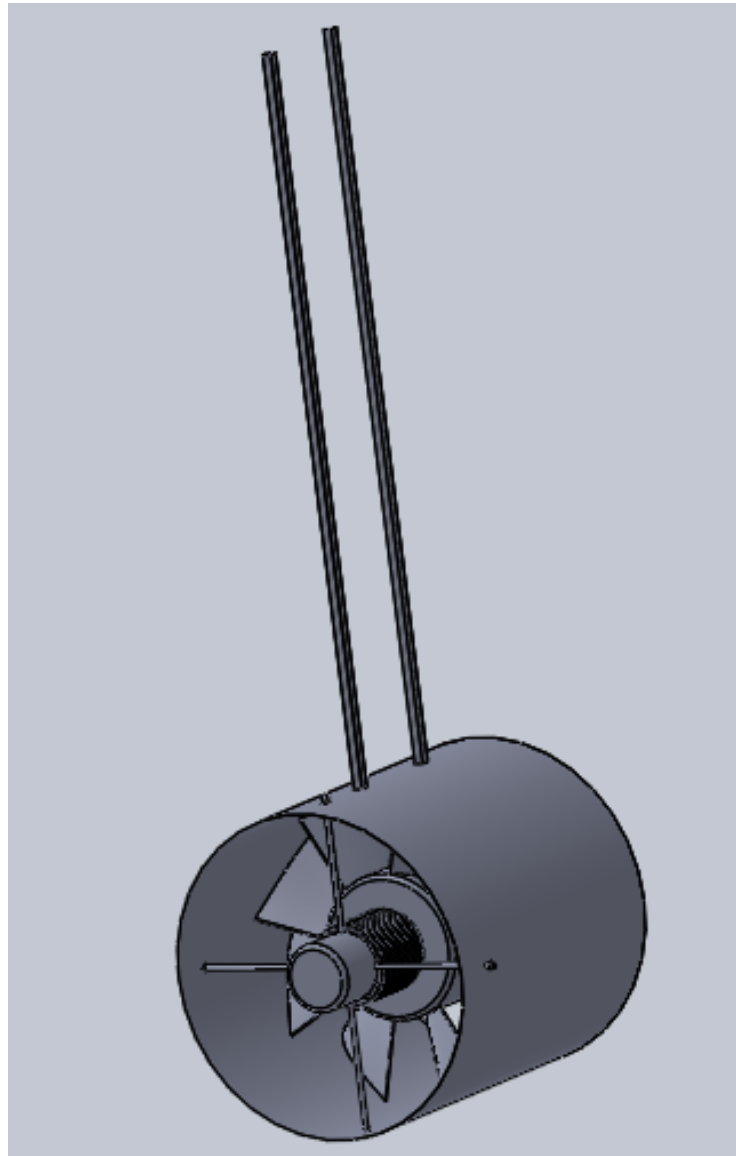
## 5.2.6 Ventilátor

Ventilátor je další důležitou součástí v drůbežárně, která slouží k odvětrávání hal. Základní částí je rotor, který má průměr 300 mm a je dlouhý 200 mm. K vytvoření vrtule ventilátoru bylo nutné vytvořit tři roviny navíc, dvě roviny byly posunuty vůči přední rovině o 90 mm na jednu i druhou stranu, třetí byla posunuta o 300 mm vůči pravé rovině. Vrtule byla vytvořena spojením profilů, to znamená, že na prvních dvou rovinách byl vytvořen obdélník 173 mm x 3 mm, který slouží jako profil vrtule a na třetí rovině byl nakreslen splajn, který slouží jako vodící křivka, po dokončení těchto úkonů mohl být použit již zmíněný příkaz spojení profilů. Následně byly zkoseny oba konce rotoru (10 mm x 45°) a uprostřed byl vytvořen otvor s průměrem 140 mm, aby rotor mohl být nasunut na hřídel.

