



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

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

Funkční úkol MZe 2024

Přístupy vybraných států k monitoringu emisí
amoniaku a metanu a využití BAT k jejich redukci
z intenzivních chovů hospodářských zvířat

Funkční úkol MZe 2024

**Porovnání českých a zahraničních zkušeností (unijních i mimounijních zemí)
z velkochovů prasat a drůbeže v souvislosti s probíhající revizí směrnice Evropského
parlamentu a Rady 2010/75/EU o průmyslových emisích (integrované prevenci
a omezování znečištění) (směrnice IED) a souvisejících předpisů.**

Ing. Radim Kuneš, Ph.D.
Ing. Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.
Ing. Jiří Kamarýt
Ing. Mgr. Radim Stehlík
Ing. Mgr. Pavel Olšan, Ph.D.
doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

Obsah

Seznam zkratk	4
Úvod	5
1 Intenzivní chovy hospodářských zvířat	6
1.1 Stavby zvířat a jejich produkce.....	6
1.2 Vyprodukované emise.....	7
1.3 Přístupy pro sledování emisí	9
2 Případové studie	15
2.1 Čína.....	15
2.2 Irsko	24
2.3 Kazachstán	34
2.4 Nepál.....	39
2.5 Nizozemsko	43
2.6 Nový Zéland.....	52
2.7 Rakousko	57
2.8 Taiwan	65
2.9 USA	74
2.9.1 Kalifornie.....	79
2.9.2 Nebraska.....	86
3 Diskuse	95
Závěr	97
Použité zdroje	98

Seznam zkratk

BAT	Best Available Technique Nejlepší dostupné technologie
CAFO	Concentrated Animal Feeding Operation Intenzivní chovy hospodářských zvířat
CDFA	California Department of Food and Agriculture Kalifornské ministerstvo pro potraviny a zemědělství
CO ₂	oxid uhličitý
CO ₂ ekv.	ekvivalent CO ₂ – množství CO ₂ , které by mělo ekvivalentní příspěvek ke skleníkovému jevu atmosféry stejný jako množství příslušného plynu
DDRDP	Dairy Digester Research & Development Program Program výzkumu a vývoje fermentorů pro mléčné farmy
DJ	dobyččí jednotka 1 DJ = 500 kg živé hmotnosti zvířete
EPA	Environmental Protection Agency Agentura pro ochranu životního prostředí
EU	Evropská unie
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change Mezivládní panel pro změnu klimatu
IPPC	Integrated pollution prevention and control Integrovaná prevence a omezování znečištění
LCA	Life-Cycle Assesment Posouzení životního cyklu
N ₂ O	oxid dusný
NPDES	National Pollutant Discharge Elimination System Národní systém pro eliminaci vypouštění znečišťujících látek
RGB	Barevný model RGB, neboli červená-zelená-modrá
SSSR	Svaz sovětských socialistických republik (Sovětský svaz)
USA	United States of America Spojené státy americké
USDA	United States Department of Agriculture Ministerstvo zemědělství Spojených států Amerických
USEPA	United States Environmental Protection Agency Agentura pro ochranu životního prostředí Spojených států Amerických

Úvod

V dokumentu jsou uvedeny přístupy a zkušenosti chovatelů při využívání technologií ve vztahu ke snižování emisí metanu a amoniaku včetně legislativních přístupů pro jejich monitorování a návrhů postupů a vizí při snižování emisí napříč vybranými státy. Problematika je zaměřena zejména na intenzivní chovy drůbeže a prasat spadající pod Směrnici o průmyslových emisích 2010/75/EU (IPPC) a na intenzivní chovy skotu, protože jejich zařazení do IPPC je stále diskutováno a bude o něm v následujících letech rozhodováno.

Přístupy jednotlivých zemí ke sledování a vyčíslování celkových emisí metanu a amoniaku jsou ovlivňovány především národními preferencemi k omezení vyprodukovaných emisí, charakteristikou zemědělských provozů či finančními prostředky vynaloženými na výzkum a vývoj v oblastech monitoringu.

Využití technologií v intenzivních chovech hospodářských zvířat ovlivňuje mnoho faktorů, které se vztahují především k chovnému welfare. Jedním z nejdůležitějších jsou zákony a nařízení jednotlivých států či státních společenství, které přímo nařizují jejich specifikaci (minimální prostor na ustájené zvíře), zavádí povinné vybavení (obohacené klece pro chov nosnic) či vybranou technologii zakazují (klecové chovy). Na to přímo navazují požadavky, které doporučují technologie z pohledu jejich vlivu na okolní životní prostředí. Mezi ně můžeme zařadit BAT, které omezují produkci či další šíření vyprodukovaných látek do okolí.

Dalším poměrně důležitým faktorem jsou klimatické podmínky. Technologie ustájení se napříč kontinenty výrazně liší v zajištění teplotního komfortu chovaných zvířat. Například s problematikou tepelného stresu a extrémních výkyvů teplot se potýkají i státy, ve kterých tato problematika v minulých letech nebyla tak zásadní. Na klimatických podmínkách a půdní charakteristice také závisí možnost chovatelů vyprodukovat si vlastní krmivo, či být závislý na dovozu krmiv například z jiných regionů či zahraničí.

Ovlivnit použité technologie mohou požadavky spotřebitelů, kteří dávají například přednost chovům využívající volné ustájení, možnosti navštívení pastvy, delší dobu výkrmu či systém chovu v ekologickém režimu.

Charakteristiku a skladbu produkce také ovlivňují místní zvyklosti či náboženství, které například zakazuje svým věřícím konzumovat maso určité kategorie zvířat.

V neposlední řadě používané technologie ovlivňují ekonomické požadavky nejen na jejich pořízení, ale také na pravidelnou údržbu a provoz. Například technologie vyznačující se efektivním snižováním vyprodukovaných emisí jsou ve většině případů nákladné na svůj provoz. Jedná se o takzvané *end-of-pipe* technologie, které jsou umístěny na výstupu emisí z procesu, například chemická pračka vzduchu. V rámci ekonomické návratnosti je strategické investovat do technologií, které snižují produkci emisí a jsou zároveň schopny generovat finanční příjmy. Například jímání bioplynu při skladování hnoje nebo kejdy a jeho transformace na elektrickou a tepelnou energii či palivo pro spalovací motory vozidel snižuje produkci emisí a generuje finanční příjmy. Ve světě již existují technologie, které dokážou transformovat z bioplynu elektrickou energii bez spalovacího procesu na základě elektrochemické reakce. Uvedený systém lze považovat za efektivní při snižování emisí, generování financí pro zemědělce, zachování kvalitního statkového hnojiva a zachování principů cirkulárního zemědělství.

1 Intenzivní chovy hospodářských zvířat

V uvedené kapitole budou představeny data vztahující se k intenzivním chovům hospodářských zvířat z pohledu jejich podílu na produkci emisí skleníkových plynů a amoniaku. Dále budou uvedeny přístupy vybraných států k problematice odhadu emisí metanu z intenzivních chovů a také dostupné metody pro zpřesnění těchto odhadů.

1.1 Stavby zvířat a jejich produkce

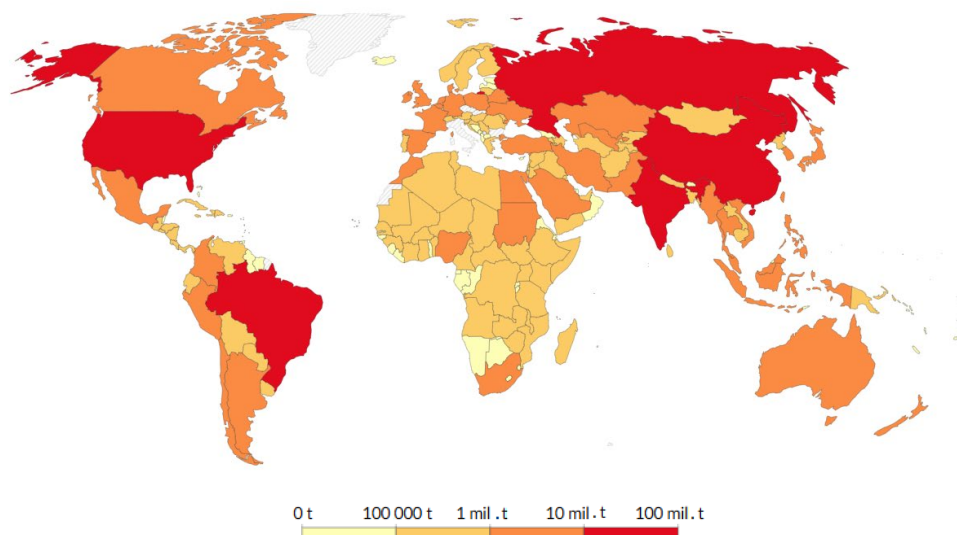
V roce 2022 bylo na světě chováno přibližně 978,9 mil. kusů prasat. Největší produkce byla v Číně (452,56 mil. kusů), poté v EU (134,41 mil. kusů), USA (74,4 mil. kusů) a Brazílii (44,39 mil. kusů) (FAO, 2023a). Ve stejný rok bylo na světě chováno přibližně 1,55 mld. kusů skotu, z toho v Brazílii 234,3 mil. kusů, v Indii 193,61 mil. kusů, v USA 92,08 mil. kusů a v Číně 61,23 mil. kusů. V Evropské unii bylo chováno 74,1 mil. kusů skotu (FAO, 2023b). V uvedený rok bylo na světě vyprodukováno 139,22 mil. tun drůbežího, z toho 23,40 mil. tun v Číně, 22,03 mil. tun v USA, 14,69 mil. tun v Brazílii a 10,86 mil. tun v EU. Celková produkce vajec byla 93,17 mil. tun, z toho 33,97 mil. tun v Číně, 6,57 mil. tun v Indii a 6,53 mil. tun v USA. V EU bylo produkováno 1,31 mil. tun (FAO, 2022).

V roce 2023 bylo v EU chováno 73,74 mil. kusů skotu. Nejvíce ve Francii (16,8 mil. kusů), Německu (10,83 mil. kusů) a Irsku (6,52 mil. kusů). Ve srovnání s rokem 2016, kdy se začaly stavy kontinuálně snižovat, došlo k poklesu o 8 % (Eurostat, 2024a). Ve stejném roce bylo v EU chováno 19,91 mil. kusů dojnic. Nejvíce dojnic bylo chováno v Německu (3,71 mil. kusů), Francii (3,16 mil. kusů) a Polsku (2,24 mil. kusů). Ve srovnání s rokem 2013 (21,65 mil. kusů) dochází k postupnému snižování chovaných kusů. Například Irsko je jedna z mála zemí EU, která od roku 2012 (1 mil. kusů) nepřetržitě navyšuje množství dojnic (2023 - 1,51 mil. kusů). Stavy dojnic jsou také zvyšovány v Polsku (Eurostat, 2024b). V roce 2023 bylo v EU vyprodukováno 160,84 mil. tun mléka. To je o 15,75 mil. tun mléka více než v roce 2013, kdy ale bylo chováno o 1,74 mil. kusů dojnic více (Eurostat, 2024c).

V roce 2023 bylo v EU chováno 132,86 mil. kusů prasat. Největšími chovateli jsou Španělsko (33,8 mil. kusů), Německo (21,2 mil. kusů) a Francie (11,79 mil. kusů). Od roku 2017, kdy bylo v EU 145,54 mil. kusů prasat, se jejich stav postupně snižuje (Eurostat, 2024d). Chov prasat představuje největší kategorii hospodářských zvířat a zajišťuje přibližně 50 % celkové produkce masa v EU. Obecně lze říci, že pouze 3 % stád prasat v EU jsou chována v malých chovech a tento podíl je ve většině hlavních producentů členských států ještě nižší. Například v Dánsku jsou téměř všechna prasata chována v podnicích s 1 000 a více kusy. Celkově je více než 75 % prasat v EU chováno ve velkých komerčních chovech. Z velkých producentů zemí má největší komerční chovy Dánsko s průměrným počtem 4 700 kusů a nejmenší Německo s průměrným počtem 1 900 kusů na chov. Z geografického hlediska se hlavní produkční oblast rozprostírá od Dánska přes severní Německo do Nizozemska a Belgie, kde je chov prasat obzvláště koncentrovaný. Další regiony s relativně vysokou hustotou chovu prasat se nacházejí ve Španělsku, Francii, Polsku a Itálii (Augère-Granier, 2019).

V roce 2023 bylo v EU nejvíce drůbežího masa poraženo v Polsku (2,74 mil. tun), Španělsku (1,69 mil. tun) a Německu (1,56 mil. tun). Drůbeží maso je druhým nejprodukovanějším a nejkonsumovanějším masem v Evropské unii. (Eurostat, 2024e).

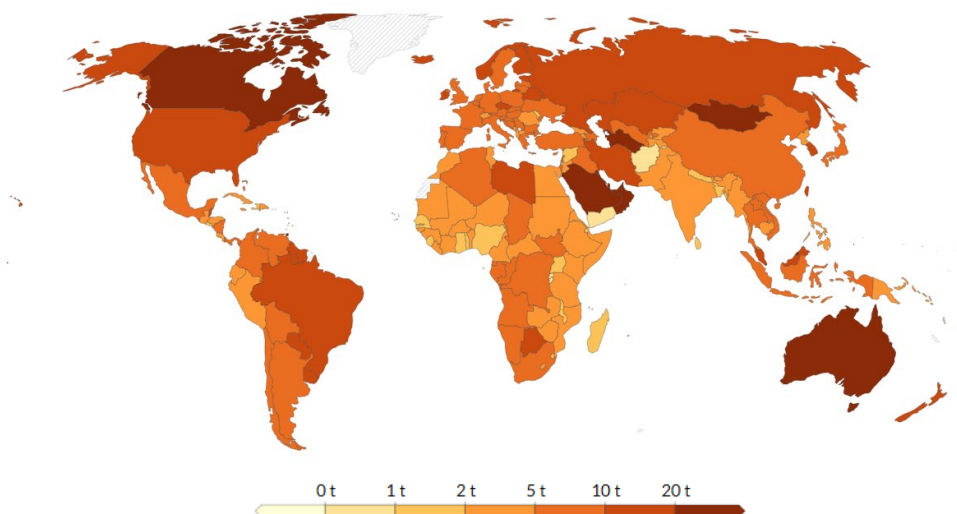
Obrázek 1.1 zobrazuje světovou produkci masa. V roce 2022 ho bylo nejvíce vyprodukováno v Číně (92,95 mil. tun), USA (47,53 mil. tun), Brazílii (30,40 mil. tun), Rusku (12,24 mil. tun) a Indii (10,64 mil. tun).



Obrázek 1.1: Světoví producenti masa podle států (FAO, 2023d)

1.2 Vyprodukované emise

V roce 2022 bylo na světě vyprodukováno 53,85 mld. t CO₂ ekv. skleníkových plynů z toho bylo 75 % oxidu uhličitého, 19,4 % metanu a 5,5 % oxidu dusného (Jones et al., 2024a). Aktivita spojené se zemědělstvím, lesnictvím a využitím půdy se na celkových emisích podílejí 18,4 %, chov hospodářských zvířat a manipulace s hnojem 5,8 % (Ritchie, 2020). Největším producentem je Čína s 13,94 mld. t CO₂ ekv., USA (6 mld. t CO₂ ekv.) a Indie (4,07 mld. t CO₂ ekv.). V EU je produkováno 3,34 mld. t CO₂ ekv. Zatímco emise skleníkových plynů v EU a USA od roku 2007 klesají, v Číně a Indii od roku 2000 prudce vzrůstají (Jones et al., 2024b). V EU se v oblasti zemědělství nejvíce na emisích skleníkových plynů podílí Irsko (35,3 %), Dánsko (26 %), a Ložsko (21,3 %) s Litvou (21,1 %) (Eurostat, 2024f). Obrázek 1.2 uvádí produkci emisí skleníkových plynů v t CO₂ ekv. na obyvatele. Mezi největší producenty se v roce 2022 řadí Mongolsko (24 t CO₂ ekv. na obyvatele), Saudská Arábie (22,3 t CO₂ ekv. na obyvatele), Austrálie (21,9 t CO₂ ekv. na obyvatele), Kanada (20,3 t CO₂ ekv. na obyvatele) a Turkmenistán (20,2 t CO₂ ekv. na obyvatele).

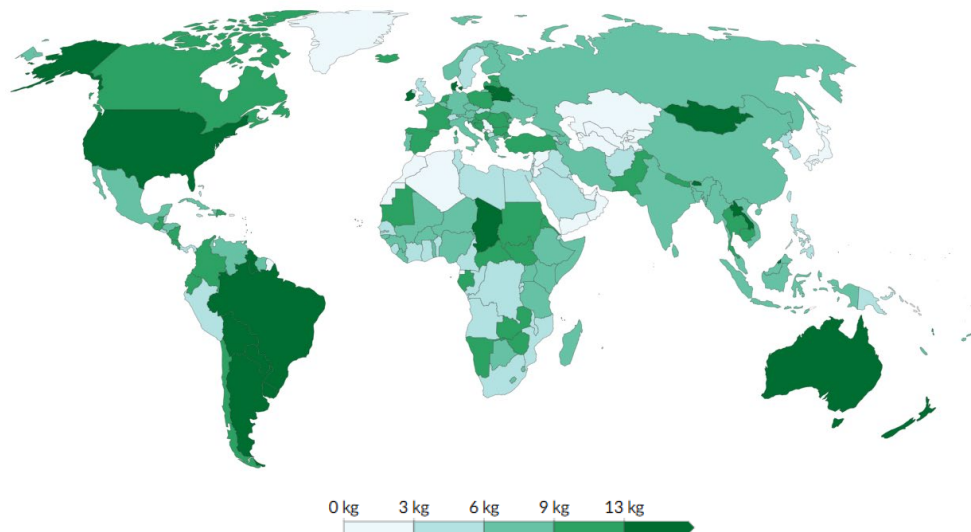


Obrázek 1.2: Produkce skleníkových plynů v tunách CO₂ ekv. na obyvatele (Jones et al., 2024c)

S intenzivním chovem hospodářských zvířat jsou spojovány emise skleníkových plynů, a to zejména metanu z kategorie chovu skotu. Podle [Vellinga a Groenestein \(2022\)](#) je z 30 % celosvětová produkce metanu tvořena jeho uvolňováním při tání permafrostu v Rusku a Kanadě, 20 % je uvolňováno z bažin a rašelinišť, 18 % je produkováno spalováním fosilních paliv, 15 % živočišnou produkcí (enterická fermentace a skladování hnoje), 9 % se uvolňuje ze skládek odpadů, 4 % jsou produkovány při pěstování rýže a 4 % jsou uvolňovány při spalování biomasy, tzn., že zhruba polovina emisí metanu souvisí s přírodními procesy.

Evropský zákon ([Nařízení Evropského parlamentu a Rady \(EU\) 2021/1119](#)) o klimatu stanovil závazek EU přejít do roku 2050 na klimaticky neutrální ekonomiku s průběžným cílem snížit do roku 2030 emise skleníkových plynů nejméně o 55 %. Emise skleníkových plynů ze zemědělství jsou zahrnuty do národních metodik, které stanoví roční cíle pro každý členský stát na období 2021–2030 ([Nařízení Evropského parlamentu a Rady \(EU\) 2018/842](#)). V letech 2005–2022 měly zemědělské emise skleníkových plynů v EU celkově klesající tendenci o 5 %, přičemž v letech 2022–2023 se odhaduje další snížení o 2 % ([European Commission, 2020](#)).

V roce 2022 bylo na světě vyprodukováno 64 mil. tun amoniaku. Na celkových emisích se nejvíce podílela Čína (12,37 mil. tun amoniaku), Indie (10,39 mil. tun amoniaku), EU (6,34 mil. tun amoniaku) a USA (4,62 mil. tun amoniaku). Aktivita spojená se zemědělskou výrobou jsou zodpovědné za 77,2 % celosvětových emisí amoniaku ([Community Emissions Data System, 2024](#)). Obrázek 1.3 zobrazuje produkci emisí amoniaku na obyvatele v jednotlivých státech světa. V roce 2022 jich nejvíce produkovali Bhútán (64 kg amoniaku na obyvatele), Nový Zéland (46 kg amoniaku na obyvatele), Mongolsko (44 kg amoniaku na obyvatele) a Irsko (35 kg amoniaku na obyvatele).