Další částí ventilátoru byla válcová skříň s elektromotorem. Prvně byl vymodelován elektromotor, který byl vytvořen tak, že byl zhotoven dutý válec s průměrem 150 mm a tloušťkou stěny 5 mm vysunutý na 150 mm. Následně bylo vytvořeno vinutí rotoru, které tvoří vysunuté zuby široké 4 mm a vysoké 8 mm s tím, že vrchní rohy byly zaobleny na poloměr 1,7 mm a vysunuté na stejnou délku jako již zhotovený dutý válec. K této části je napojena hřídel s průměrem 140 mm, vysunutá na 120 mm se zaoblenou hranou. V dalším kroku byl vymodelován držák krytu ventilátoru, což jsou čtyři kulatiny dlouhé 350 mm s průměrem 10 mm, které tvoří kříž. Na konci každé z kulatin byl vytvořen závit M10 se stoupáním 1,50 mm, na který přijdou matice, aby kryt držel. K tomu bylo ještě potřeba vytvořit navíc rovinu, která byla posunuta o 155 mm vůči přední rovině. Následně byl vytvořen kryt, který tvoří dutý válec s průměrem 666 mm, tloušťka stěny 1 mm, vysunutý

na 600 mm. Dále bylo nutné vytvořit úchyty, díky kterým bude ventilátor držet u stropu budovy. Úchyty jsou zhotoveny z profilu 20 mm x 20 mm vysunutým na 1 500 mm.

Poslední část ventilátoru tvoří hřídel, jenž je napojená k motoru a na níž se otáčí vrtule. Hřídel byla vymodelována tak, že se vytvořil válec s průměrem 140 mm a délkou 270 mm. Na hřídeli jsou ještě dva vymodelované vymešovací válce, mezi nimiž je prostor pro vložení vrtule, aby nemohla vypadnout. Posledním krokem bylo vytvoření sestavy (viz obrázek 5.7) z těchto tří vymodelovaných částí.

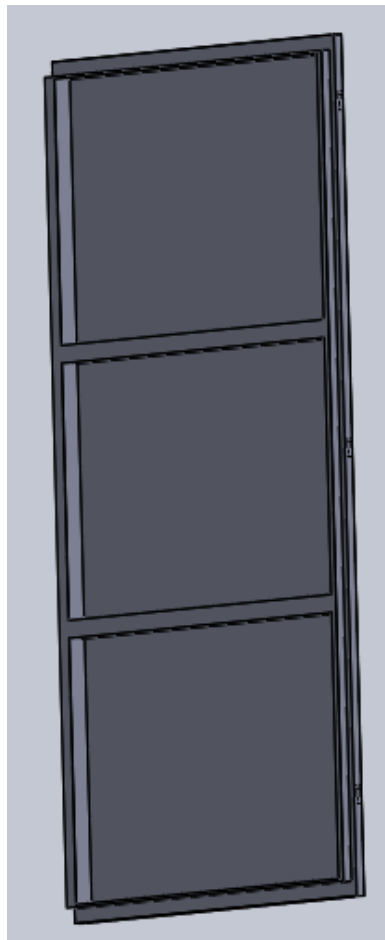


**Obrázek 5.7:** Ventilátor

### **5.2.7 Dveře**

Další modelovanou částí byly dveře (viz obrázek 5.8), díky kterým lze vstoupit do haly pro výkrm drůbeže, které mají dvě křídla vysoké 2 800 mm a jedno křídlo je široké 1 720 mm a druhé 1 740 mm. Profil základního obvodu je široký 80 mm a vysunutý do prostoru

na 60 mm, stejně tak je tomu i u příček. Příčky jsou ve dveřích dvě, prostor mezi oběma příčkami 833,3 mm a mezi příčkami a základním rámem je 863,3 mm. Dále bylo vytvořeno vybrání (o 30 mm), aby se dveře mohly zavřít a zároveň nedocházelo k tomu, aby do haly proudil vzduch z okolí. Poté byly vymodelovány panty, proto se musela vytvořit rovina navíc, která byla posunuta o 15 mm vůči přední rovině. Pant má průměr 11 mm a je dlouhý 60 mm a je v něm otvor průměru 8 mm, která je dlouhá 50 mm a slouží k tomu, aby do ní byl nasunut čep druhé části pantu. Aby obě křídla k sobě doléhaly a byla mezi nimi zakrytá spára, tak byla vytvořena klapačka, která je vysoká stejně jako dveře, široká 75 mm a vysunutá 3 mm do prostoru. Klapačka se modelovala pouze na jednom z křídel. Poslední částí byla výplň dveří, která je tvořena plechy tloušťky 1 mm, které jsou mezi příčkami.

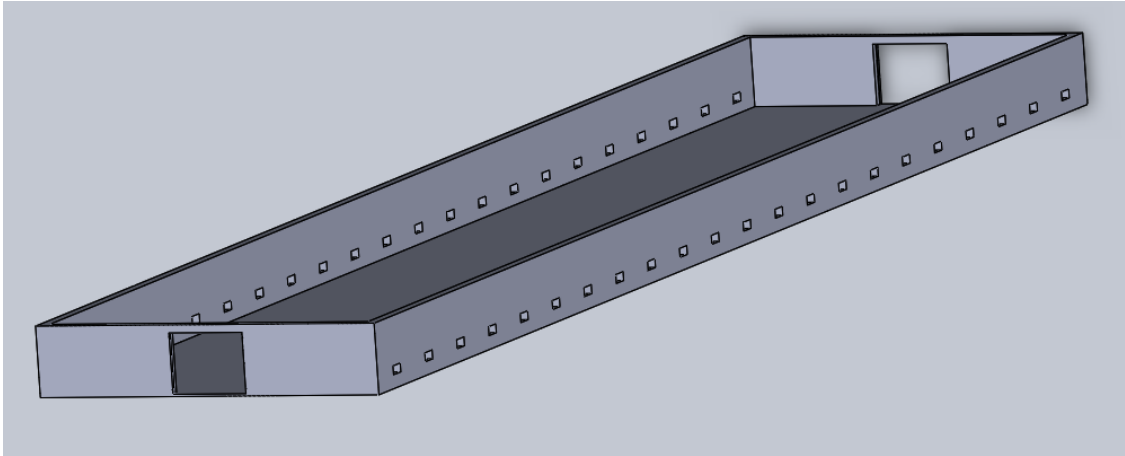


**Obrázek 5.8:** *Dveře*

### **5.2.8 Zdivo a podlaha**

Zdivo a podlaha (viz obrázek 5.9) tvoří základ celé sestavy. Nejprve byla vytvořena podlaha, která je dlouhá 80 000 mm a široká 15 000 mm. Na podlaze bylo vymodelováno obvodové zdivo, jehož šířka je 480 mm a výška 3 150 mm. V delší straně zdiva byly zhotoveny ještě odvětrávací otvory (830 mm x 340 mm), které jsou ve vzdálenosti 3 636 mm od sebe. V kratší straně obvodového zdiva byly vytvořeny otvory pro vložení dveří, které jsou