Obrázek 1.3: Produkce emisí amoniaku v kilogramech na obyvatele ([Community Emissions Data System, 2024](#))

V roce 2022 se zemědělský sektor podílel z 89,8 % na emisích amoniaku v EU ([Eurostat, 2024g](#)). Zemědělství je největším antropogenním producentem amoniaku a metanu do ovzduší v EU. V roce 2020 představoval podíl zemědělství na emisích amoniaku cca 90 % a na emisích metanu 54 % ([EEA, 2023](#)). Hospodaření se statkovými hnojivy, jejich skladování a emise z pastvy hospodářských zvířat se podílejí 73 % na celkových emisích amoniaku v EU. Pokud jde o rozdělení emisí podle kategorie zvířat, je hlavním producentem skot s podílem 51,3 %, následují prasata (27,5 %), drůbež (15,2 %), ovce (4 %)

atd. Chovy s více než 100 dobytčími jednotkami (DJ), které představují pouze 4,7 % zemědělských podniků v EU, jsou zodpovědné za 66,8 % emisí amoniaku a 56,8 % emisí metanu. S výjimkou některých zemí jsou tyto farmy hlavními producenty emisí. Velké chovy skotu představují hlavní podíl (55,2 %) na emisích amoniaku emitovaných skotem (Malherbe et al., 2023).

1.3 Přístupy pro sledování emisí

Odhad emisí amoniaku a metanu z chovů zvířat lze provést několika dostupnými způsoby. Nejpoužívanějším a nejjednodušším je jejich odhad z obecně dostupných údajů o počtu chovaných zvířat a emisních faktorů. Tento přístup ale může podléhat určitým nejistotám, zejména při využití standardních emisních faktorů. Vhodnější metodou je využití specifických emisních faktorů, které jsou definovány z experimentálních měření a případových studií v dané zemi a respektují používané chovné technologie, kategorie a stáří zvířat či klimatické podmínky. Pro odhad lze také použít konkrétních monitorování pomocí přístrojů zaznamenávající jednotlivé koncentrace sledovaných plynů. Tento postup je dobře aplikovatelný v chovech s nucenou ventilací, které mají definovaný vstup a výstup vzduchu (prasata a drůbež). Například v chovech dojníc s přirozeným prouděním vzduchu nejsou tyto postupy metodicky sjednocené a existuje více přístupů pro vyhodnocení vyprodukovaných emisí. Dalšími metody mohou být technologie na principu dálkového průzkumu země či Life Cycle Assessment (Posuzování životního cyklu – LCA).

Pro vyhodnocení emisí amoniaku a metanu se nejčastěji používá metoda kombinující provozní údaje (počet chovaných zvířat) a příslušné emisní faktory pro chovnou kategorii. Tento přístup je doporučován Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) pro vykazování národních inventur skleníkových plynů. Emisní faktory jsou uvedeny v oficiálních metodikách EMEP/EEA a IPCC. Příručka *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019* poskytuje návod pro vypracování národních emisních inventur. V příručce je uvedena metodika pro stanovení emisí z intenzivních chovů zvířat i následné manipulace s vyprodukovaným hnojem. Pro stanovení emisí lze využít metodiku rozdělenou do úrovně 1–3 podle dostupných údajů o jednotlivých monitorovaných chovech. Úroveň 3 poskytuje nejpokročilejší metodu výpočtu. Metodické postupy jsou detailně popsány v kapitole 3, která se věnuje zemědělství (EEA, 2019).

Úrovně 2 a 3 vyžadují specifické údaje pro jednotlivé země a jsou složitější, ale zlepšují přesnost národních odhadů emisí. Nejjednodušší přístup IPCC, úroveň 1, je považován za přijatelný pro použití v případech, kdy zdroj emisí není klíčovou kategorií nebo kdy je nedostatek národních údajů. IPCC definuje klíčovou kategorii jako kategorii, která má významný vliv na celkovou inventuru emisí plynů v daném státě z hlediska absolutních úrovní emisí. IPCC doporučuje, aby státy používaly emisní faktory specifické pro danou zemi (úroveň 2), pokud jsou klíčové kategorie národních emisí tvořeny hospodářskými zvířaty (O'Brien a Shalloo, 2019).

Metodika úrovně 1 používá pevné hodnoty emisí na chované kusy zvířat, takže změny celkových emisí odrážejí pouze změny v počtu hospodářských zvířat. Tento přístup předpokládá, že zvířata stejného stáří a kategorie produkují stejné množství emisí, které se v čase nemění. Emisní faktory uvedené v IPCC se vztahují na kontinentální regiony a neodrážejí specifické vlastnosti jednotlivých států. Pro uvedený přístup platí, že snížení vykazovaných emisí lze dosáhnout pouze snížením počtu chovaných zvířat.

Vykazování emisí pomocí úrovně 2 vyžaduje podrobnější informace o chovaných kategoriích zvířat, jejich přírůstcích, stravitelnosti a konverzi krmiva, užitkovosti, používaných technologiích apod. Odhad emisí je proto vhodnější z pohledu možné reakce na změnu vstupních parametrů či chovných technologií. Některé země označují svůj přístup jako přístup úrovně 2/3 nebo úrovně 3. Přístupy úrovně 3 nejsou v pokynech IPCC jasně definovány. V IPCC je naznačeno, že přístupy úrovně 3 mohou využívat

sofistikované modely, které podrobně zohledňují složení stravy, koncentraci prvků vznikajících při enterické fermentaci, sezónní změny v populaci zvířat nebo kvalitu a dostupnost krmiva a možné strategie snižování emisí apod. Některé z těchto faktorů jsou rovněž zohledněny v modelech pro jednotlivé státy v úrovni 2 ([MRV Platform for Agriculture, 2024a](#)).

Tabulka 1.1 uvádí přístupy vybraných států pro odhad emisí metanu pomocí emisních faktorů uvedených v metodice EMEP/EEA. Ty jsou rozděleny podle kategorie zvířat, oblastí pro odhad emisí a použité úrovně Tier 1 (T1) až Tier 3 (T3).

Tabulka 1.1: Přístupy vybraných států pro odhad emisí metanu pomocí metodiky EMEP/EEA ([MRV Platform for Agriculture, 2024b](#); [O'Brien a Shallo, 2019](#))

Stát	Dojnice		Prasata		Drůbež	
	Ustájení	Manipul. s hnojem	Ustájení	Manipul. s hnojem	Ustájení	Manipul. s hnojem
Austrálie	T2	T2	T2	T3	-	T3
Belgie	T2	T2	T1	T2	T1	T1
Bělorusko	T2	T2	T1	T2	T1	T1
Brazílie	T2	T2	T1	T2	-	T1
Bulharsko	T2	T2	T1	T2	-	T2
ČR	T2	T2	T1	T1	-	T1
Čína	T2	T2	T1	T2	-	T1
Dánsko	T2	T2	T2	T2	T1	T2
Estonsko	T2	T2	T2	T2	-	T1
Finsko	T2	T2	T2	T2	-	T2
Francie	T2, T3	T2	T2, T3	T2	-	T2
Chorvatsko	T2	T2	T2	T2	T1	T2
Indie	T2	T1	T1	T1	-	T1
Island	T2	T2	T1	T1	T1	T1
Itálie	T2	T2	T1	T2	-	T1
Japonsko	T2	T2	T2	T2	-	T2
JAR	T2	T2	T2	T2	-	T2
Kanada	T2	T2	T1	T2	-	T2
Kazachstán	T2	T2	T1	T1	-	T1
Kypr	T2	T2	T1	T1	-	T1
Litva	T2	T2	T1	T2	-	T1
Lotyšsko	T2	T2	T1	T2	-	T1
Maďarsko	T2	T2	T1	T2	T1	T2

Stát	Dojnice		Prasata		Drůbež	
	Ustájení	Manipul. s hnojem	Ustájení	Manipul. s hnojem	Ustájení*	Manipul. s hnojem
Německo	T3	T2	T2	T2	-	T2
Nizozemsko	T3	T2	T1	T2	-	T2
Norsko	T2	T2	T1	T2	T1	T2
Nový Zéland	T2	T2	T1	T2	-	T1
Polsko	T2	T2	T1	T1	-	T1
Portugalsko	T2	T2	T2	T2	-	T2
Rakousko	T2	T2	T1	T2	T2	T1
Rumunsko	T2	T2	T2	T2	-	T2
Rusko	T2	T2	T2	T2	-	T1
Řecko	T2	T2	T1	T1	T1	T1
Slovensko	T2	T2	T1	T1	-	T1
Slovinsko	T2	T2	T1	T2	-	T2
Spojené Království	T2	T2	T1	T2	-	T2
Španělsko	T2	T2	T2	T2	-	T2
Švédsko	T2	T2	T1	T2	-	T1
Švýcarsko	T3	T2	T2	T2	-	T2
Turecko	T2	T1	T1	T1	-	T1
Ukrajina	T3	T2	T1	T2	-	T2
Uruguay	T2	T2	T1	T1	-	T1
USA	T2	T2	T1	T2	-	T2

* (-) emise se nestanovují

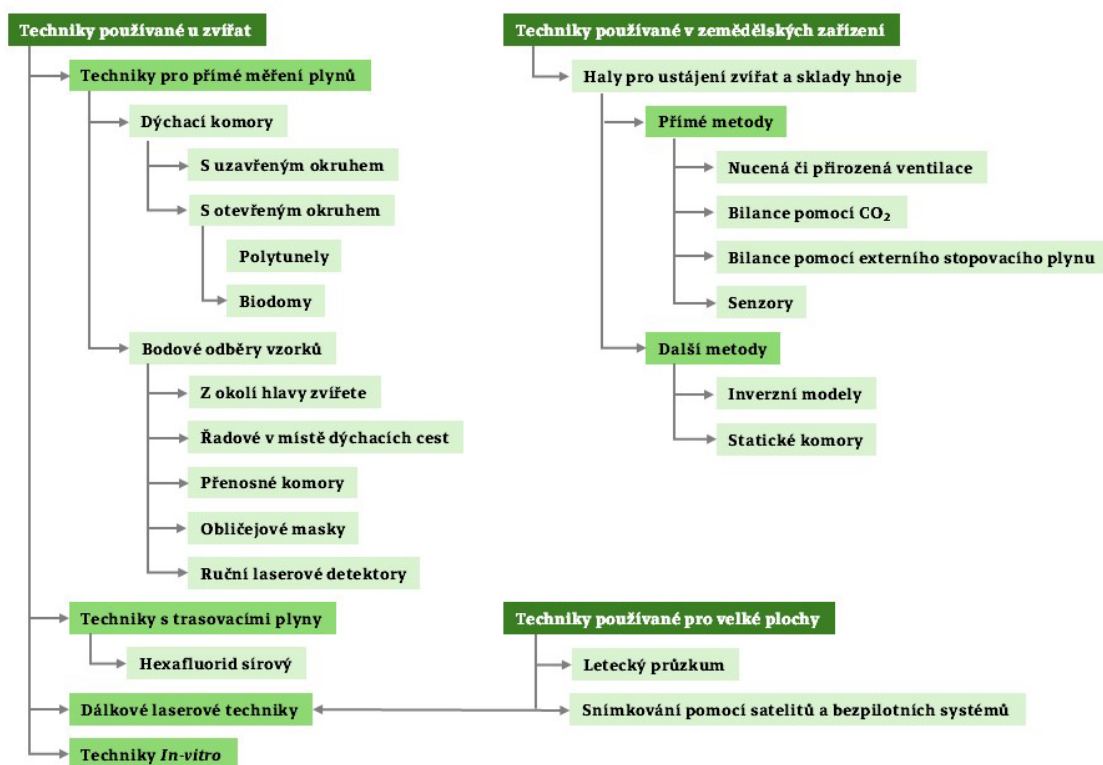
Obecně jsou přístupy IPCC i přístupy pro jednotlivé státy založeny na společném modelu energetické bilance hospodářských zvířat, který vztahuje hrubý příjem energie z krmiva k čisté energii na produkci. Liší se však konkrétní metoda použitá k převodu charakteristik zvířat, krmiva nebo užitkovosti zvířat na odhady příjmu a metody použité k převodu příjmu energie na emise metanu. Důvody, proč jednotlivé státy přijaly specifický přístup k úrovni 2, se liší. Mezi společné faktory, které se odrážejí ve specifických přístupech pro jednotlivé státy, patří:

- **charakteristika státu:** v některých případech byly modely navrženy tak, aby lépe zohledňovaly specifické charakteristiky krmiv, jako je vyšší obsah vysoce stravitelných látek. Toho využívají například v Irsku, Dánsku, či Spojeném království. V Austrálii a na Novém Zélandu využívají specifického zapojení pastevního managementu i pro chovy dojníc.

- **modely energetické bilance:** upravené modely energetické bilance vycházející z jejich základních rovnic a finální modely produkce metanu, byly vyvinuty například v Dánsku, Švédsku, Francii či Irsku.
- **stávající rozšiřující nástroje a datové soubory:** vytvoření databází a jejich vzájemné propojení pro efektivní sběr provozních dat a následnou inventarizaci emisí využívají v Dánsku, Švédsku či Norsku.
- **národní výzkum:** vytvoření modelů energetické bilance a specifických nástrojů zohledňujících národní specifika aplikují zejména ve Švédsku, Nizozemsku či na Novém Zélandu, kde mají silné zázemí národních agentur pro výzkumné aktivity v oblasti monitorování emisí ([MRV Platform for Agriculture, 2024a](#)).

Ve studii zveřejněné v roce 2017 bylo uvedeno, že pouze 21 ze 140 rozvojových zemí přijalo přístup IPCC úrovně 2 pro odhad emisí skleníkových plynů pro některé nebo všechny zdroje emisí z chovů hospodářských zvířat. Pouze pět států uvedlo, že použilo vlastní národní přístupy pro stanovení parametrů úrovně 2 a stále je obnovuje ([Wilkes et al., 2017](#)).

Pro odhad emisí se využívají také metody (Obrázek 1.4) založené na monitorování pomocí přístrojů pro měření koncentrace plynů. Ty jsou klíčové pro precizní kvantifikaci skleníkových plynů, aby bylo zajištěno správné vykazování jejich inventur. Tyto přístupy se využívá zejména pro zpřesnění odhadů vyprodukovaných emisí tedy i pro stanovení národních emisních faktorů využívaných v metodice úrovně 2 a 3.



Obrázek 1.4: Schéma dostupných technik pro odhad emisí metanu ([Tedeschi et al. 2022](#))

Historicky byla většina technik vyvinuta pro specifické účely, což může omezovat jejich široké využití v komerčních farmách a pro účely inventarizace vyžadují častou kalibraci a údržbu zařízení. K měření metanu produkovaného enterickou fermentací od jednotlivých zvířat lze použít komory, kde jsou umístěna celá zvířata (Obrázek 1.5) či jen pro jejich část (Obrázek 1.6), techniky bodového odběru vzorků a metody stopovacích

plynů, ale každá technika má svá vlastní omezení. Pro rozsáhlé plochy se využívají metody dálkového průzkumu země v podobě letadel, bezpilotních systémů a satelitů ve spojení s inverzním modelováním (Tedeschi et al., 2022).



Obrázek 1.5: Komory pro sledování emisí metanu od jednotlivých zvířat (NZAGRC, 2024a)



Obrázek 1.6: Komora pro sledování emisí metanu z oblasti hlavy (National Academies of Science, Engineering, and Medicine, 2018)

Mezi základní rozdělení přístupů pro odhad emisí metanu patří techniky monitorování používané u jednotlivých zvířat. Zde je sledována emise produkovaná pouze jednotlivými zvířaty bez emisí z výkalů. Další přístupem jsou techniky založené na sledování emisí z chovů, kde jsou ustájeny zvířaty včetně produkce hnoje, či jen ze zařízení pro skladování hnoje. Tyto techniky jsou založené na principu výměny vzduchu pomocí nucené či přirozené ventilace.

Respirační a akumulární komory jsou techniky pro vysoce přesné odhady emisí metanu, lze získat data o jednotlivých zvířatech. Měření jsou technicky náročná, je nutná adaptace zvířat na vytvořené prostředí a nutnost každé 2–3 hodiny uvolnit nahromaděný CO₂. Komory nasazené na hlavu zvířete či dýchací cesty jsou levnější a méně náročné na prostor, nevýhody jsou stejné jako u předešlého řešení. Využití stopovacích plynů je relativně přesné, zvířata se mohou volně pohybovat. Nevýhodou je nutnost měření koncentrace plynů ve více bodech. In-vitro techniky mají vysokou reprodukovatelnost, ale používají se spíše k hodnocení krmiv z hlediska metanogenního potenciálu než k měření emisního toku, umožňují hodnotit různá mikrobiální prostředí v bachoru. Nevýhodou je obtížná standartizace výsledků. Dálkové laserové techniky získávají informace o velkém množství zvířat například na pastvě. Vyžadují nákladné a přesné přístupy k měření, zpracování dat je silně ovlivněno mikroklimatickými podmínkami. Metody pomocí počítačového modelování nejsou omezeny na žádnou konfiguraci. Mohou se lišit od skutečných scénářů, protože vstupní údaje vycházejí z provedených experimentálních měření. Využití dat ze satelitů, bezpilotních systémů a leteckého snímkování poskytuje rychlé získání dat i pro velkoplošná území, data jsou ale méně přesná (Tedeschi et al., 2022).

Další metodou pro odhad emisí z intenzivních chovů hospodářských zvířat je LCA. Jedná se o komplexní přístup pro hodnocení vlivu produktů, procesů či služeb na životní prostředí v každé fázi jejich životního cyklu. Je jedním z nejpoužívanějších metodických rámců pro posuzování vlivu procesů na životní prostředí. Lze jej také využít jako nástroj pro podporu rozhodování v oblasti environmentálního řízení. Metody LCA se mohou využívat i pro hodnocení emisí skleníkových plynů při produkci mléčných či masných výrobků. Vysvětlují také, jak inventarizace ovlivňuje úroveň emisí, a pomáhá nám představit si, jak a do jaké míry jednotlivé činnosti ovlivňují životní prostředí. Důkladná studie LCA objasní úsilí, které bylo vynaloženo na snížení emisí skleníkových plynů z živočišné výroby.