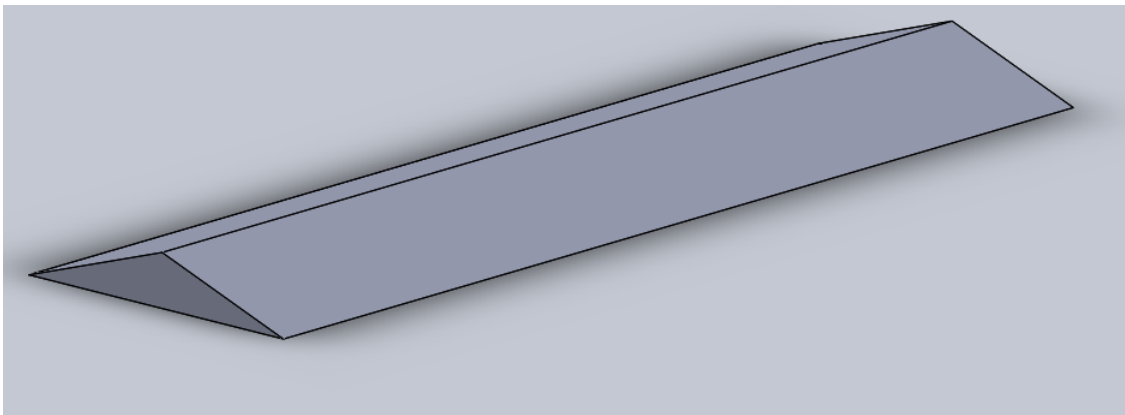
vysoké 2 700 mm a široké 3 500 mm. V otvoru byla ještě vytvořena zárubeň pro ukotvení dveří široká 150 mm a vysunutá 30 mm do prostoru. Všechny rozměry, podle kterých byl tento základní prvek sestavy vymodelován, byly naměřeny přímo na farmě pro výkrm drůbeže v Sudoměřicích u Bechyně.



Obrázek 5.9: Zdivo a podlaha

## 5.2.9 Střecha

Tento díl se vymodeloval tak, že se ve skice nakreslil rovnoramenný trojúhelník s délkou základny 15 960 mm a výškou 3 000 mm, který byl následně vysunut do prostoru na 81 160 mm (viz obrázek 5.10).

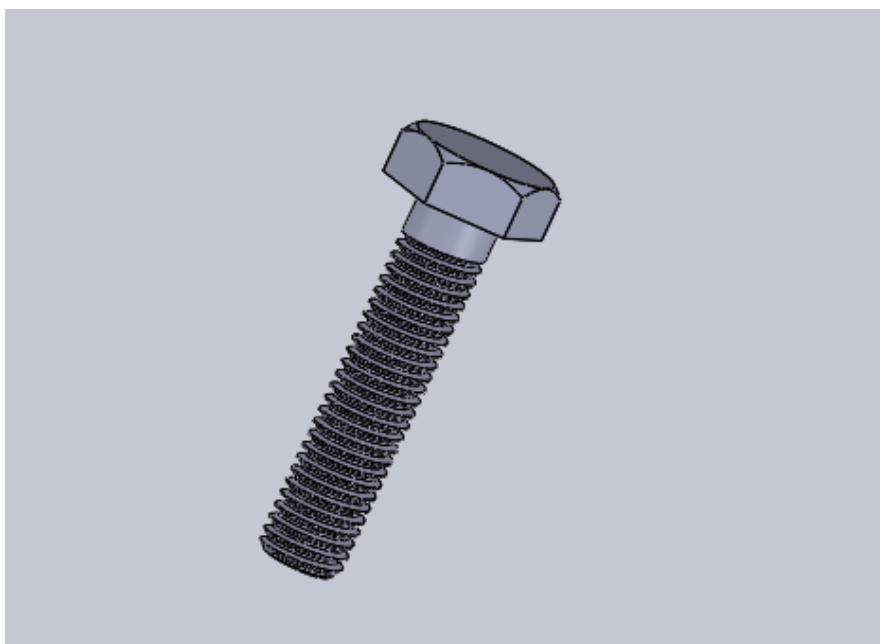


Obrázek 5.10: Střecha

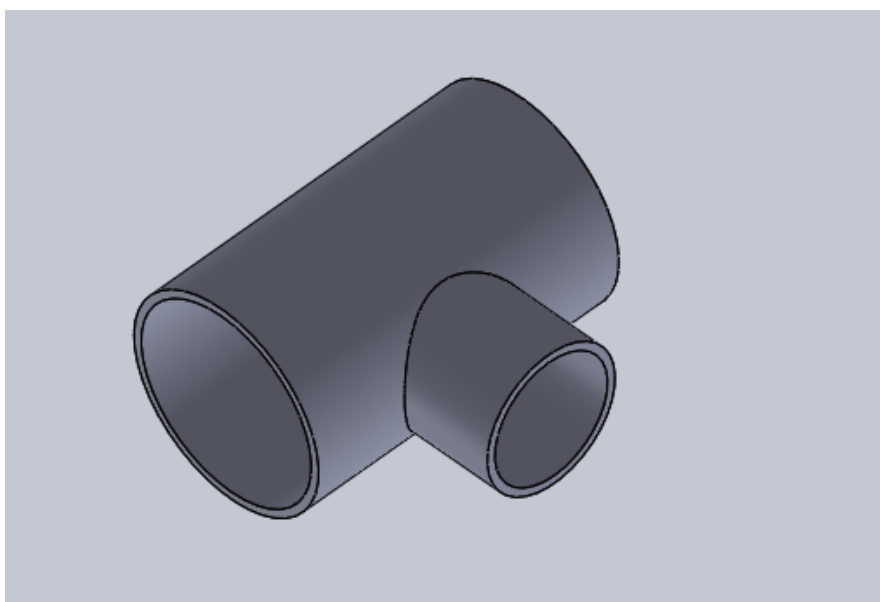
## 5.2.10 Další potřebné díly

Další díly, které bylo potřeba vymodelovat ke zhotovení sestavy jsou například šrouby k ukotvení příruby u sila (viz obrázek 5.11) společně s maticemi a podložkami. Matice byly potřeba i k ukotvení sila k zemi (společně se závitovými tyčemi) a k ukotvení krycího plechu u ventilátoru. Potrubí bylo potřeba k propojení sila s krmítky, samotných krmítek a napáječek. S tím jsou spojené i různé tvarové prvky jako je koleno (45°) a T kus

(viz obrázek 5.12) k propojení různých částí potrubí. Spodní část pantu byla potřeba k nasunutí obou křídel dveří.



**Obrázek 5.11:** Šroub k ukotvení příruby



**Obrázek 5.12:** T kus

---

## 6 Výsledky a diskuse

Moderní technologie jsou v dnešní době velkým fenoménem ve všech odvětvích průmyslu, nejinak tomu je i u chovu drůbeže, i když to není v takovém měřítku, ale postupem času se budou zapojovat čím dál více. U drůbeže se s moderními technologiemi můžeme setkat například u snižování emisí amoniaku, kde se využívá dielektrického bariérového výboje nebo se využívají probiotické bakterie, což jsou nové technologie.

Jedním z nejvíce se rozvíjejícím odvětvím je robotika u drůbeže. Roboti jsou používány zejména ke sledování a údržbě prostředí v drůbežárně. Většinou se pohybují na podlaze nebo nad drůbeží například po kolejové dráze. Mohou zvyšovat aktivitu drůbeže, provzdušňovat stelivo a snižovat tak výskyt chorob a infekcí.

Další důležitou technologií je Precision Livestock Farming (PLF). To je technologie, která je založena na rozpoznávání variability a reakcí na ni v rychlém a cíleném zásahu, a to vše v reálném čase. Cíl PLF je ve zlepšení přesnosti operací v drůbežárně a v pomoci okamžitého rozhodnutí chovatele. V technologii jsou zahrnuty systémy na monitorování životního prostředí, krmení nebo welfare.

Velký pomocník může být i tzv. Internet věcí (IoT), který shromažďuje data z drůbežárny pomocí senzorů, jako jsou například zobrazovací a zvukové záznamy. Inteligentní zařízení jsou připojena k internetu, což vede ke zlepšení komunikace mezi zařízeními, a díky tomu je umožněno chovatelům sledovat farmu z dálky.