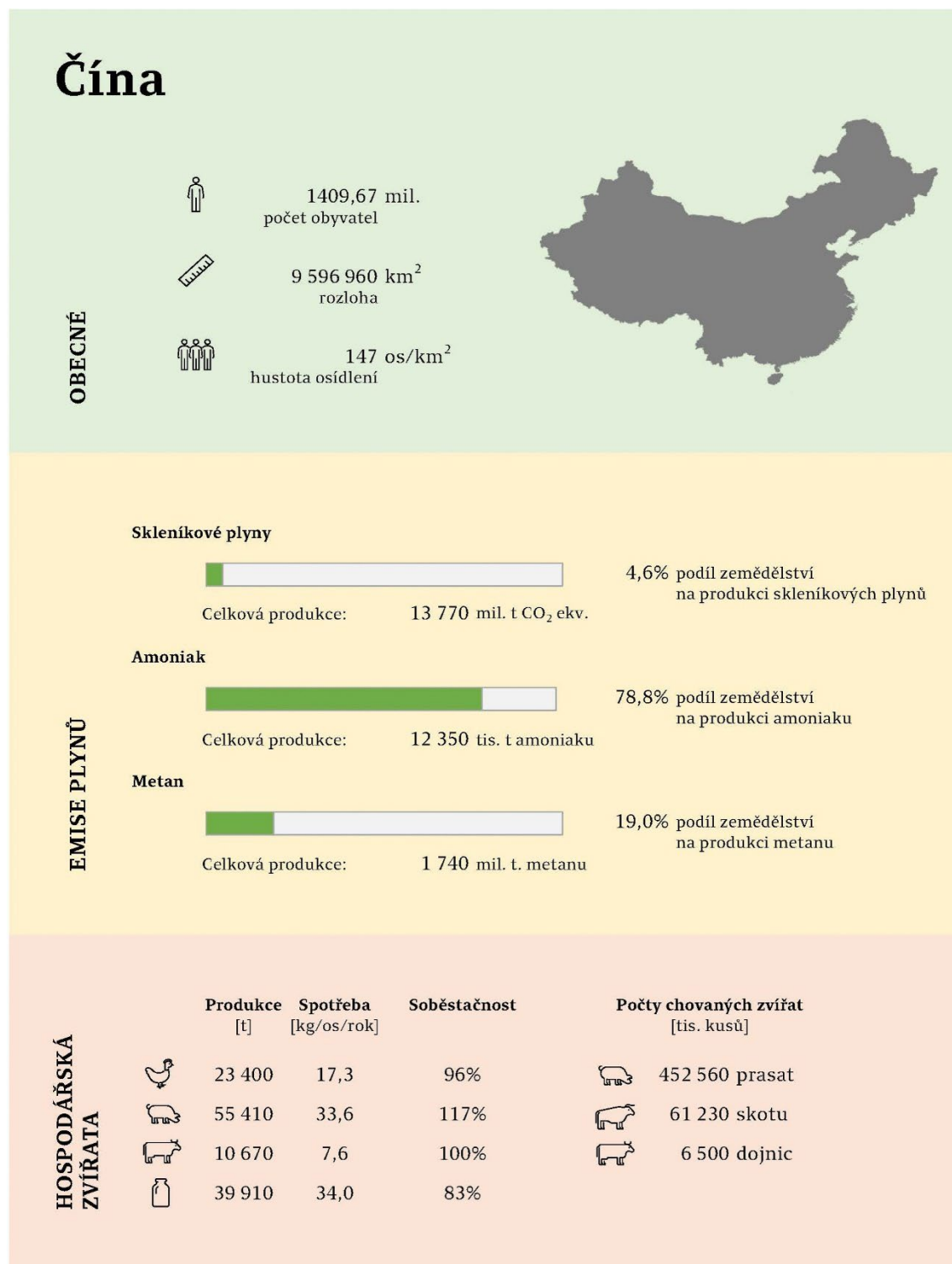
Některé země již zařadili LCA jako podpůrný nástroj při vyčíslování vyprodukovaných emisí z intenzivních chovů hospodářských zvířat a při ověřování technik při jejich snižování. V národních metodikách se také využívá pro vyčíslení uhlíkové stopy produkované vývozem a dovozem potravin (Singaravadivelan et al., 2023).

Přístupy států EU v oblasti stanovení emisí amoniaku jsou uvedeny v publikaci autorů dostupné na https://mze.gov.cz/public/portal/-q338479---Wg8H_oA2/reserse-o-pristupu-clensky-ch-statu-ke

2 Případové studie

Kapitola představuje vybrané státy navštívené autory publikace z pohledu zkušeností zemědělců se zaměřením na chovy zvířat, použitých technologií a managementu chovu, využití BAT a vizí udržitelného rozvoje. Zdůrazňuje praktické zkušenosti s BAT, příklady pilotních technologií na snížení emisí a přístupy politik pro jejich monitoring a redukci. Jednotlivé státy byly vybrány záměrně, aby poskytl co největší kontrast v rozdílech napříč světovou zemědělskou produkcí.

2.1 Čína



Čína v posledních letech zaznamenala významný technologický pokrok, který je patrný v mnoha oblastech. Ať už jde o prvky automatizace v průmyslové výrobě, rozsáhlou síť rychlovlaků nebo zavádění konceptu elektromobility. Digitalizace v oblasti bezhotovostních služeb je srovnatelná se státy severní Evropy. Tento trend modernizace se postupně přenáší také do zemědělství. Čína není nucena zavádět prvky automatizace kvůli velkému množství dostupné pracovní síly, ale moderní technologie implementuje především k intenzifikaci živočišné výroby. Tento posun je podporován dostupností know-how v oblasti pokrokových technologií a rostoucí zodpovědnosti za potravinové zabezpečení stále rostoucí populace.

Čína jako největší světový producent vepřového masa v roce 2022 vyprodukovala 55,41 mil. tun vepřového masa (FAO, 2022). Na jejím území bylo chováno 452 mil. kusů prasat (FAO, 2023a), 61 mil. kusů skotu, z toho 6,5 mil. dojníc (FAO, 2023b), a 6,19 mld. kusů drůbeže (FAO, 2023c).

V průběhu roku 2021 bylo v Číně vyprodukováno 13,77 mld. t CO₂ ekv. skleníkových plynů, což je více než v USA (5,96 mld. t CO₂ ekv), EU (3,41 mld. t CO₂ ekv) a Indii (3,88 mld. t CO₂ ekv) dohromady (Jones et al., 2024d). Na tvorbě skleníkových plynů v zemi se zemědělství podílelo 4,65 % (Climate Watch, 2024). Z celkového počtu emisí skleníkových plynů bylo 1,74 mld. t metanu. Amoniak bylo vyprodukováno 12,35 mil. t. Zemědělství z toho vyprodukovalo 9,73 mil. t amoniaku (79 %) (Community Emissions Data System, 2024) respektive 330,79 mil. t metanu (19 %) (Climate Watch, 2023; Jones et al., 2024e). Vlivem rostoucího potravinového zabezpečení a závislosti na dusíkatých hnojivech a chovu hospodářských zvířat se Čína v posledních 20 letech stala největším světovým producentem emisí amoniaku (Yi et al., 2023).

Čína používá k vyčíslení vyprodukovaných emisí národních emisních faktorů. Výzkum je soustředěn na vývoj technologií a postupů pro získávání údajů o vyprodukovaných emisích v reálném čase, tak aby mohli chovatelé efektivně reagovat na jejich produkci a také přesněji odhadnout celkové množství (Li et al., 2023).

Čína také klasifikuje plyny způsobující zápach a omezuje koncentraci jednotlivých znečišťujících látek. Podle nejnovějších norem kvality ovzduší Čína stanovila omezení pro osm typických pachových látek a stanovila, že koncentrace okolních pachových látek nesmí překročit 20 OU_E·m⁻³ (Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, 2018).

Čína využívá k hodnocení vlivu živočišné produkce na okolní prostředí LCA, který vyhodnocuje různé typy vlivů na životní prostředí a ekonomické přínosy používaných technologií (Hang et al., 2024).

Vzhledem ke klimatickým podmínkám a velké intenzifikaci výroby je hlavní výzvou pro čínskou živočišnou produkci zajištění vhodného teplotního komfortu pro chovaná zvířata, odpovídající biosecurity chovu a udržitelný rozvoj s ohledem na produkci emisí. Zejména zajištění biosecurity je pro místní živočišnou produkci klíčové, protože v minulých letech (2019–2020) přišli vlivem nakažlivých nemocí o značnou část populace prasat a drůbeže.

Ztrátu populace hospodářských zvířat se snaží dohnat výstavbou velkokapacitních chovů, zejména vepřinů, které jsou konstruovány i jako patrové budovy. Tyto projekty jsou stavěny „na zelené louce“ či na místech kde již byly malokapacitní farmy. Vzniká tak problém, že tyto vysokokapacitní chovy nejsou vázány na zemědělskou půdu a nefungují zde principy cirkulárního zemědělství tzn. chovy jsou závislé na vstupech od třetích stran (průmyslová krmiva) a pro výstupy z produkce (statková hnojiva) musejí hledat dodatečný odbyt (van der Wiel et al., 2019).

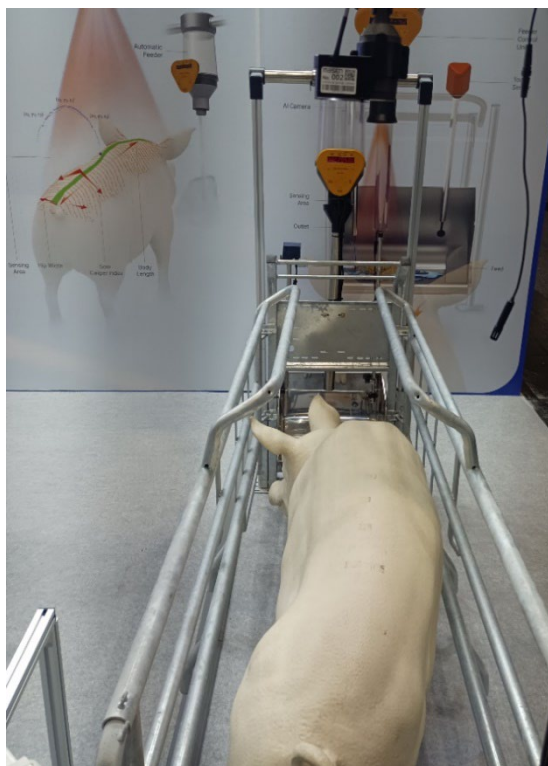
Chov prasat

Chov prasat zaznamenal v Číně velkou proměnu, chovatelé přešli od tradičních postupů k intenzivní produkci. Oproti chovům v Evropě či USA byla v Číně nízká efektivita výroby z pohledu počtu vyprodukovaných selat na prasnici či efektivitě krmení. Spolu s důsledky spojenými s nemocí afrického moru prasat v roce 2019 se vládní politika zaměřila na rozvoj intenzivní výroby (Holtkamp et al., 2023). Začaly se stavět velkokapacitní patrové budovy, ve kterých jsou instalovány moderní technologie, a to zejména z důvodu, že rozvoj intenzivní produkce sebou nese nároky na kvalitu vnitřního mikroklima, energetickou spotřebu, biosecurity, welfare zvířat a management chovu (Tang et al., 2021; Wang et al., 2022a).

Pro sledování a vyhodnocení welfare a zdravotního stavu zvířat lze využít různých systémů. K sledování pohybové aktivity se používá kamer s RGB rozlišením umístěných nad chovným kotcem. Pohybová aktivita a její projevy (doba odpočinku, doba stání, doba napájení či krmení) je v korelaci s mikroklimatickými podmínkami, zejména tepelným stresem (van der Zande et al., 2021). Pomocí kamer lze také identifikovat agresivitu prasat (Chen et al., 2020) či nástup říje (Zhuang et al., 2020; Ji et al., 2020). Pohybovou aktivitu lze také monitorovat senzorem umístěným v ušní známce. Známky jsou navíc schopny zaznamenávat teplotu jedince a upozornit na možné onemocnění detekované změnou tělesné teploty (Pandey et al., 2021).

Další pokrokovou technologií je analýza zvukových projevů prasat. Pomocí zvukových mikrofónů a softwarového rozhraní s algoritmy pro rozlišení zvuku lze detekovat abnormální projevy. Jedná se zejména o detekci respiračních onemocnění (Cang et al., 2020) a nástupu říje (Chen et al., 2021).

Pro odhad hmotnosti prasat se využívá standardní či 3D kamery, viz Obrázek 2.1. Bezkontaktní odhad hmotnosti nabízí výhodu zejména v podobě rychlého managementu vytváření efektivních krmných křivek a předcházení plýtvání krmiva (Condotta et al., 2018).



Obrázek 2.1: Dávkoř krmiva na základě odhadu hmotnosti pomocí kamery

Uvedené technologie jsou testovány nebo se již využívají v intenzivních chovech prasat, zejména na vertikálních farmách. První z plánovaných projektů vertikální farmy vznikl v provincii Hubei. Předpokládá se, že v něm bude ročně vyprodukováno až 1,2 mil. kusů jatečných prasat. Budova má 26 pater a celková podlahová plocha je 400 000 m² (Obrázek 2.2). Spodní patra jsou využita pro technické zázemí pracovníků, biosecurity, či řídicí a kontrolní velíny. Do nich jsou nepřetržitě zasílány a vyhodnocovány informace o chovných podmínkách, na jejichž základě je celý proces chovu řízen. V každém patře je vyčleněn prostor pro ustájení prasnic (Obrázek 2.3), porodna, a výkrm prasat. Mezi jednotlivými patry jsou nákladní výtahy, které slouží k přesunům prasat. Vyprodukovaná kejda je na farmě skladována a využívána k výrobě bioplynu a následně elektrické a tepelné energie. V areálu je také vybudováno zařízení pro čištění odpadní vody z chovného procesu a skladování organického hnojiva. Vedle již vzniklé budovy je plánována výstavba identického projektu. Další podobné vertikální farmy jsou v Číně již v procesu výstavby (Obrázek 2.4) (Support the Guardian, 2023).



Obrázek 2.2: Intenzivní vertikální farma pro chov prasat (Support the Guardian, 2023)



Obrázek 2.3: Ustájení prasnic na vertikální farmě (Support the Guardian, 2023)



Obrázek 2.4: Komplex intenzivních vertikálních farem pro chov prasat
(Support the Guardian, 2023)

Chov drůbeže

Pro chov drůbeže v Číně je důležité udržení biosecurity a vhodných mikroklimatických podmínek. V intenzivních chovech se využívá zejména podtlaková ventilace, která nasává venkovní vzduch přes perforované jádro skrápěné vodou, čímž dochází k snižování teploty přiváděného vzduchu. Nosnice jsou v malochovech chovány v jednoduchých klecích (Obrázek 2.5), ve velkochovech jsou využívány klece obohacené (Obrázek 2.6) o další prvky zvyšující jejich welfare.

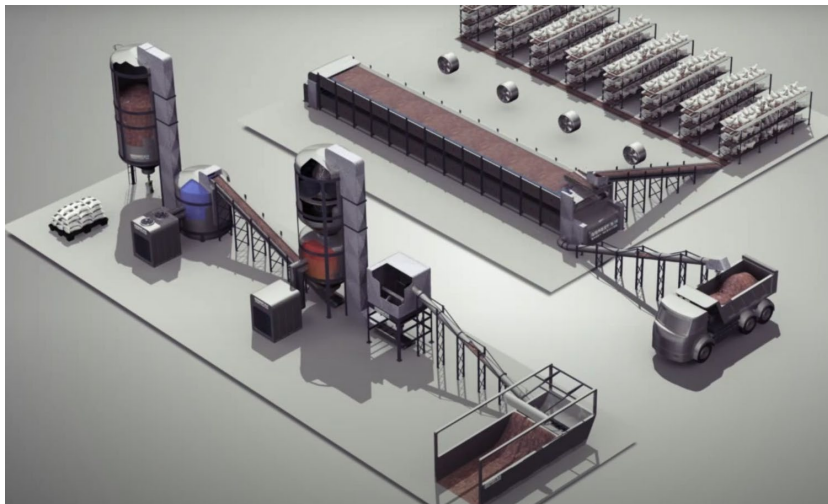


Obrázek 2.5: Jednoduché klece pro chov nosnic



Obrázek 2.6: Obohacené klece pro chov nosnic
s trusným pásem

Pro omezování produkovaných emisí a zápachu se využívá například linka na sušení vyprodukovaného trusu, která je umístěna v prostoru farmy, kam je distribuován veškerý trus. K sušení trusu se využívá odpadní teplo produkované v chovné hale. Trus může být skladován a využit jako surové hnojivo, nebo lze sušící technologii rozšířit o linku na výrobu pelet z drůbežího trusu, viz Obrázek 2.7 (Dorset.nu, 2024).



Obrázek 2.7: Technologická linka na sušení trusu a následnou výrobu organického hnojiva v podobě pelet (Dorset.nu, 2024)

V Číně je velmi rozšířená produkce výkrmových kuřat a zejména kachen. Technologie pro jejich výkrm je podobně jako v EU zajišťována v podlahových chovech s hlubokou podestýlkou. S rozvojem intenzivní produkce se také pro tyto kategorie chovaných zvířat využívají klecové chovy s etážemi v několika úrovních (Obrázek 2.8 a Obrázek 2.9).



Obrázek 2.8: Bateriový klecový systém pro výkrm kuřat či kachen



Obrázek 2.9: Detail technologie výkrm kachen v klecích

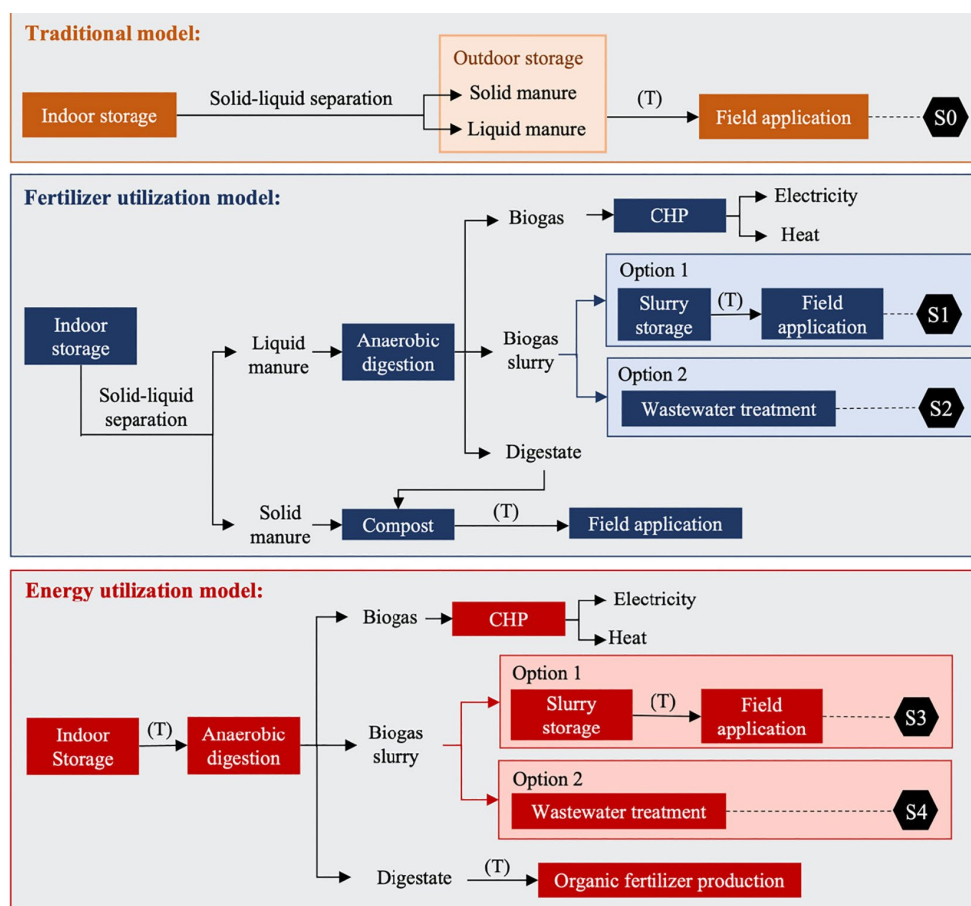
S rozvojem intenzivní živočišné produkce nastala v Číně výrazná produkce statkových hnojiv. Jak již bylo uvedeno, největším problémem intenzivních chovů je skladování a následná distribuce statkových hnojiv, protože většina z nich nevlastní zemědělskou půdu, kam by mohla organická hnojiva kontinuálně aplikovat. Čínská vláda proto vytvořila motivační pobídky pro zemědělce či specializované podniky, aby shromažďovaly a zpracovávaly statková hnojiva. Jejich plán je, aby 95 % velkých chovů mělo vlastní infrastrukturu pro zpracování statkových hnojiv, a to zejména pro výrobu elektrické a tepelné energie.

V Číně se pro hnojný management využívají dva přístupy. Tím prvním je, že zemědělský podnik využívá technologie pro zpracování statkových hnojiv ve svém areálu a dále ho využívá na svých zemědělských plochách či ho prodává jako hnojivo. Druhým přístupem je, že výrobní střediska, která vlastní technologie na zpracování statkových hnojiv, zajišťují jeho svoz od okolních zemědělců. Jedná se tedy o decentralizovaný sběr a centralizované zpracování (Turner et al. 2024; Wang et al., 2021).

V Číně je většina technologií k omezení produkce emisí směřována do hnojného managementu. Níže jsou uvedeny tři hlavní modely (Obrázek 2.10), které charakterizují využití statkových hnojiv.

Prvním modelem je tradiční přístup, ve kterém jsou statková hnojiva separována na pevnou a kapalnou složku. Pevná složka je uskladněna na hromadě, či kompostována a po přibližně 54 dnech využita jako hnojivo. Tekutá složka je uskladněna v otevřených lagunách, kde přibližně 4–6 měsíců fermentuje a je využita jako kapalně hnojivo či příměs do závlah.

Druhým modelem je využití statkových hnojiv k výrobě bioplynu s následnou produkcí elektrické a tepelné energie (Obrázek 2.11). Vstupní statková hnojiva jsou separována na pevnou a kapalnou složku. Pevná složka je kompostována a dále využita jako hnojivo. Kapalná složka je využívána pro anaerobní fermentaci a produkci bioplynu. Po fermentačním procesu je digestát znovu separován. Pevná složka je přidána do procesu kompostování. Tekutá složka je nejméně 90 dní skladována v otevřených lagunách a využita jako hnojivo či čištěna na parametry odpadní vody.



Obrázek 2.10: Schéma využití statkových hnojiv v Číně (Bai et al., 2023)



Obrázek 2.11: Farma s roční produkcí 120 000 kusů prasat a zpracováním kejdy (zakrytá laguna) pro výrobu elektrické a tepelné energie (Wang et al., 2022b)

Třetí model je obdobný jako předchozí, ale jako vstupní materiál se využívá všechno surové statkové hnojivo, které je separováno až po fermentačním procesu jako digestát. Kapalná složka se využívá jako předchozím případě, pevná složka je využita pro výrobu organických hnojiv (Bai et al., 2023).

V Číně se pro snížení emisí také používají níže uvedené technologie.

Technologie snižování emisí amoniaku pomocí okyselování kejdy

Technologie spočívá v rozstřiku kyseliny mléčné v koncentraci $0,001 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ v jímce, kde je uskladněna kejda. Roztok je rozstřikován pomocí trysek třikrát denně v množství $250 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$. Uvádí se, že může dosáhnout účinnosti při snižování emisí amoniaku až 60 % (Liu et al., 2019).

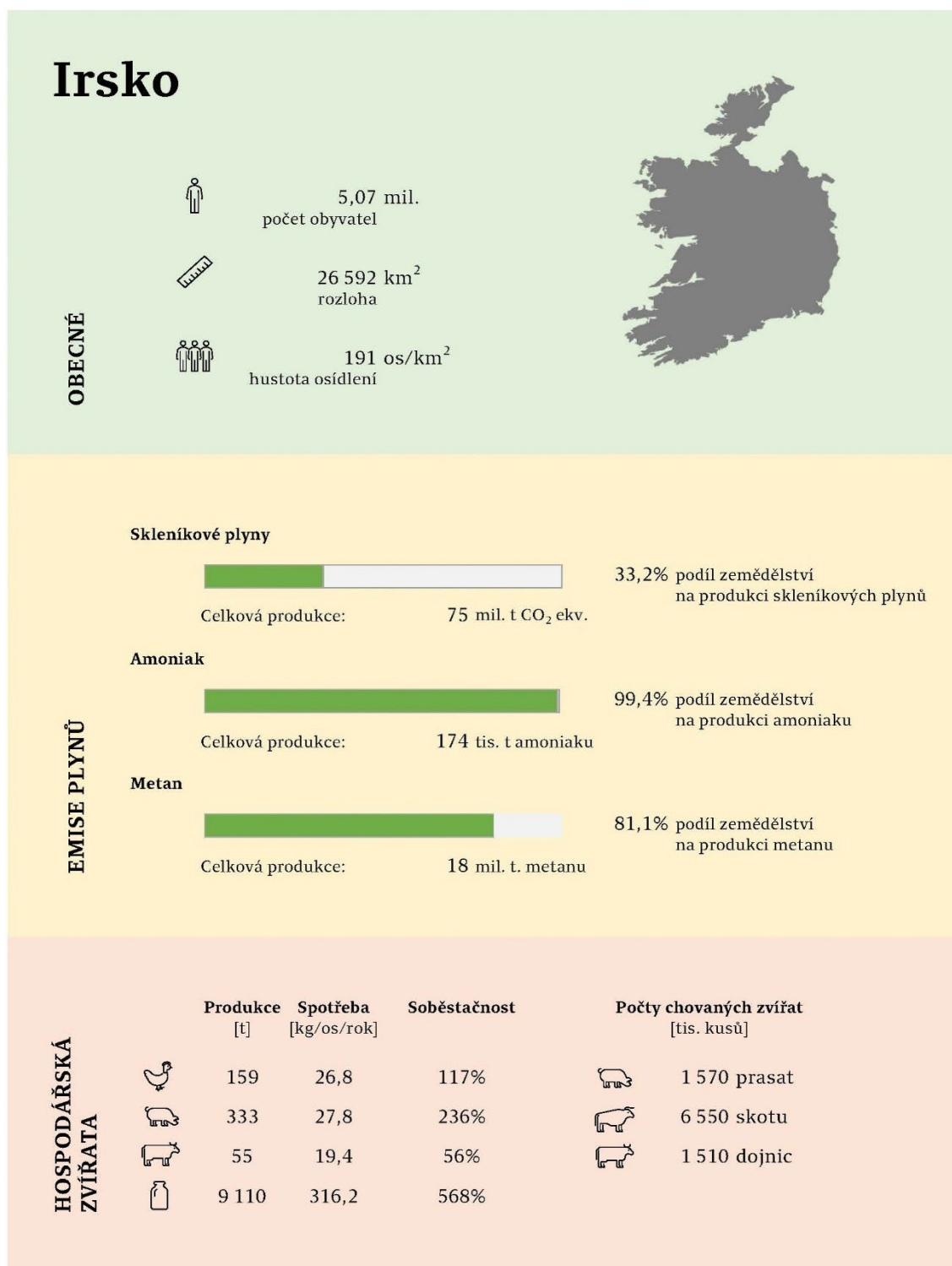
Technologie zpětného získávání amoniaku z odpadního vzduchu

Technologie pracuje na principu chemické pračky vzduchu. Do odpadního vzduchu je rozprašován roztok slabé kyseliny, která absorbuje prachové částice a amoniak. Na základě monitorování pH je upravována dávka rozprašované kyseliny do odpadního vzduchu. Výsledný roztok je využíván jako hnojivo. Jsou testovány různé konstrukce a umístění rozstřikovacích trysek (Zhou et al., 2021).

Technologie uzavřeného kompostování kombinovaná se zpětným získáváním amoniaku z odpadního vzduchu

Uvedená technologie kombinuje výše uvedený přístup jímání amoniaku z uzavřeného procesu kompostování. Kompostovací reaktor kombinuje skladování a zpracování hnoje prostřednictvím regulace přístupu kyslíku a teploty při využití mikrobiálních procesů přeměny chlévské mrvy na organické hnojivo (Wang et al., 2021).

2.2 Irsko



Irsko je zemí s dlouho tradicí v živočišné výrobě, kterou podporují jeho specifické klimatické podmínky a rozsáhlé plochy pastvin vhodné pro extenzivní chov. Mnohé farmy zde nabízejí dojnícím možnost volného pohybu na pastvinách, jenž přispívá k udržitelnému a šetrnému přístupu k chovu.

V roce 2022 dosáhl počet chovaných dojnic v Irsku 1,5 mil. kusů, zatímco v roce 2015 činil 1,2 mil. kusů, což řadí Irsko na 6. místo v rámci Evropské unie. Irsko patří mezi málo zemí EU, kde počet dojnic dlouhodobě roste. Celková populace skotu v roce 2022 činila 6,5 mil. kusů (FAO, 2023b). Ve stejném roce bylo také chováno 1,57 mil. kusů prasat (FAO, 2023a) a produkce drůbežního masa dosáhla 179 tis. tun (FAO, 2022).

Zemědělský sektor se v Irsku v roce 2021 podílel 33 % na národní produkci skleníkových plynů (Climate Watch, 2024) hlavně vlivem vysoké populace hospodářských zvířat a mírou využívání dusíkatých hnojiv. V roce 2021 dosáhly národní emise skleníkových plynů 75,39 mil. t CO₂ ekv. Během roku 2020 došlo k prudkému nárůstu emisí skleníkových plynů o 150 % oproti předchozímu roku na 80,47 mil. t CO₂ ekv. (Jones et al, 2024d). Skokový nárůst nastal v souvislosti se zrušením mléčných kvót a růstem odvětví v rámci programů Food Harvest 2020 a Food Wise 2025. Od roku 2020 však začal celkový objem emisí postupně klesat (EPA, 2024).

Podle národního akčního plánu pro klima se zemědělský sektor v Irsku zavázal snížit emise skleníkových plynů o 25 % do roku 2030. Nejnovější prognózy Agentury pro ochranu životního prostředí (Environmental Protection Agency – EPA) naznačují, že existuje prostor pro snížení emisí o 18 % do roku 2030 (ve srovnání s rokem 2018), a to prostřednictvím provedení opatření stanovených v Akčním plánu pro klima a plánu *Ag Climatise*, který vypracovalo Ministerstvo zemědělství, potravinářství a námořnictví (DAFM, 2021).

Zemědělství je v Irsku největším, v podstatě jediným, zdrojem emisí amoniaku, které v roce 2021 tvořily 99,5 % z celkového množství v zemi. Celkové národní emise amoniaku v tomto roce činily 173,7 tis. t, což přesahuje stanovený národní závazek ke snížení emisí. Trendy emisí amoniaku jsou podobné jako u ostatních plynných emisí ze zemědělského sektoru, jelikož závisí převážně na velikosti národního stáda skotu a na množství a typu aplikovaných dusíkatých hnojiv (EPA, 2024b). Národní závazek Irska ke snížení emisí amoniaku na období 2020 až 2029 podle směrnice o národních závazcích ke snížení emisí představoval snížení o 1 % ve srovnání s výchozí úrovní z roku 2005. Vzhledem k tomu, že emise v letech 2020, 2021 a 2022 byly o 3,2 %, 4,2 % a 3,0 % vyšší než výchozí úroveň, Irsko neplní závazek snížení emisí pro roky 2020 až 2029 (EPA, 2024).

V Irsku existuje mnoho opatření a programů (Climate Action Plan 2024, National Adaptation Framework 2024, Climate Action and Low Carbon Development Act 2015, Sectoral adaptation and mitigation plans, National Energy and Climate Plan 2021–2030, National Air Pollution Control Programme), které se snaží zemědělce podpořit v provádění nezbytných změn. Ke znečištění ovzduší v Irsku přispívá především používání minerálních hnojiv a hospodaření s hnojem. V zemědělských podnicích se provádí mnoho pozitivních opatření, ale zatím není jasné, zda budou společně stačit k dosažení požadované úrovně. Předpokládá se, že plnění stanovených závazků na snížení emisí do roku 2030 bude dosaženo pouze komplexním zavedením opatření na snížení emisí, jako je snížení používání minerálních hnojiv, zavádění nízkoemisních technologií v kejrovém hospodářství včetně její aplikace či používání inhibovaných močovinových hnojiv v zemědělských podnicích (EPA, 2024).

V Irsku se provádí velice detailní monitoring vyprodukovaných emisí, a to zejména amoniaku a metanu. Pomocí kontinuálních měření v provozech jsou provedeny odhady reálné produkce a šíření uvedených plynů do ovzduší. Tyto měření se dělají zejména v blízkosti přírodně zranitelných oblastí jako je například NATURA 2000. Uvedená monitorování se provádí v chovech, které spadají pod Směrnici o průmyslových emisích

v kategorii prasat, nosnic a brojlerů. Na základě vyhodnocených dat se stanovuje vliv intenzivních chovů na jeho okolí a zranitelné oblasti, upravují se emisní faktory, aby odpovídaly reálným podmínkám, rozhoduje se o vzdálenosti výstavby nových zařízení od obydlených a chráněných oblastí (EPA, 2020).

Irsko je velice důsledné při hodnocení vlivů intenzivních chovů na životní prostředí a svými přístupy pro snižování produkce emisí amoniaku a metanu. Nové, ale i stávající chovy musí splňovat podmínky od EPA. Přísnější podmínky musí splňovat chovy, které jsou v blízkosti chráněných území, jako je například NATURA 2000. I přes důsledná opatření a dlouhodobý aktivní monitoring vyprodukovaných emisí se rozvíjí živočišná produkce a staví se nová zařízení.

Chov prasat

V regionu Carlow byly navštíveny dvě soukromé farmy specializující se na intenzivní chov prasat. Prohlídka jedné farmy byla kompletní, zatímco druhá se omezila pouze na venkovní prostory. Irsko, jako ostrovní stát, klade velký důraz na biosecurity a snaží se předejít zavlečení onemocnění. V době návštěvy v roce 2024 se jednalo zejména o africký mor prasat. Při prohlídce farmy bylo nutné projít hygienickou smyčkou a řídit se stanovenými pokyny, viz Obrázek 2.12.



Obrázek 2.12: Pokyny pro zaměstnance a návštěvníky farmy

Chovné technologie se výrazně podobají těm používaným v rámci EU. Prasata na výkrm byla ustájena na plně roštové podlaze z betonových prefabrikátů. Keřda je shromařřována v podrořřtových řřmkách a vyprazřřňována pomocí vakuové technologie. Ventilace byla použita podtlaková, kdy je vzduch nasáován z nadstropního prostoru přes perforovaný strop, jak ukazuje Obrázek 2.13. Odtah vzduchu je zajiřřřen stropním komínovým ventilátorem. Vzduch do nadstropního prostoru proudí z bočných stran haly z prostoru mezi koncem stěny a střechou. Vstup je chráněn prodyřřnou tkaninou (Obrázek 2.14). V letních měřřících, kdy je potřeba zajistit větřřší výkon ventilace, je vzduch nasáován otvory krytými přisáovacími klapkami umístěnými v preferovaném stropu (Obrázek 2.15). Strop je izolován speciálně ořřetřenou skelnou vatou, která je složena z několika vrstev pro lepší propustnost vzduchu. Tento systém je výhodný pro rovnoměrné rozložení přívodního vzduchu po celé hale.



Obrázek 2.13: Pohled na perforovaný strop a otvory kryté přisávacími klapkami



Obrázek 2.14: Pohled na izolovaný perforovaný strop s přísávacími klapkami

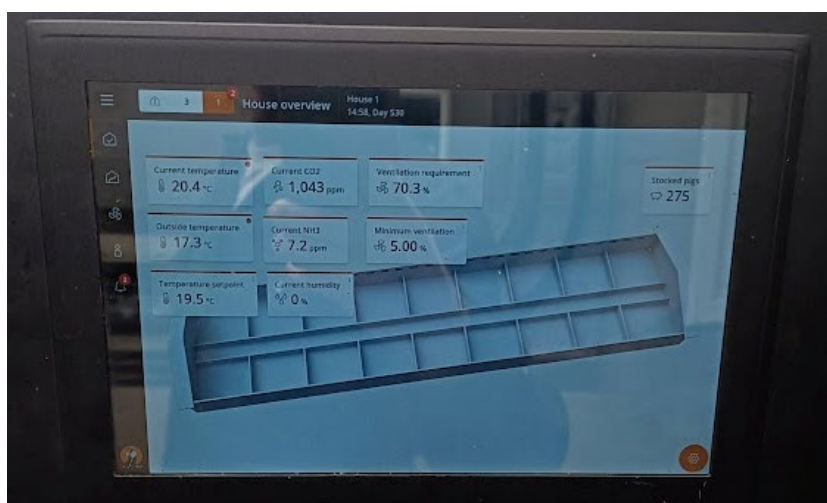


Obrázek 2.15: Pohled na izolovaný perforovaný strop s přísávacími klapkami

Výkon ventilační jednotky je automaticky řízen pomocí monitorovaných mikroklimatických podmínek. Jedná se zejména o vnitřní teplotu, vlhkost, koncentraci oxidu uhličitého a amoniaku. Data jsou získávána z měřicích čidel umístěných uvnitř chovné sekce (Obrázek 2.16) a automaticky ukládána do paměti ovládacího softwaru (Obrázek 2.17).



Obrázek 2.16: Pohled na umístění monitorovacích čidel



Obrázek 2.17: Aplikace pro ovládání řídicí jednotky ventilace

Porodní kotce (Obrázek 2.18) jsou řešeny pomocí variabilních zábran, které umožní chovateli flexibilně upravovat oblast fixace pro prasnici a tím zvyšovat její welfare. Mezi standardní vybavení patří welfare prvky pro selata.



Obrázek 2.18: Porodní kotce s variabilními zábranami

Pro zjišťování hmotnosti výkrmových prasat je využívána váha umístěná v obslužné chodbě, kam jsou prasata přeháněna (Obrázek 2.19).



Obrázek 2.19: Váha umístěná v obslužné chodbě

Navštívená farma získala stavební povolení na stavbu nové haly pro výkrm prasat. Součástí povolení je výstavba technologie na jímání plynů ze skladování kejdy a jeho transformaci na biometan, který bude sloužit pro pohon spalovacích motorů dopravní techniky.

Druhá navštívená farma zabývající se intenzivním chovem prasat je umístěna nedaleko větší vesnice. I přesto, že je Irsko zemí, kde je živočišná výroba velice tradiční a na všudypřítomných pastvách je vidět velké množství skotu, docházelo ke stížnostem na zápach linoucí se z chovu. Tyto problémy se vedení farmy rozhodlo řešit zaváděním nových opatření.

Prasata jsou ustájena na celoroštové podlaze. Dříve byla kejda zachycována do sběrných jímek umístěných pod rošty a pomocí vakuového systému distribuována do otevřených jímek. K vyprazdňování jímek docházelo po dlouhých intervalech. Aktuálně je kejda odčerpávána pomocí systému čerpadel z podroštového prostoru v intervalu přibližně každé 3 dny v závislosti na době výkrmového období. Pomocí hadice (Obrázek 2.20) jsou plněny jímky, které také prošly úpravou a jsou zcela zakryté.



Obrázek 2.20: Systém pro odčerpání kejdy z podroštového prostoru

Dalším z provedených opatření ke snížení produkce pachových látek bylo zavedení biofiltračních technologií, které jsou tvořeny z kovového rámu a ocelového pletiva (Obrázek 2.21). Vnitřní prostor je vyplněný dřevní štěpkou. Pro provoz biofiltru je důležité udržovat její potřebnou vlhkost, aby se vytvořily vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů. Na technologii biofiltru a návrhu jeho konstrukce se podíleli vědečtí pracovníci z Teagasc (Obrázek 2.22). Pro účely zavedení technologie biofiltru bylo nutné upravit ventilační systém. Zejména se jednalo o centralizaci svodů ventilace z komínových ventilátorů do prostoru biofiltru (Obrázek 2.23).