Vývoj chytrých technologií v zemědělství začal spolu s rozvojem IT technologií, díky nimž je možné využívat stále propracovanější systémy například v oblasti řízení klimatu v halách ustájení drůbeže. Stále více složek na farmách funguje bez zásahu člověka, díky ovládní regulačních prvků vzdáleným přístupem pomocí počítače nebo telefonu, díky čemuž je možné ovládat ventilace nebo osvětlení. Je možné i monitorovat veličiny jako je teplota, tlak nebo koncentrace plynů. Všechny tyto složky přispívají ke zlepšení celkového welfare drůbeže.

Vytvořený model reálného ustájení bude moci sloužit jako výuková pomůcka na Zemědělské fakultě při výuce technických předmětů Zemědělské stavby, Technologie a technika živočišné produkce aj. nebo jako ukázkový 3D model v konstrukčních cvičeních. Díky vytvořenému digitálnímu obrazu lze provádět matematicko–fyzikální modelování. Mohou se vytvářet různé typy studií, jako například studie proudění vzduchu apod.

---

## Závěr

Amoniak emitovaný do prostředí má mnoho negativních účinků pro životní prostředí, tím pádem je důležité ho co nejvíce redukovat. K tomu se využívá řada technik, ať už se jedná o techniky klasické využívané mnoho let, tak i ty, které ještě nejsou tolik zaběhnuté, ani vyzkoušené. Co se týče klasických metod, tak se využívají zejména techniky využívající sušení trusu, biologický filtrační nebo chemická pračka vzduchu. Nová technika může být redukce amoniaku pomocí dielektrického bariérového výboje, tzv. DBD nebo se využívají probiotické bakterie.

Revoluce 4.0 samozřejmě zasahuje i do oblasti zemědělství, tím pádem i do oblasti chovu drůbeže. Jedná se zejména o začlenění a integraci nejnovějšího vývoje založeného na digitálních technologiích. V oblasti drůbeže ještě tyto technologie nejsou využívány tolik jako v jiných oblastech zemědělství, ale postupnými kroky dochází k implementaci i do tohoto odvětví. Jedná se zejména o pomocníky (roboty), kteří pomáhají s různými pracemi v hale pro chov drůbeže. Díky revoluci je možné i monitorovat welfare drůbeže, pomáhat i se systémy pro krmení a napájení, dokážeme sbírat, vyhodnocovat a ukládat data o jednotlivých kusech drůbeže.

Chytré technologie jsou v dnešní době velkým fenoménem ve všech odvětvích průmyslu, nejinak tomu je i ve spojení s chovem drůbeže. Pomáhají například s efektivním vytápěním nebo osvětlením v hale pro drůbež. Díky nim mohou chovatelé vážit jednotlivé kusy drůbeže mnohem efektivněji, než tomu bylo dříve. Velká výhoda těchto technologií je bezesporu v inteligentním monitorování drůbeží farmy, díky čemuž je farma kontrolována a nedochází tak k nebezpečí pro drůbež ani pro chovatele.

Cíle, které byly v zadání diplomové práce, byly splněny. 3D model reálného ustájení drůbeže pro potřeby počítačových simulací byl vytvořen v programu SolidWorks od firmy Dassault Systemes díky bezplatné studentské verzi, která byla poskytnuta díky studiu na JČU. Model byl v diplomové práci vymodelován a bylo popsáno, jak byly jednotlivé díly a sestava zhotoveny. Součástí práce je digitální nosič se všemi vytvořenými díly a samotnou prací. Vypracovaný 3D model bude moci dále sloužit jako výukový na Zemědělské fakultě Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.