Obrázek 2.21: Část střešní ventilace byla zrušena a svedena do biofiltrů



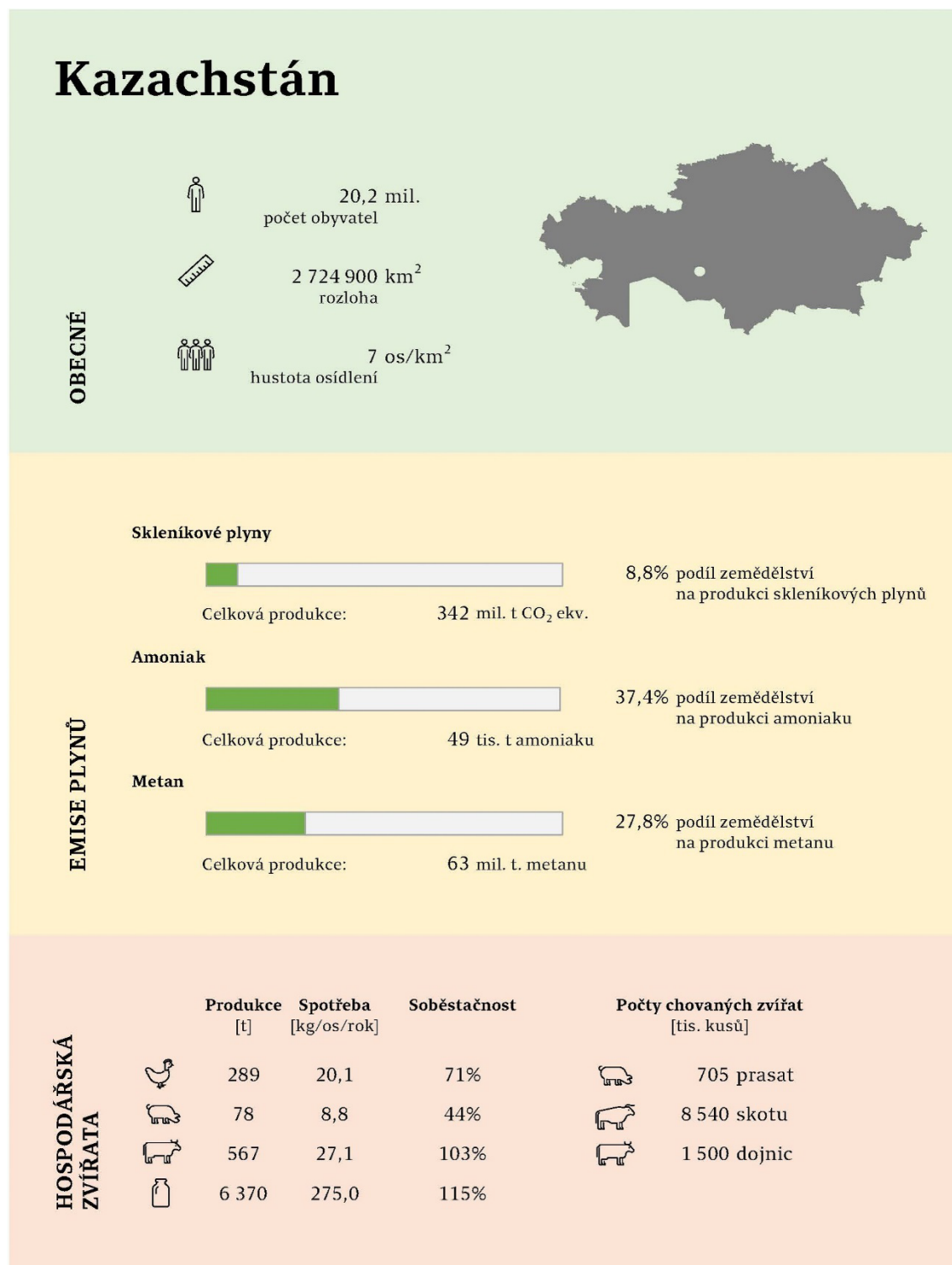
Obrázek 2.22: Biofiltry zabírají velkou plochu



Obrázek 2.23: Detailní pohled na provedení biofiltru

Po aplikaci uvedených opatření se majitelům farmy povedlo z velké části eliminovat zápach pocházející z jejich zařízení a předejít tak stížnostem obyvatel sousední vesnice. Aplikace biofiltru při dodržování jeho provozních parametrů může pomoci se snížením produkce pachových látek zejména z pohledu nízkých investičních a provozních nákladů v porovnání například s chemickými pračkami vzduchu.

2.3 Kazachstán



Z historického pohledu zaujímá zemědělství, respektive živočišná výroba, v Kazachstánu ústřední místo jak v kultuře, tak hospodářství země. Kazachstán je svou rozlohou devátým největším státem světa s velmi nízkou hustotou zalidnění, jeho populace je cca 18 milionu obyvatel. Krajina je z 80 % tvořena převážně suchými či polosuchými oblastmi, stepmi a pouštěmi. V minulosti byla živočišná produkce zaměřena na kočovném systému pastevectví, kdy byla využívána variabilita vegetace. S nástupem kolektivizace nastal přechod na intenzivní hospodářství, které znamenalo přechod z extenzivního hospodaření na intenzivní produkci masného skotu a dojníc se související intenzivní rostlinnou produkcí. Po rozpadu SSSR zůstala v Kazachstánu velká zemědělská družstva zaměřující se převážně na chov dojníc. Družstva se v posledních letech obnovují společně s návratem k extenzivní produkci včetně návratu původních druhů zvířat. Z náboženských důvodů je zde nízká produkce vepřového, oproti tomu jsou populární výrobky a produkty z chovu koní, zejména maso a kobyli mléko. Koně jsou chováni právě ve stepních oblastech (Konuspayeva a Faye, 2020).

Po rozpadu velkých podniků živočišné výroby je nyní většina hospodářských zvířat chována v malých individuálních hospodářstvích a venkovských domácnostech (Robinson a Petrick, 2024). Současná politika znovu podporuje intenzifikaci živočišné výroby prostřednictvím většího využívání vstupů i počtu hospodářských zvířat, jako cestu k diverzifikaci ekonomiky od příjmů z ropy a zemního plynu (Dara et al., 2020).

Jelikož se v Kazachstánu hlásí 70 % populace k islámskému náboženství, chová se zde jen velmi málo prasat, v roce 2022 to činilo 705 tis. kusů (FAO, 2023a) a celkově se vyprodukuje 79 tis. tun vepřového masa (FAO, 2022). Skotu se v roce 2022 chovalo v Kazachstánu 8,54 mil. kusů, z toho bylo 1,5 mil. kusů dojníc (FAO, 2023b) a ve stejném roce se zde chovalo 50,9 mil. kusů drůbeže (FAO, 2023c).

Velkým ekologickým problémem Kazachstánu je znečištění ovzduší. Kazachstán je na 20. místě mezi 221 zeměmi z hlediska emisí oxidu uhličitého a na 10. místě v emisích na obyvatele. Emise skleníkových plynů v roce 2021 dosáhly 341,63 mil. t CO₂ ekv. (Jones et al., 2024d), z toho bylo 62,9 mil. t metanu (Jones et al., 2024e). Emise amoniaku bylo vyprodukováno 49,3 tis. t (Community Emissions Data System, 2024). Kazachstán zintenzivňuje opatření k plnění svých závazků v rámci celosvětového boje proti změně klimatu. Současně se zaměřuje na zvýšení odolnosti a dekarbonizaci ekonomiky. V rámci plnění Pařížské dohody Kazašské republiky do roku 2030 si vláda klade za cíl snížit emise skleníkových plynů o 15 %. Za účelem dosažení tohoto cíle Kazachstán aktualizoval svůj vnitrostátně stanovený příspěvek ke snížení emisí a vypracoval související plán na období 2022–2025 (Andrukonyte, 2019).

Zemědělství jako producent skleníkových plynů představuje pouze necelých 9 % emisí Kazachstánu (Climate Watch, 2024), ale hospodářská zvířata v zemi přímo produkují 62 % těchto emisí v podobě emisí z enterické fermentace a emisí souvisejících s hnojným managementem. Živočišná výroba se v roce 2021 podílela 44 % na HDP zemědělství, přičemž hovězí maso a kravské mléko tvořily v roce 2022 více než 60 % celkové hodnoty surových živočišných produktů (Robinson et al., 2024).

Ačkoli má Kazachstán přístup k velkým zásobám uhlí, ropy či zemního plynu (Bulatbaev, 2016) má vypracovanou strategii přechodu na nízkouhlíkové hospodářství, která by měla zahrnovat využívání obnovitelných zdrojů energie. V tomto rámci by využití biomasy a produkovaného hnoje mohlo mít potenciál snížit emise z výroby energie z tradičních paliv. Analýza zdrojů a energetického potenciálu ze zbytkové biomasy a produkovaného hnoje v Kazachstánu uvádí roční produkci s energetickým potenciálem, který se rovná přibližně polovině celkové produkce ze všech instalovaných elektráren v zemi (Askarova et al., 2022).

Chov skotu

Kazachstán se snaží podporovat zemědělskou produkci obnovou starých družstev, či podporou lokálních zemědělců zaměřujících se na extenzivní produkci. Limitujícími faktory jsou v Kazachstánu zdroje vody v suchých oblastech, proto nelze plně využít pastevního potenciálu země. Dalším problémem je dostupnost kvalitních krmiv, nízká užitkovost dojnic, nedostatečná soběstačnost při produkci mléka či časté nákazy zvířat. Stát se snaží podporovat zemědělce výstavbou podniků na produkci krmných směsí a zavádění preventivních veterinárních opatření, které financuje především z těžebního průmyslu (Skokov a Dyussegalieva 2023). Vláda se v roce 2024 v Akmolské oblasti na severu Kazachstánu finančně podílela na výstavbě sedmi nových či rekonstruovaných farem pro dojný skot (Obrázek 2.24 a Obrázek 2.25).



Obrázek 2.24: Volné ustájení dojnic na podestýlce bez lehacích boxů (Primeminister.kz, 2024)



Obrázek 2.25: Moderní kruhová dojírna (Primeminister.kr, 2024)

Obecně nejsou v zemi ve větší míře používány technologie pro snižování emisí. V oblasti živočišné produkce jsou technologie spíše směřovány do pastevního managementu pro snižování produkce skleníkových plynů. Státní politika se spíše zaměřuje na těžební a energetický průmysl. Může to být zapříčiněno tím, že emise produkované v zemědělství jsou v porovnání s ostatními sektory minoritní.

V Kazachstánu byla navštívena farma zabývající se chovem dojníc, která se nacházela v Akmolské oblasti na severu Kazachstánu u hlavního města Astana. Chovné stádo bylo tvořeno výhradně z Holštýnského plemene. Chovná hala byla svou koncepcí obdobná jako haly ve střední či východní Evropě. Jednalo se o vzdušnou halu se střešní štěrbinou, boční části byly otevřeny s možností zakrytí pomocí stahovacích plachet (Obrázek 2.26).



Obrázek 2.26: Vlevo je chovná hala, vpravo administrativní budova s dojírnou

K chlazení dojníc jsou využívány ventilátory (Obrázek 2.27). Dojnice jsou ustájeny na pevné podlaze bez podestýlky. Kejda byla shrnována do jímek umístěných na konci haly pomocí oběžných shrnovačů tažených řetězem. Kejda byla skladována v otevřených betonových jímkách. Dojírna byla konstruována jako 2×16 se stáním „side by side“ (Obrázek 2.28). Na farmě je využíván extruder pro produkci suchých krmných pelet, aby bylo možné efektivně doplňovat živiny v krmné dávce objemných krmiv.

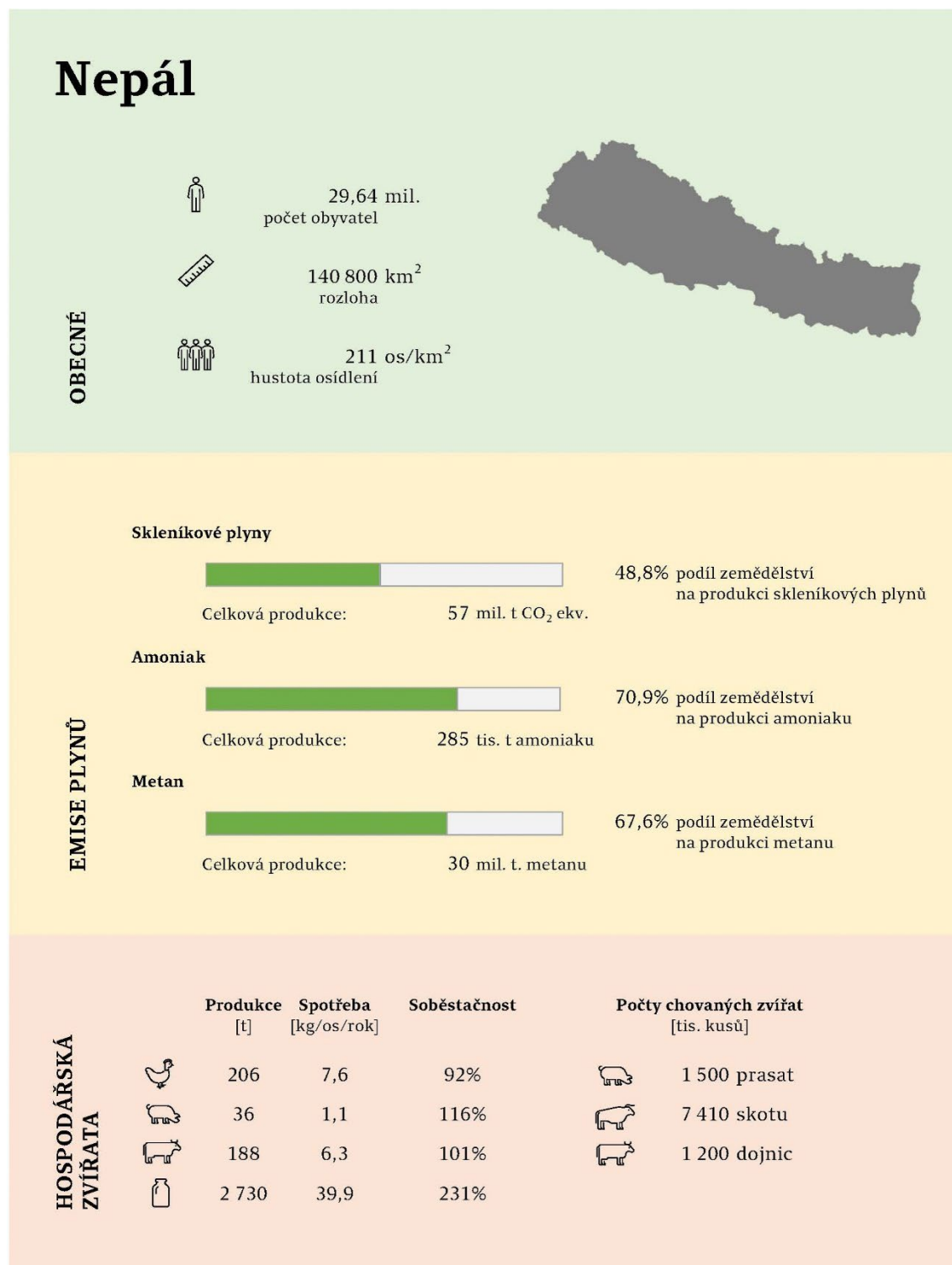


Obrázek 2.27: Pohled do chovné haly



Obrázek 2.28: Pohled do dojírny z kancelářských prostor

2.4 Nepál



Zemědělství v Nepálu se převážně zakládá na konvenčních přístupech, přičemž významná část farem je rodinných a hospodaří v režimech organického zemědělství. Mechanizace a automatizace zemědělských procesů není v této oblasti běžná, a to především z důvodu vysokých finančních nákladů na zavádění těchto technologií. Kromě toho je v Nepálu dostatek levné pracovní síly, což snižuje motivaci k investicím do mechanizace.

Nepál spoléhá na vlastní zemědělskou produkci. Většina obyvatel žije ve venkovských oblastech a je závislá na zemědělství jako zdroji potravin, příjmů a obživy. Zemědělství se na hrubém domácím produktu země podílí z 27 %. Až 70 % obyvatel je zaměstnáno v zemědělství. Většina nepálských zemědělců jsou drobní zemědělci, 52,7 % domácností má méně než 0,5 hektaru půdy (Kaini et al., 2016).

V Nepálu dochází od roku 1964 ke kontinuálnímu nárůstu chovaných prasat. V roce 2022 zde bylo chováno 1,5 mil. kusů prasat, oproti roku 1964 se jedná o 747% nárůst (FAO, 2023a). V roce 2022 zde bylo chováno také 7,41 mil. kusů skotu (z toho 1,2 mil. kusů dojnic) (FAO, 2023b) a 67,4 mil. kusů drůbeže. K prudkému nárůstu počtu chované drůbeže dochází od roku 2010, kdy bylo chováno 26,14 mil. kusů (FAO, 2023c).

V roce 2021 bylo v Nepálu vyprodukováno 57,34 mil. t CO₂ ekv. skleníkových plynů (Jones et al., 2024d), z toho bylo 49 % emisí produkovaných v zemědělství (Climate Watch, 2024). Na emisí skleníkových plynů se nejvíce podílejí emise metanu, kdy tvoří více než polovinu všech emisí skleníkových plynů (Jones et al., 2024e). Největším přispěvatelem k produkci emisí je zemědělství, které se podílí 67,6 % na produkci metanu (Climate Watch, 2023) a 70,9 % na produkci amoniaku (Community Emissions Data System, 2024). Například emise spojené s obhospodařováním půdy představují 70,96 tis. t amoniaku a hnojný management 21,38 tis. t amoniaku. V Nepálu se neprovádí intenzivní monitoring emisí amoniaku či metanu z chovů pomocí měření. Vychází se pouze z obecných přepočtů přes emisní faktory. Přístupy pro omezení produkce emisí amoniaku a metanu se spíše zaměřují na snížení využívání minerálních hnojiv, regulaci pálení rostlinných zbytků a aplikací organických hnojiv na půdu (Joshi et al. 2022).

Chov skotu

V Nepálu byla navštívena farma v oblasti Chitwan. Farma je zaměřena na chov dojnic a buvolů. Dojnice byly ustájené v hale zakryté pouze střešní konstrukcí (Obrázek 2.29) či v hale kryté střechou a bočníma stěnami s velkými otvory (Obrázek 2.30). Všechny dojnice jsou ve vazném ustájení. Každé stání má budované betonové koryto pro krmivo a vodu (Obrázek 2.31). Krmivo je dojnicím ručně distribuováno, voda je čerpána hadicí.



Obrázek 2.29: Ustájení dojnic v otevřené hale



Obrázek 2.30: Ustájení dojnic v uzavřené hale



Obrázek 2.31: Betonová koryta pro podávání krmné dávky

V uzavřené hale nebyly instalovány žádné ventilátory, ale bylo zde vybudováno přímé chlazení pomocí rozstřiku vody. Jak již bylo uvedeno, v zemědělství je obecně velký podíl manuální práce, včetně dojení, které probíhá pomocí přenosné vývěvy do konví. Dojnice byly ustájeny na pevné podlaze bez podestýlky, na gumových rohožích. Ve venkovní budově byly ustájeny pouze na betonové podlaze. Kejda z chovných hal je svedena pomocí vybetonovaných otevřených kanálů do otevřené laguny. Následně je separována a využita jako organické hnojivo. Krmná dávka je z větší části tvořena lokálně vyprodukovanými plodinami (Obrázek 2.32).

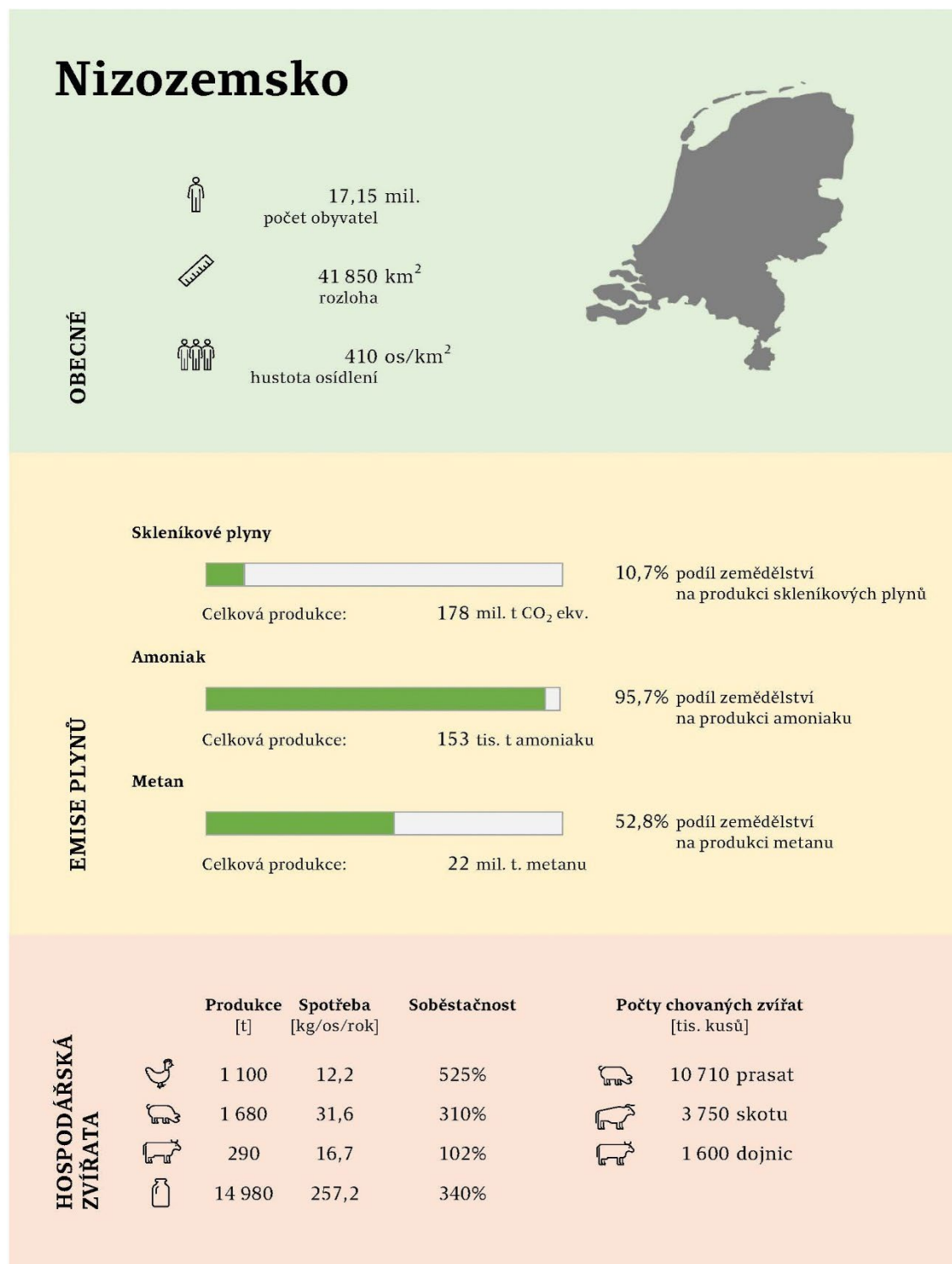


Obrázek 2.32: Lokální travina připravená pro zkrmení



Obrázek 2.33: Chov buvolů na venkovní pastvě

2.5 Nizozemsko



Nizozemsko se vyznačuje svým tradičním a intenzivním zemědělstvím, na němž se významně podílejí rodinné farmy. Kromě toho je země známá využíváním a vývojem pokrokových technologií, které se zaměřují na udržitelnost produkce. Klíčovou roli v tomto procesu hrají aktivity místních výzkumných institucí, které přispívají k udržitelnému rozvoji intenzivního zemědělství. Tato kombinace tradičních praktik a moderních technologií činí z Nizozemska lídra v oblasti efektivní a ekologicky šetrného zemědělství.

Na území Nizozemska bylo v roce 2022 chováno 1,6 mil. kusů dojníc z celkového počtu 3,75 mil. kusů skotu. Tento počet znamená pokles v počtu chovaného skotu oproti roku 2015 o 0,5 mil. kusů (FAO, 2023b). Ve stejném roce bylo v Nizozemsku chováno 10,71 mil. kusů prasat (FAO, 2023a) a 101 mil. kusů drůbeže (FAO, 2023c).

Nizozemsko v roce 2021 vyprodukovalo 177,69 mil. t CO₂ ekv., přičemž zemědělství se na produkci podílelo 10,69 % (Climate Watch, 2024). Od roku 1995 Nizozemsko snižuje, s malými výkyvy, svou produkci skleníkových plynů (Jones et al., 2024d). Za produkci amoniaku v roce 2021 je z 95,7 % zodpovědné zemědělství, národní produkce amoniaku byla 153,35 tis. t (Community Emissions Data System, 2024). Ve stejném roce bylo vyprodukováno v Nizozemsku 21,8 mil. t metanu, což znamená snížení produkce oproti roku 1991 o 48 % (Jones et al., 2024e). Trendy ve snižování emisí metanu lze vysvětlit především snižováním stavů chovaného skotu a prasat. Počet dojníc se od 90. let 20. století snížil z důvodu vyšší míry produkce na zvíře a produkčních kvót. Zajímavostí je, že v letech 2012–2016 se počet skotu zvýšil, protože chovatelé dojníc očekávali zrušení produkčních kvót na mléko (Statista, 2023).

Nizozemsko chce splnit globální závazky pro snížení produkce emisí o 30 % do roku 2030, a tak si vytyčilo důležité oblasti, ve kterých se chce věnovat snižování produkce emisí. Jedná se zejména o chovy hospodářských zvířat a těžbu a spotřebu plynu (Vellinga a Groenestein, 2022).

Dvě třetiny všech emisí metanu v Nizozemsku pocházejí z odvětví živočišné výroby. Z toho je 77 % produkováno v chovech skotu. Dalších 14 % emisí vzniká při hnojném managementu v chovech prasat. Pro omezení uvedených emisí byly stanoveny čtyři klíčové oblasti (WUR, 2024):

1. **zvířata** – rozdíly mezi produkcí emisí na základě genetiky a managementu chovu,
2. **krmiva** – složení a množství krmiv a jejich vliv na produkci emisí,
3. **ustájení** – technologie ustájení a jejich vliv na produkci emisí,
4. **hnůj** – management uskladnění a aplikace hnoje ve vztahu k produkci emisí.

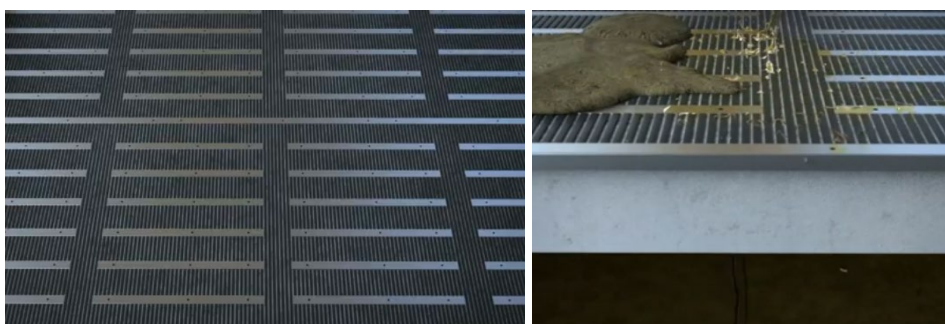
Pro vyčíslení efektivnosti navržených opatření je třeba sestavit metodiku pro monitoring a kalkulaci emisí. Monitoring emisí amoniaku, metanu a oxidu uhličitého je prováděn na národních testovacích farmách, které musí být schváleny Ministerstvem zemědělství, přírody a kvality potravin. V halách pro chov dojníc jsou senzory pro měření umístěné pod hřebenem haly. Čerstvý vzduch vniká do haly bočními stěnami a ohřátý následně stoupá hřebenovou šterbinou ven. Monitoring uvedených plynů se provádí i mimo stáj, například při aplikaci kejdy na pole, tak aby výzkumníci získali ucelený obraz vlivu farmy nejen na místo, kde je umístěna, ale i na okolí, které obhospodařují.

V současné době jsou emise stanoveny pomocí emisních faktorů. Emisní faktory vycházejí z dlouhodobých výzkumů a experimentálních měření, ale jejich hodnota je brána jako průměr z vyhodnocovaných datových podkladů. Vědečtí pracovníci jsou si vědomi, že rozdíly mezi jednotlivými farmami jsou velké. Zejména pokud jde o obsah bílkovin v krmné dávce a chovného a kejdového managementu. Například ve zvolené testovací farmě byly stanovené emise amoniaku na kus poloviční, než je emisní faktor. Aktuálně se v Nizozemsku nepředpokládá, že by se měření prováděla plošně, a proto

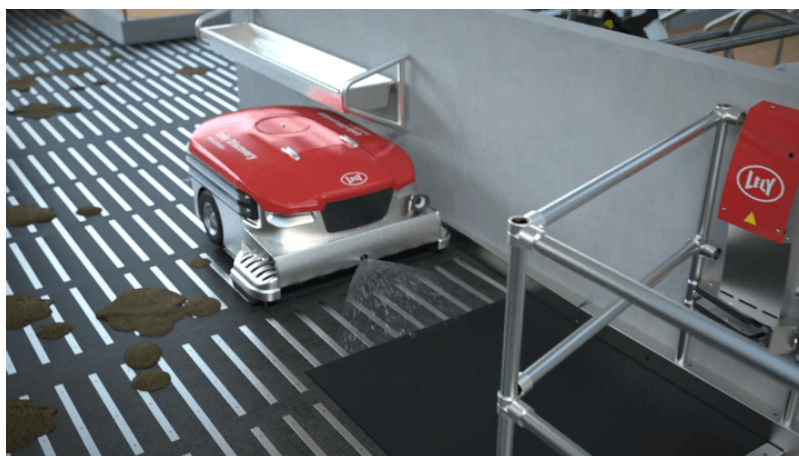
budou emisní faktory i nadále platit a bude docházet pouze k úpravám jejich hodnot (WUR, 2024b).

Na problematiku emisních faktorů se snaží reagovat výzkumní pracovníci a pracují na vývoji cenově dostupných čidel, které by byly spolehlivé a bylo je možné využívat pro monitoring metanu a amoniaku v intenzivních chovech dojnic. Následně by se do měření těchto plynů mohlo zapojit více farem a došlo by k získávání relevantnějších dat (WUR, 2024c).

Jak již bylo uvedeno, Nizozemsko je známé svým pokrokovým monitoringem a opatřeními v oblasti omezení produkovaných emisí. Jelikož zde probíhá velmi úzká spolupráce mezi zemědělským a výzkumným sektorem, mají zde zázemí společnosti, které se zabývají výzkumnými a vývojovými aktivitami pro intenzifikaci zemědělství s ohledem na snižování emisí. Pilotní projekty vznikají také v oblasti technologií pro živočišnou výrobu. Některé pokrokové technologie se již globálně využívají, jiné vyvíjí a některé jsou v pilotních obdobích testování. Například cirkulární systém pro kejdomé hospodářství od společnosti Lely Industries NV. Uvedená technologie je založená na včasném oddělení moči od tuhých exkrementů. Oddělení dochází pomocí perforované podlahy, která má narozdíl od klasické roštové podlahy velice malé otvory (Obrázek 2.34). Malé otvory jsou docíleny vložením speciálních lišt do klasických roštových podlah. Moč je separována do podroštové jímky a tuhé výkaly jsou sbírány pomocí autonomního pojízdného sběrače (Obrázek 2.35). Zařízení *N-Capture* (Obrázek 2.36 a Obrázek 2.37) odsává vzduch s hromadícím se amoniakem z podroštového prostoru. Před vypuštěním vzduchu do okolního prostředí je zachycován dusík pomocí okyseleného roztoku (kyselina sírová či dusičná) – zařízení pracuje na principu chemické pračky vzduchu. Po nasycení okyseleného roztoku se dusičnan či síran amonný uloží do uzavřené sila a následně se využívá k hnojení plodin (Lely, 2024).



Obrázek 2.34: Perforovaná podlaha (Lely, 2024)



Obrázek 2.35: Autonomní pojízdný sběrač exkrementů (Lely, 2024)



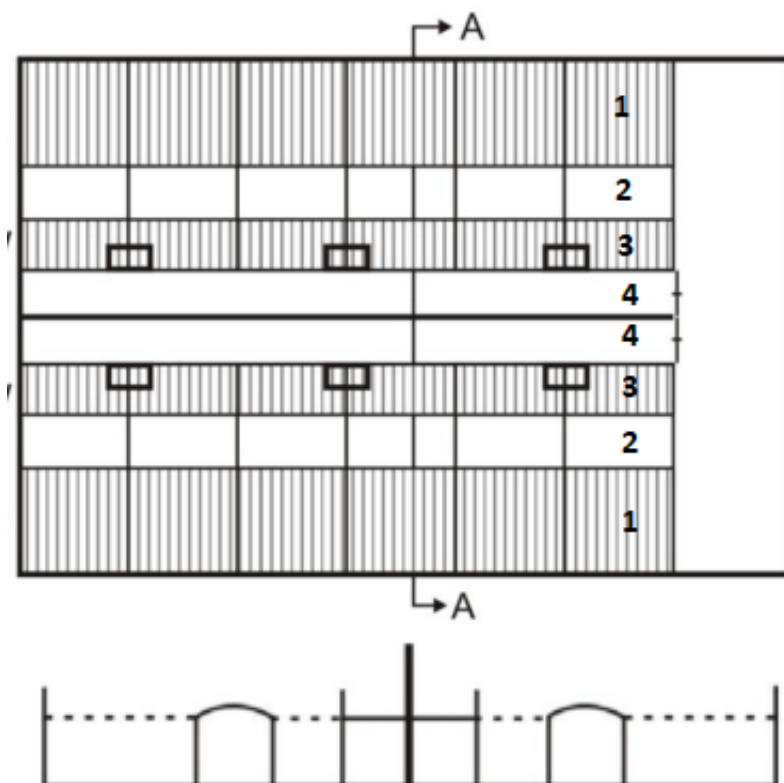
Obrázek 2.36: Zařízení pro odtah a čištění odpadní vzdušiny (Lely, 2024)



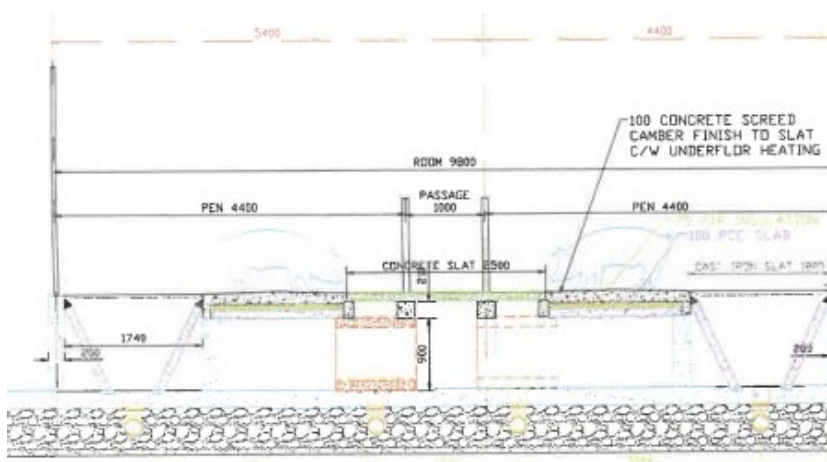
Obrázek 2.37: Detail jádra technologie N-Capture

Chov prasat

V Nizozemsku byla navštívena výstavba nové haly pro výkrm prasat, jejíž technologie ustájení a ventilace je konstruovaná tak, aby snížila produkci emisí amoniaku a energetické náklady na vytápění. Uvedený návrh pochází od nizozemské společnosti Inter Continental BV a jmenuje se IC-V⁺ system. Technologie rozděluje prostor pro výkrm prasat na tři zóny – zóna pro krmení, zóna pro odpočinek a zóna pro napájení a kálení. Obrázek 2.38 ukazuje půdorys a řez technologií, je zde znázorněna chovná sekce se dvěma kotci, které jsou rozděleny obslužnou uličkou. Číslem 1 je označena zóna pro napájení a kálení, číslem 2 zóna pro odpočinek, číslem 3 zóna pro krmení a číslem 4 obslužná ulička. Pro lepší znázornění je přidán Obrázek 2.39, který představuje detail z výkresové dokumentace.

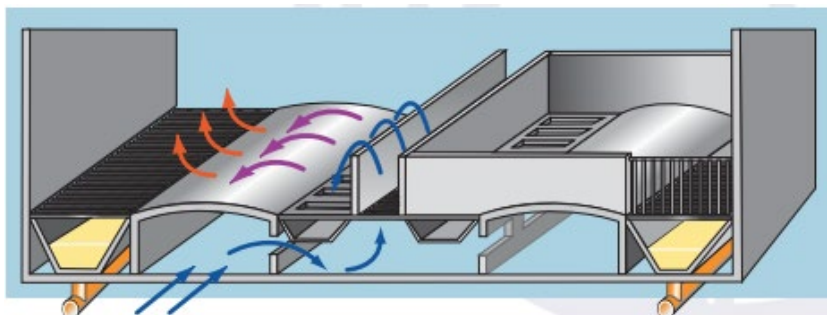


Obrázek 2.38: Půdorys a řez chovné technologie (Inter Continental B.V., 2024)



Obrázek 2.39: Výrobní dokumentace systému IC-V+ (Inter Continental, B.V., 2024)

Systém je založený na efektivním proudění vzdušiny. Vstupující čerstvá vzdušina je přímo směřována do oblasti, kde mají prasata dýchací ústrojí (Obrázek 2.40). Vstupuje do sekce přímo zvenčí (Obrázek 2.41) přes jednotku přívodu vzduchu na krátké straně sekce nebo nepřímo přes otvory v podlaze středové uličky (Obrázek 2.42). Prostor pod pevnou podlahou, na které zvířata odpočívají je využíván pro přívod vzdušiny. Vzduch proudí skrze otvory v nosné stěně pevné podlahy (Obrázek 2.43) a rošty kontrolní chodby ke zvířatům.



Obrázek 2.40: Schéma tří zónového ustájení se znázorněním proudění vzduchu (*Inter Continental B.V., 2024*)



Obrázek 2.41: Otvor pro vstup přírodní vzdušiny



Obrázek 2.42: Obslužná ulička a prostor pro krmení tvoří roštová podlaha z betonu



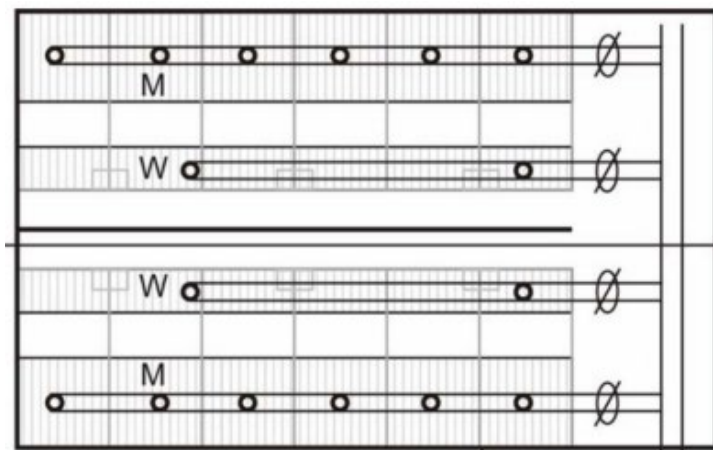
Obrázek 2.43: Prostup pro příchozí vzdušinu mezi dvěma chovnými kotci

Přední hrazení kotců jsou zcela pevné. Prostor jímky (Obrázek 2.44) pod roštovou podlahou určenou pro napájení a kálení je sešikmený do tvaru „V“ z důvodu snížení plochy, ze které se uvolňují emise. Pevná podlaha odpočinkové zóny je ve tvaru oblouku. Technologie pro krmení je umístěna u obslužné uličky na místě, které je vybavené roštovou podlahou a nízkou betonovou či kovovou jímkou.

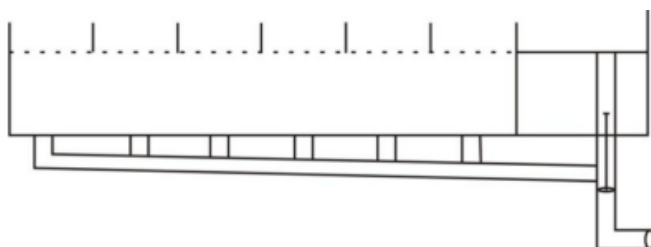


Obrázek 2.44: Konstrukce jímky do tvaru „V“ s výpustními kanály

Emise amoniaku lze výrazně snížit, pokud kejda rychle, pomocí dobře fungujícího systému vypouštění, opustí chovnou halu. Systémy vypouštění kejdy musí být spolehlivé, nevyžadovat náročnou údržbu a musí se snadno obsluhovat. V uvedeném systému se předpokládá vypouštění kejdy každé tři dny pomocí vakuového systému. Obrázek 2.45 uvádí schéma kejdových jímek, které jsou vyznačeny písmenem M, a písmenem W jsou vyznačeny jímky pro odvod vody (v prostoru pod technologií pro krmení). Obrázek 2.46 znázorňuje schéma pro odvod kejdy doplněné fotodokumentací ze stavby (Obrázek 2.47).