---

## Seznam použitých zdrojů

- Age.cz (2019). čistička vzduchu INNO+. [online]. [cit. 2020-12-04], Dostupné z: <https://www.age.cz/produkty/cistenivzduchu-ve-staji.html>.
- Akhund, T., Snigdha, S., Reza, M., Newaz, N., Saifuzzaman, M., a Rashel, M. (2021). Self-powered IoT-Based Design for Multi-purpose Smart Poultry Farm. *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH*, 196(4):43–51.
- Anderson, W. a Freeman, R. (1962). Influence of a Second Radiofrequency Field on High-Resolution Nuclear Magnetic Resonance Spectra. *The journal of Chemical Physics.*, 37(1):85–103.
- Astill, J., Rozita, A., Fraser, E., Roberts, B., a Shayan, S. (2020). Smart poultry management: Smart sensors, big data, and the internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170(2-4):1–8.
- Bartoš, P., Havelka, Z., Dolan, A., Celjak, I., a Kuneš, R. (2017). Emise amoniaku a zápachu z intenzivních chovů drůbeže a prasat ve vztahu k Závěrům o BAT. [online]. [cit. 2020-12-04], Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/potravin/bezpecnost-potravin/environmentalni-techniky-a-technologie/ippc/zpravy-studie-k-vyrobnim-cinnostem/tps-kategorie-6-6/publikace-emise-amoniaku-a-zapachu.html>.
- BigDutchman.com (2021). ChickenBoy analysis robot: keeping track of flock health in the broiler house. [online]. [cit. 2021-02-26], Dostupné z: <https://www.bigdutchman.com/en/poultry-growing/news/detail/broiler-production-chickenboy-analysis-robot/>.
- Choukidar, G. a Dawande, N. (2018). Smart Poultry Farm Automation and Monitoring System. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.*, 11(7):1–5.
- Guoqiang, R., Tao, L., Yibin, Y., Girish, C., a Ting, K. (2020). Agricultural robotics research applicable to poultry production: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 169(2-4):1–14.
- Hoder, T. (2009). Studium filamentu koplanárního bariérového výboje. [online]. [cit. 2020-11-30], Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/ngjev/dizertace.pdf>.
- Inateco.eu (2018). SENTINEL automatic bedding Robot – An innovative solution. [online]. [cit. 2020-12-2], Dostupné z: <https://www.inateco.eu/sentinel-automatic-bedding-robot/?lang=en>.

- Lezoche, M., Hernandez, J., Diaz, M., Panetto, H., a Kaczprzyk, J. (2020). Agri-food 4.0: A survey of the supply chains and technologies for the future agriculture. *Computers in Industry*, 117(0):1–15.
- Li, N., Ren, Z., Li, D., a Zeng, L. (2020). Review: Automated techniques for monitoring the behaviour and welfare of broilers and laying hens: towards the goal of precision livestock farming. *Animal*, 14(3):617–625.
- Lorencena, M., Southier, L., Casanova, D., Ribeiro, R., a Teixeira, M. (2019). A framework for modelling, control and supervision of poultry farming. *International Journal of Production Research*, 0(0):1–17.
- Mortensen, A., Lisouski, P., a Ahrendt, P. (2016). Weight prediction of broiler chickens using 3D computer vision. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123(4):319–326.
- Neethirajan, S. a Kemp, B. (2021). Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research.*, 32(100408):1–10.
- Octopusrobots.com (2020). Octopus Poultry Safe. [online]. [cit. 2020-11-19], Dostupné z: <http://octopusrobots.com/en/octopus-poultry-safe-en/>.
- Pezzuolo, A., Sartori, C., Vigato, E., a Guercini, S. (2019). Effect of litter treatment with probiotic bacteria on ammonia reduction in commercial broiler farm. *Enginnering for Rural Development*, 18(2):1631–1635.
- Pilát, J. (2019). Vyhodnocení výrobní měrné emise amoniaku z vybraného chovu drůbeže. [online]. [cit. 2020-10-15], Dostupné z: <https://theses.cz/id/zp9wi2/?lang=sk>.
- Prýmas, L. (2018). Robot Sentinel pro zastýlání. [online]. [cit. 2020-12-21], Dostupné z: <https://www.naschov.cz/robot-sentinel-pro-zastyvani/>.
- QCSupply (2018). The Advantages of LED Lighting in Poultry Production. [online]. [cit. 2020-03-15], Dostupné z: <https://www.qcsupply.com/blog/product-tips-and-how-tos/the-advantages-of-led-lighting-in-poultry-production.html>.
- Ryšková, M. (2016). Absorbce amoniaku z provozní havárie na zimním stadionu. [online]. [cit. 2020-11-29], Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=128177](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=128177).
- Saputaro, R., Yulinato, E., Zain, A. Z., Sasmita, E., Restiwijaya, M., Kinandana, A. W., Arianto, F., a Nur, M. (2019). Reduction of ammonia with Dielectric Barrier Discharge (DBD) plasma in chicken coop. *Journal of Physics*, 1153(2):1–6.
- Sinclair, B. (2014). Internet of Things roundtable: Experts discuss what to look for in IoT platforms. [online]. [cit. 2020-03-15], Dostupné z: <https://www.networkworld.com/article/2687240/internet-of-things-roundtable-experts-discuss-what-to-look-for-in-iot-platforms.html>.
- Souček, J. (2019). Novinky v zemědělské technice II. [online]. [cit. 2020-11-24], Dostupné z: <https://www.ctpz.cz/vyzkum/novinky-v-zemedelske-technice-ii-1003>.

- Stluka, P. (2011). Problematika chovu prasat z hlediska emisí amoniaku a skleníkových plynů a jejich vlivu na životní prostředí. [online]. [cit. 2020-10-15], Dostupné z: [https://theses.cz/id/db36tl/Bakalsk\\_prce.pdf](https://theses.cz/id/db36tl/Bakalsk_prce.pdf).
- Tibot.fr (2020). Spoutnic - Technical data. [online]. [cit. 2020-11-15], Dostupné z: <https://tibot.fr/technical-data-spoutnic-327.php>.
- WifiHW.cz (2020). Senzorový snímač vlhkosti/hladiny vody. [online]. [cit. 2020-03-02], Dostupné z: <https://www.wifihw.cz/default.asp?cls=stoitem&stiid=3640>.
- Worldfoodinnovations.com (2020). Eyenamic poultry behavior monitor. [online]. [cit. 2021-02-28], Dostupné z: <https://www.worldfoodinnovations.com/innovation/eyenamic-poultry-behavior-monitor>.
- Yuanlong, C., Elmer, T., Tugba, G., Su, Y., a Saffa, R. (2020). A comprehensive review on renewable and sustainable heating systems for poultry farming. *International Journal of Low*, 15(2):121–142.

# Seznam obrázků

1.1	Biologický filtrační systém . . . . .	10
1.2	Biologická pračka vzduchu . . . . .	11
2.1	Stroj pro třídění a sběr vajec . . . . .	15
2.2	Autonomní modulární robot . . . . .	16
2.3	Robot Spoutnic . . . . .	17
2.4	Robot Chicken Boy . . . . .	17
2.5	Robot Sentinel . . . . .	18
2.6	Octopus Poultry Safe . . . . .	19
2.7	Křížová ventilace . . . . .	20
2.8	Schéma IoT . . . . .	25
3.1	Osvětlení LED . . . . .	29
3.2	Hloubkový snímek . . . . .	30
3.3	Blokové schéma systému . . . . .	32
3.4	Senzor hladiny vody . . . . .	33
3.5	Denní výsledky . . . . .	34
5.1	3D model reálného ustájení drůbeže . . . . .	38
5.2	Krmítko . . . . .	38
5.3	Napáječka . . . . .	39
5.4	Silo . . . . .	40
5.5	Příruba sila . . . . .	41
5.6	Zářivka . . . . .	42
5.7	Ventilátor . . . . .	43
5.8	Dveře . . . . .	44
5.9	Zdivo a podlaha . . . . .	45
5.10	Střecha . . . . .	45
5.11	Šroub k ukotvení příruby . . . . .	46
5.12	T kus . . . . .	46

# Seznam tabulek

3.1	Požadované vnitřní parametry drůbežárny . . . . .	27
-----	---	----