Obrázek 2.45: Schéma kejdových a vodních kanálů (Inter Continental B.V., 2024)



Obrázek 2.46: Schéma vyspádování kejdového systému (Inter Continental B.V., 2024)



Obrázek 2.47: Konstrukce kejdového kanálu s řadou dílčích odtoků

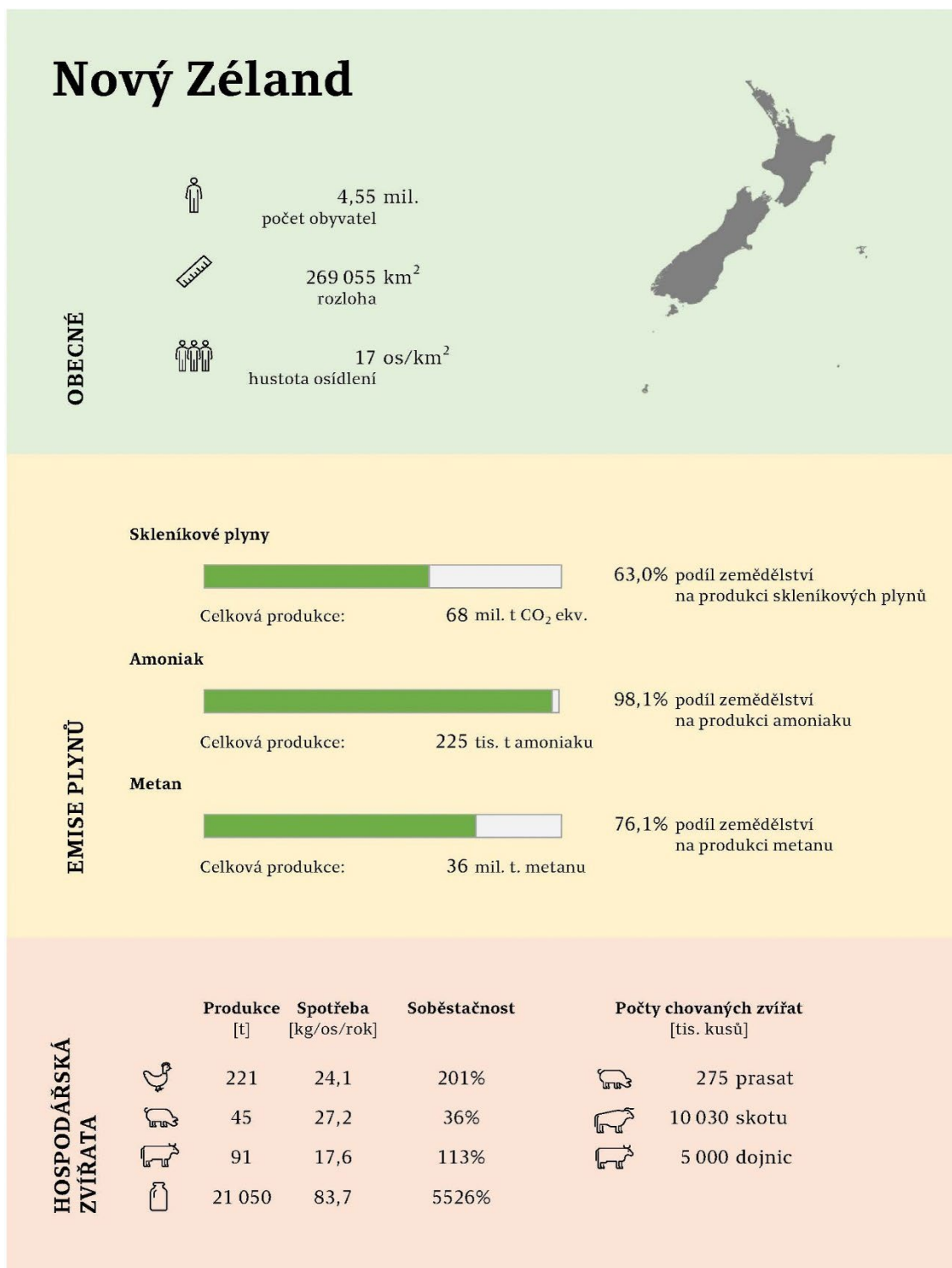
Výrobce uvádí hlavní výhody jeho technologie, mezi které patří efektivní distribuce vstupní vzdušiny. Mezi betonovým podkladem a přiváděným vzduchem dochází k výměně tepla, vzduch se v létě ochlazuje a v zimě ohřívá. Vyrovnávají se také výkyvy venkovní teploty v průběhu celého dne. V chladném podnebí může být nutné předeřívání přiváděného vzduchu. Účinný způsob ventilace a výměna tepla s podlahou snižují spotřebu energie. Vytápění prostoru je ve většině situací pro výkrmová prasata zbytečné. K zajištění podlahového vytápění pro výkrmová prasata bez topného kotle lze použít okruh podlahového vytápění. V úseku s prasaty ve finální fázi výkrmu je voda v okruhu ohřívána samotnými zvířaty. Teplo se následně distribuuje do sekcí s malými prasaty a působí tam jako podlahové vytápění. Z výše uvedených důvodů výrobce uvádí snížení nákladů na ventilaci a vytápění o 50–60 %.

Pro emise amoniaku předpokládá výrobce snížení produkce o 60–70 %. Uvádí, že využitím jejich systému dojde ke snížení emisí u prasat na výkrm z předpokládaných 2 kg amoniaku na 1 kg amoniaku na zvíře za rok využitím roštové podlahy z trojúhelníkových kovových profilů a na 1,2 kg amoniaku na zvíře za rok využitím betonových roštů. Pro odstávčata jsou uvedeny hodnoty snížení emisí z 0,6 na 0,18 kg amoniaku na zvíře za rok ([Inter Continental B.V., 2024](#)).



Obrázek 2.48: Pohled na konstrukci haly pro výkrm prasat

2.6 Nový Zéland



Nový Zéland je jedním z největších vývozců mléčných produktů. Je celosvětově největším vývozcem výrobků ze skopového masa a šestým největším vývozcem hovězího masa. Vyváží také velké množství, vlny, ovoce, zeleniny a vína. Zemědělství je na Novém Zélandu majoritním odvětvím a tvoří přibližně 82 % vývozních komodit. Pro intenzivní chovy skotu a ovcí se z 95 % využívá pastevního systému. Zemědělské produkci napomáhá příznivé mírné klima, zásoby sladké vody a kvalitní půda.

K typickým zemědělským postupům na Novém Zélandu patří využívání celoročních venkovních pastevních systémů a fixace dusíku v půdě pomocí pěstování luštěnin (bílý jetel). Technologie celoročních pastev je ale citlivější na klimatické výkyvy ovlivňující její produkci a kvalitu více než v zemích, které využívají intenzivní systémy ustájení a zkrmování silážovaných plodin. Nový Zéland má ve srovnání s ostatními zeměmi mnohem nižší podíl zemědělských emisí z hnojného managementu, protože většina výkalů zůstává přímo na pastvinách. Pastvy tvoří přibližně 36 % celkové rozlohy Nového Zélandu ([Ministry for the Environment, 2024](#)).

V roce 2022 bylo na Novém Zélandu chováno 10,03 mil. kusů skotu, z toho necelá polovina 5 mil. kusů byly dojnice ([FAO, 2023b](#)). Stav chovaných prasat se na Novém Zélandu kontinuálně od roku 1964 snižují. Mezi roky 1964 a 2022 se počet chovaných prasat snížil o 64 % na 275 tis. kusů ([FAO, 2023a](#)). Naopak stavy drůbeže se na Novém Zélandu kontinuálně od roku 1964 zvyšují, kdy mezi roky 1964 a 2022 došlo k nárůstu počtu chované drůbeže o 422 % na 25,31 mil. kusů ([FAO, 2023c](#)).

V roce 2021 činili emise skleníkových plynů ze zemědělství na Novém Zélandu 43 mil. t CO₂ ekv., což představuje 63 % z celkového vyprodukovaného množství ([Climate Watch, 2024](#); [Jones et al., 2024d](#)). Hlavním zdrojem emisí v zemědělství byla enterická fermentace, která se na emisí podílela 78,2 %, druhým největším zdrojem byly emise ze zemědělské půdy (15,2 %) následované hnojným managementem (4,6 %) ([Ministry for the Environment, 2024](#)). Ve stejném roce bylo vyprodukováno 225 tis. t amoniaku ([Community Emissions Data System, 2024](#)), které téměř veškeré byly vyprodukovány zemědělskou výrobou, a 35,67 mil. t metanu ([Climate Watch, 2023](#)).

Na Novém Zélandu se chová převážně skot, ovce a jelenovití. Tyto kategorie hospodářských zvířat jsou zodpovědné za cca 97 % emisí skleníkových plynů z živočišné produkce. Nový Zéland používá pro výpočet emisí řadu modelů odpovídajících velikosti různých kategorií zvířat ([Ministry of Prime Industry, 2024](#)). Emise z dominantních kategorií hospodářských zvířat se odhadují pomocí metodiky úrovně 2 (Tier 2) uvedené v IPCC. Ostatní kategorie hospodářských zvířat, včetně prasat, koz, koní a drůbeže představují pouze 0,4 % emisí a jsou odhadovány pomocí metodik úrovně 1 s některými položkami úrovně 2.

Nový Zéland používá pro každou chovnou kategorii a hnojný management vlastní národní emisní faktory. To je dáno zejména z toho důvodu, že jsou intenzivní chovy provozovány pomocí specifického celoročního pastevního systému. Používané modely národní zemědělské inventury se neustále zdokonalují na základě poznatků z prováděných výzkumných aktivit. Do výzkumu v oblasti monitorování emisí a stanovení emisních faktorů vložil stát mnoho finančních prostředků a založil proto institut DairyNZ. Ve výzkumech se zaměřuje na emise metanu a oxidu dusného. Emise amoniaku nespécifikuje, spíše vykazuje jako vyloučený dusík. Přesným a pravidelným monitorováním emisí chce dosáhnout efektivního snižování antropogenních emisí skleníkových plynů. Cílem vlády je zajistit pravidelné hlášení regionálních emisí skleníkových plynů s využitím monitorování na farmách i pomocí dálkového průzkumu země ([Ministry for the Environment, 2024](#)).

Na Novém Zélandu si stanovili priority v oblasti monitorování emisí ([Ministry for the Environment, 2024](#)):

- revize systémů hnojeního managementu v odvětví chovu prasat,
- zpřesnění odhadů emisí z chovů drůbeže a prasat,
- aktualizace údajů o používání různých systémů hnojeního managementu a nakládání s odpadními vodami na mléčných farmách,
- získání dat o kvalitě pastvin pomocí hyperspektrálního monitoringu,
- vývoj modelu pro stanovení emisí oxidu dusného,
- kvantifikace emisí skleníkových plynů v orné půdě a dynamika zásob uhlíku v biomase travních porostů.

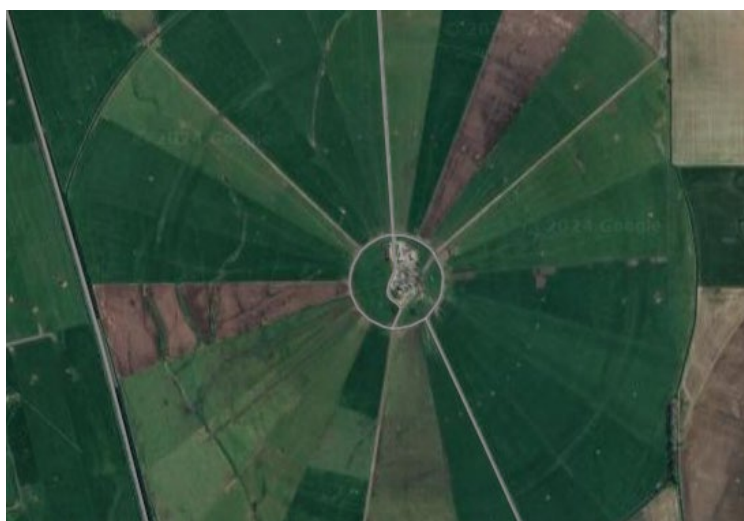
Technologie pro snižování emisí

Na Novém Zélandu je problematické zavádění ověřených technologií pro snižování emisí z důvodu specifického přístupu k intenzivním chovům z důvodu využití celoročního pastevního systému pro majoritní chované kategorie zvířat. Výzkumné a vývojové aktivity se zaměřují zejména na aplikaci krmných přísad s redukcí vzniku emisí metanu, složení druhové skladby pastev, efektivní pastevní management či testování vakcín proti tvorbě metanogenů u skotu ([Aitkenhead, 2023](#)).

Výzkumný program na vývoj vakcín se zaměřuje na ovlivnění imunitního systému zvířat a tvorbu protilátek ve slinách, které potlačují růst a funkci mikrobů produkujících metan (metanogenů) v bachoru ([NZAGRC, 2024b](#)).

Chov Skotu

Na Novém Zélandu byla navštívena farma v regionu Canterbury, která se zabývá chovem dojnic s celoročním pastevním systémem. Lokalita je historicky vhodná pro chov ovcí, ale s nástupem zavlažovacích technologií lze vyprodukovat kvalitní pastevní podmínky i pro chov skotu. Na farmě je stádo o velikosti 920 kusů dojnic plus jalovice. Je tvořeno z plemen Jersey, Holstein, Ayshire, Brown Swiss a Norwegian red. Provoz farmy zajišťuje pouze pět zaměstnanců. Je to dáno zejména využitím technologií precizního zemědělství. Obrázek 2.49 uprostřed uvádí zázemí farmy tvořené dojírnou, halami pro mechanizaci, teletníky, jímkami na kejdu apod. Pastva je tvořena pomocí kruhových výsečí z důvodu využití zavlažovací technologie.



Obrázek 2.49: Pastevní management pomocí kruhových výsečí ([Google Maps, b.r.a](#))

Technologii dojení zajišťuje vnější kruhová dojírna s kapacitou 54 stání, kterou obsluhuje jeden zaměstnanec. Dojení probíhá dvakrát denně (dvě skupiny po 460 kusech). Jsou zaznamenávány údaje o kvalitě nádoje každé dojnice. Při dojení dostávají dojnice krmnou směs s minerály a melasou. Po konci dojení mohou být dojnice automaticky tříděny či separovány podle potřeb ošetřovatelů. Každá dojnice má proto identifikační čip. Před budovou dojírny je kruhová zpevněná plocha s přiháněčem, která slouží jako čekárna (Obrázek 2.50).

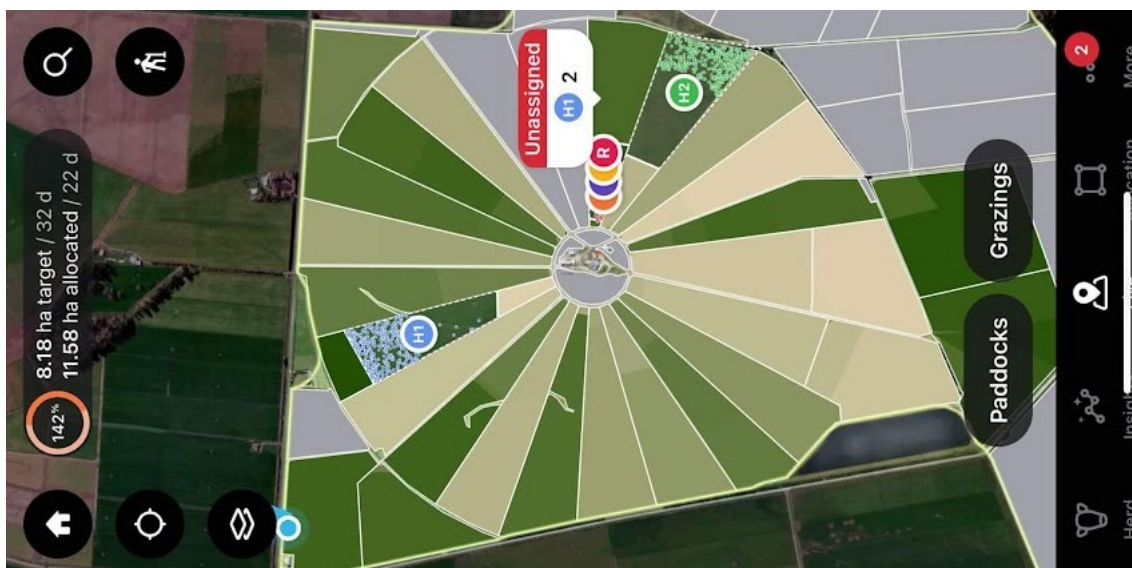


Obrázek 2.50: Pohled na dojírnu včetně čekárny s přiháněčem (Google Maps, b.r.a)

K pastevnímu managementu je využívána technologie od společnosti Halter. Tento systém má výhodu, že není potřeba výstavba fyzické zábrany pro skot například pomocí ohradníků pod elektrickým napětím. Dojnice jsou vybaveny přístrojem, který mají umístěný ze shora na obojku. Tento přístroj (Obrázek 2.51) je vybaven dvěma mikrofony, které jsou umístěny u každého ucha. Chovatel si pomocí mobilní aplikace vytváří na svém pozemku virtuální hranice pro své stádo, či jen pro vybrané skupiny zvířat. Ty jsou do tohoto prostoru zavedeny a při překročení vytyčených hranic dostanou z obojku zvukový signál. Zvířata se proto naučí pohybovat ve vymezeném prostoru na základě zvukových signálů. Podle toho, do kterého ucha je zvířatům puštěn zvukový signál, tak ví, na jakou stranu se mohou pohybovat. Pomocí přístroje lze také automaticky přivádět a odvádět dojnice z dojírny. V aplikaci (Obrázek 2.52) je pak přehled o rozmístění zvířat na vytyčené pastvě, jejího časového využití, velikosti pastevních úseků, přehled o dojení apod.



Obrázek 2.51: Detail technologie Halter se solárním nabíjením (Halter, 2024)



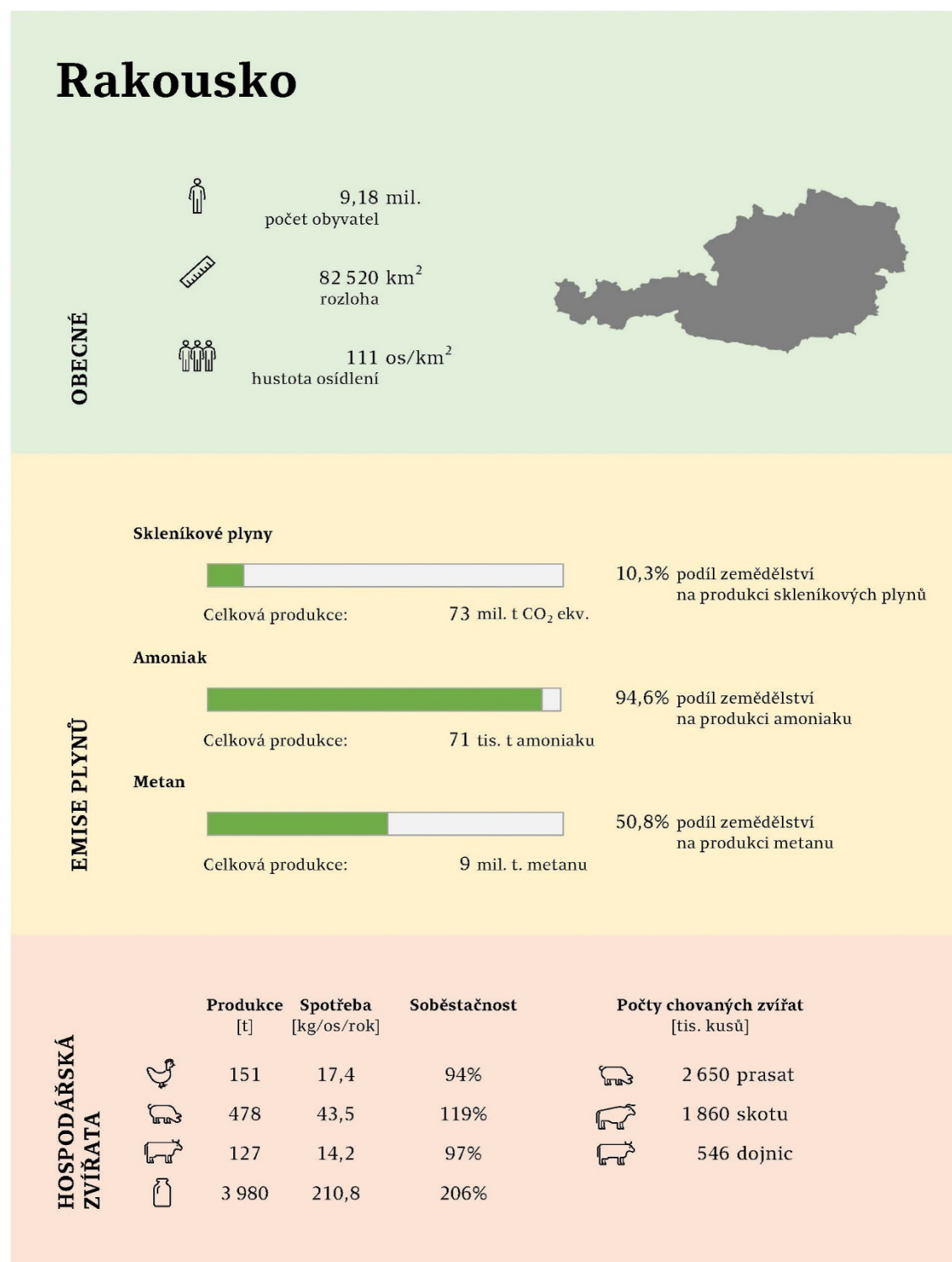
Obrázek 2.52: Mobilní aplikace technologie Halter pro pastevní management

K zavlažování se na farmě využívají pivoty (Obrázek 2.53) dlouhé až 900 m, které mohou vytvořit srážky až 4 mm. Pro zavlažování se mimo jiné využívá odpadní voda z dojířního procesu či kejda získaná v prostoru čekárny a dojírny, tzv. *effluent management*. Kejda je skladována v nadzemních betonových jímkách. Uvedený chovný management eliminuje množství skladované kejdy, protože většina výkalů zůstává na pastvě. Při efektivním střídání pastevních ploch dochází k rovnoměrné distribuci živin. Ten je plánován v aplikaci od společnosti Halter. Uvedený systém je efektivní při snižování produkce emisí.



Obrázek 2.53: Zavlažování a hnojení pastevního porostu

2.7 Rakousko



Zemědělství v Rakousku má základ v typických rodinných farmách hospodařících na malých plochách či s malým počtem hospodářských zvířat. Tento stav je důsledkem zejména historického vývoje a vysokého podílu horských oblastí, které utvářejí přirozené limity pro rozvoj farem. K roku 2020 bylo v Rakousku evidováno 154 953 zemědělských a lesnických podniků, přičemž 23,4 % provozovalo svou činnost v ekologickém režimu ([Advantage Austria, 2024](#)). Rostoucí obliba biopotravin se odráží v jejich spotřebě, kdy v roce 2020 představoval podíl potravin zakoupených od ekologických zemědělců více než 10 % z celkové spotřeby ([Šrámková a Bayerová, 2022](#)).

V Rakousku od roku 1985 dochází k trendu snižování počtu chovaných prasat, kdy v roce 2022 bylo chováno 2,65 mil. kusů prasat, tj. o 1 mil. kusů méně než v roce 1985 ([FAO, 2023a](#)). Ve stejném roce bylo chováno 1,86 mil. kusů skotu, z toho 546 tis. kusů dojnic ([FAO, 2023b](#)), a bylo vyprodukováno přes 150 tis. tun drůbežího masa ([FAO, 2022](#)).

V roce 2021 dosáhly emise skleníkových plynů ze zemědělství v Rakousku hodnoty 73,15 mil. t CO₂ ekv., což představuje 10,25 % celkových národních emisí ([Climate Watch, 2024](#), [Jones et al., 2024d](#)). Největšími zdroji skleníkových plynů v zemědělství jsou enterická fermentace (59 %) a emise uvolňující se ze zemědělské půdy (24 %). V období od roku 2021 do roku 2022 došlo k poklesu emisí skleníkových plynů o 0,6 %, a to zejména v důsledku snížením emisí z aplikace minerálních hnojiv (-8,7 %). Důvodem tohoto poklesu byl nižší objem prodeje hnojiv, který byl ovlivněn výrazným nárůstem cen energií a surovin, který se promítl do cen hnojiv na trhu. Celkově emise skleníkových plynů ze zemědělství vykazují od roku 1990 do roku 2022 pokles o 14 %. Hlavními příčinami tohoto trendu jsou klesající stavy skotu a prasat a také nižší množství dusíkatých hnojiv aplikovaných na zemědělskou půdu ([Umweltbundesamt GmbH, 2024](#)).

Zemědělství je také hlavním zdrojem národních emisí amoniaku a pochází z něj také polovina národní produkce metanu. V roce 2021 bylo zemědělstvím vyprodukováno 67,37 tis. t amoniaku (94,6 % z celkových emisí amoniaku) ([Community Emissions Data System, 2024](#)) a 25,09 mil. t metanu (50,8 % z celkových emisí metanu). Produkce metanu se v Rakousku dlouhodobě snižuje již od roku 1985 ([Jones et al., 2024e](#)). V rámci zemědělského sektoru pochází přibližně 51 % emisí amoniaku z hospodaření s hnojem, zatímco 49 % je emitováno ze zemědělské půdy. Mezi lety 1990 a 2021 došlo k poklesu emisí amoniaku ze zemědělského sektoru o 7,0 % ([Umweltbundesamt GmbH, 2023](#)).

Rakousko v rámci Národního programu omezování znečištění ovzduší a ve vyhlášce o snižování emisí amoniaku (Spolková sbírka zákonů II č. 395/2022) plánuje zvýšení finančních dotací pro zemědělce na opatření proti produkci emisí, jako jsou kryty nádrží na kejdu, separátory kejdy, zvýšení podílu hnoje zpracovaného v bioplynových stanicích, zvýšení pastvy dojnic a skotu bez tržní produkce mléka a lepší ventilační systémy. V období 2021–2030 se očekává, že počty skotu v Rakousku klesnou o 13 %. U prasat se předpokládá ještě výraznější pokles, což je způsobeno nepříznivým poměrem mezi cenou produkce a vstupními náklady, jakož i vyššími investičními náklady potřebnými ke snížení emisí. Tento trend povede ke zvýšení aplikace minerálních hnojiv na zemědělské půdě v důsledku snižujícího se množství organických hnojiv vyprodukovaných hospodářskými zvířaty ([Umweltbundesamt GmbH, 2023](#)).

Monitoring vyprodukovaných emisí amoniaku je prováděn zejména pomocí výpočtů a v omezeném množství i měřeními. Měření probíhají nejen v chovných halách, ale i v okolí chovů ([Australian Institute of Economic Research, 2023](#)).

Alternativní chov prasat

V rakouské spolkové zemi Horní Rakousy byly navštíveny tři rodinné farmy specializující se na chov prasat. V Rakousku jsou oblíbenou alternativou k intenzivním chovům prasat malé rodinné farmy či chovy v ekologickém režimu. Základní myšlenkou těchto chovů je produkovat vepřové, jehož výkrm trvá déle než při konvenčním způsobu a je dbáno

zvýšeného welfare. Provozovatelé, kteří splní předem dané standardy, jsou slučováni do družstev, které prasata od chovatelů vykupují, poráží ve vlastních malokapacitních jatkách a nabízí k lokální distribuci pod svojí značkou. Tímto způsobem vyprodukované maso je dražší než konvenční, ale vzhledem ke kupní síle místních obyvatel oblíbené. Chovatelé také na svých farmách pořádají akce, při kterých svoje chovy představují zájemcům a zejména svým zákazníkům, aby se mohli přesvědčit o podmínkách chovu.

Na uvedený trend se snaží reagovat i výrobci zemědělských technologií jako například SCHAUER Agrotronic GmbH se sídlem v Prambachkirchenu a nabízí uvedeným chovatelům technologie transformované pro jejich specifickou potřebu. Svůj koncept nízkoemisní stáje *SaLuT NatureLine*, který je představen níže, je podle společnosti schopný snížit emise amoniaku až o 80 % a emise zápachu až o 90 %. Snížení emisí je zaručeno zejména sloučením technik pro redukci emisí jako je vícefázové krmení, snížení emisní plochy na 20 % roštové podlahy, pravidelné odstraňování hnoje a rychlé oddělení moči od tuhých výkalů pomocí šikmého kanálu se spodní drážkou (Schauer Agrotechnics GmbH, 2024).

Vizi chovatelů je zvýšit chovné welfare a udržitelnost produkce. Toho je docíleno zejména dvoj až trojnásobným zvětšením plochy ustájení na chovaný kus a její rozdělení na tři základní zóny – zóna odpočinku, zóna pro krmení a zóna určená k napájení a kálení.

Zóna odpočinku (Obrázek 2.54) je tvořena pevnou podlahou s podestýlkou. Toto místo se nachází ve vnitřních prostorách. Otvorem ve zdi se prasata dostanou z odpočinkové zóny do zóny určené ke krmení (Obrázek 2.55). Krmný prostor je přirozeně ventilován. Regulace ventilace může být provedena pomocí stahovacích plachet. Na konci krmné zóny konci jsou umístěny napáječky a u nich prostor na kálení (Obrázek 2.56). Prostory určené ke kálení jsou opatřeny roštovou podlahou, pod kterou se nachází šikmý kanál se shrnovací lopatou. Pro snížení produkce emisí je na dně šikmého kanálu drážka pro efektivní oddělení moči od tuhých výkalů (Obrázek 2.57). Kejdá je v krátkých intervalech shrnována a přečerpávána do uzavřené jímky.



Obrázek 2.54: Vnitřní odpočinková zóna s pevnou podestlanou podlahou



Obrázek 2.55: Venkovní zóna určená pro krmení



Obrázek 2.56: Detail zóny určené ke kálení a napájení s roštovou podlahou a podroštovým shrnovačem kejdy



Obrázek 2.57: Detail shnovací podrošové lopaty s drážkou pro efektivní oddělení moči

V některých systémech je spojena odpočinková a krmná zóna, která je umístěna ve vnitřních prostorách. Ve vnějších prostorách se nachází napáječky a zóna určená ke kálení s roštovou podlahou.

V uvedených chovných systémech prasnice není při porodu ani po něm fixována, viz Obrázek 2.58. Tyto prostory jsou vybaveny podélným hrazením tak, aby selata nemohla být zalehnuta u stěny. Vchod do doupat pro selata je možné flexibilně upravovat, aby docházelo k efektivnímu využívání tepelné energie. Prasnice se mohou volně pohybovat do venkovní části kotce.



Obrázek 2.58: Boční kovová zábrana zabraňující zalehnutí selat u boku kotce (Fuka, 2022)

Pro distribuci podestýlky se může využít systém Strohmatic (Obrázek 2.59), který automatizovaně distribuuje podestýlku do oblasti odpočinkové zóny. Systém automaticky rozruší hranatý balík slámy (v balíku je nalisována nakrátko řezaná sláma, viz Obrázek 2.60), který prochází přes odlučovač prachu a pomocí řetězového potrubního dopravníku (Obrázek 2.61) je ze stropní části (Obrázek 2.62) distribuován do prostoru odpočinku. Nevýhodou systému může být zvýšení prašnosti uvnitř chovu.



Obrázek 2.59: Systém Strohmatic pro automatickou distribuci podestýlky v podobě řezané slámy



Obrázek 2.60: Nakrátko řezaná sláma



Obrázek 2.61: Řetězový potrubní dopravník



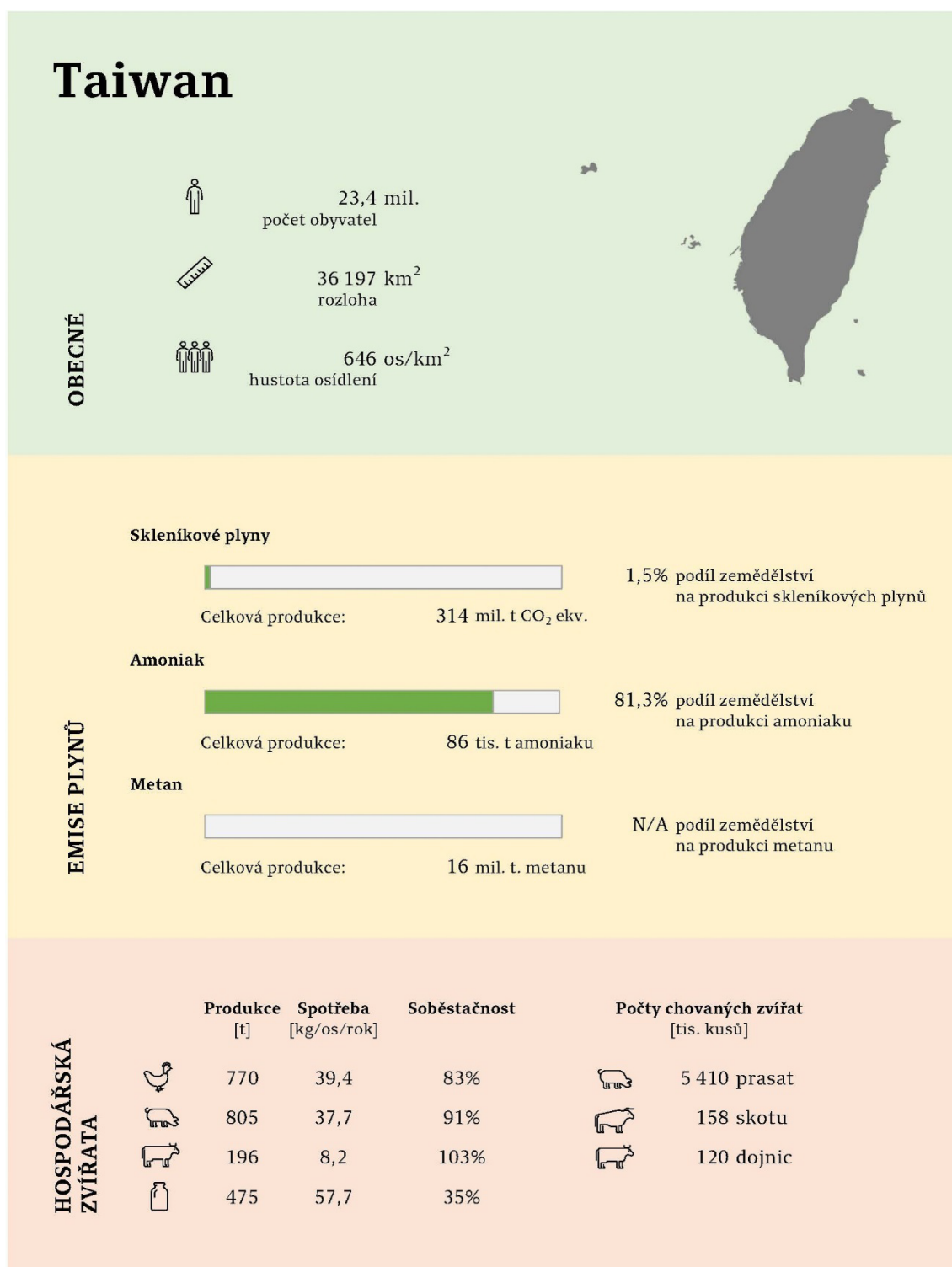
Obrázek 2.62: Stropní část pro distribuci podestýlky

Kejda je distribuována do uzavřené podzemní jímky (Obrázek 2.63), která je z prostorových důvodů vybudována pod ustajovací halou. Jímka je uzavřena z důvodu snížení produkce emisí a obtěžování zápachem.



Obrázek 2.63: Uzavřená podzemní jímka

2.8 Taiwan



Taiwan je ostrovní stát s hornatou oblastí, která ho rozděluje středem ostrova od severu k jihu. Na rozloze, která je srovnatelná přibližně s polovinou ČR žije přes 20 milionu obyvatel, kteří jsou většinou situováni v rozlehlých městech a aglomeracích na pobřežních oblastech. Z pohledu klimatických podmínek spadá do subtropického až tropického klimatického pásma. Zemědělství je zde provozováno zejména lokálními a rodinnými farmami. Z důvodů klimatických podmínek a typologie ostrova převažuje rostlinná produkce nad živočišnou. Z pohledu živočišné produkce je velice rozšířen chov prasat, drůbeže, zejména brojlerů, nosnic a kachen, ty jsou koncentrovány v intenzivních chovech. Taiwan jako ostrovní stát velice přísně dodržuje biosecurity ve vztahu k šíření nemocí, které by ohrožovaly místní populaci (ptačí chřipka, africký mor prasat, apod). V minulosti se místní chovy potýkaly s nemocemi, jako je slintavka, kulhavka či ptačí chřipka.

Na území Taiwanu bylo v roce 2022 chováno 5,41 mil. kusů prasat (FAO, 2023a), 158 tis. kusů skotu a vyprodukováno bylo 770 tis. tun drůbežího masa (FAO, 2022). I když se zdá, že na Taiwanu se chová malé množství zvířat, oproti roku 1965 došlo k nárůstu o více než polovinu (55 %) (FAO, 2023b).

Produkce emisí skleníkových plynů na Taiwanu v roce 2021 dosáhla 313,76 mil. t CO₂ ekv. (Jones et al., 2024d), z toho se zemědělství podílelo pouze 1,5 % (Climate Watch, 2024). Ve stejném roce bylo vyprodukováno 85,98 tis. t amoniaku (Community Emissions Data System, 2024) a 16,14 mil. t metanu (Jones et al., 2024e).

I přes to, že zemědělství nemá na produkci emisí skleníkových plynů na Taiwanu významný podíl je v zájmu místní vlády jejich snižování. Jelikož je energetický průmysl velkým producentem uvedených emisí, je Taiwan motivován k využití šetrnější zdrojů. Tyto dvě problematiky plánuje řešit implementací technologií pro využití energetického potenciálu bioplynu jímáního z biologicky rozložitelných materiálů jako je kejda, chlévská mrva či drůbeží trus. Teoretický potenciál pro plánovanou výrobu je 2 304 GWh elektrické energie ročně, pokud by se využil veškerý vyprodukovaný hnůj na ostrově (Hu et al., 2024).

Hlavní výzvou pro sektor živočišné produkce na Taiwanu je zajištění chovného welfare z pohledu tepelného stresu. Poloha ostrova, klimatické podmínky a globální změny se přímo promítají do chovných technologií. Udržení vhodných mikroklimatických podmínek je stále těžší zejména v intenzivních velkokapacitních chovech. Správný chod technologií je energeticky náročný. Na základě uvedených informací stále více farem zavádí technologie pro získání elektrické energie z obnovitelných zdrojů.

Chov skotu

Na Taiwanu byla navštívena rodinná farma v oblasti Taichung, která se zabývala chovem dojníc. Jednalo se o stádo o velikosti cca 50 kusů plemena Holštýn. Stáj byla tvořena střešní konstrukcí s otevřenými boky i čely (Obrázek 2.64). Dojnice byly ustájeny na pevné podlaze bez podestýlky. Byly rozděleny do dvou sekcí a z každé měli umožněn průchod na přilehlou malou pastvu (Obrázek 2.65). Dojnice v laktaci byly umístěny ve větší sekci, kde byl umístěn dojící robot. Kejda byla vyhrnována pomocí manipulátoru do betonové jímky, kde byla separována (Obrázek 2.66). Separát byl sušen v hromadách na slunci a využíván jako hnojivo (Obrázek 2.67).



Obrázek 2.64: Hala pro chov dojnic



Obrázek 2.65: Volný přístup dojnic na přilehlou pastvu



Obrázek 2.66: Betonová jímka na kejdu



Obrázek 2.67: Sušení a skladování separátu

Ke snížení vnitřní teploty byly využívány tlakové trysky pro rozstřik vodní mlhy v kombinaci s ventilátory. Telata byla umístěna v uzavřeném teletníku v individuálním (Obrázek 2.68) a skupinovém ustájení (Obrázek 2.69). Krmná směs byla připravována v krmném kontejneru (Obrázek 2.70) a poté pomocí manipulátoru převezena na krmný žlab.



Obrázek 2.68: Individuální ustájení telat v teletníku



Obrázek 2.69: Skupinové ustájení telat v teletníku



Obrázek 2.70: Krmný kontejner pro přípravu krmiva

Chov drůbeže

Další navštívenou farmou byla lokální farma pro produkci vajec a drůbežího masa. Součástí farmy byla malokapacitní porážka výkrmových brojlerů využívána i okolními producenty. Chovy byly umístěny v jednoduchých plechových halách, kdy dolní polovina bočních stěn byla otevřena a zakryta pletivem, ale bylo možné je překrýt stahovací plachtou (Obrázek 2.71). Ventilace je řešena jako podtlaková, kdy v zadní straně haly jsou stěnové ventilátory a přední strana haly je konstruována z perforovaného jádra (Obrázek 2.72), které je z venkovní strany skráceno vodou. Uvedené technologie slouží ke snížení vnitřní teploty.

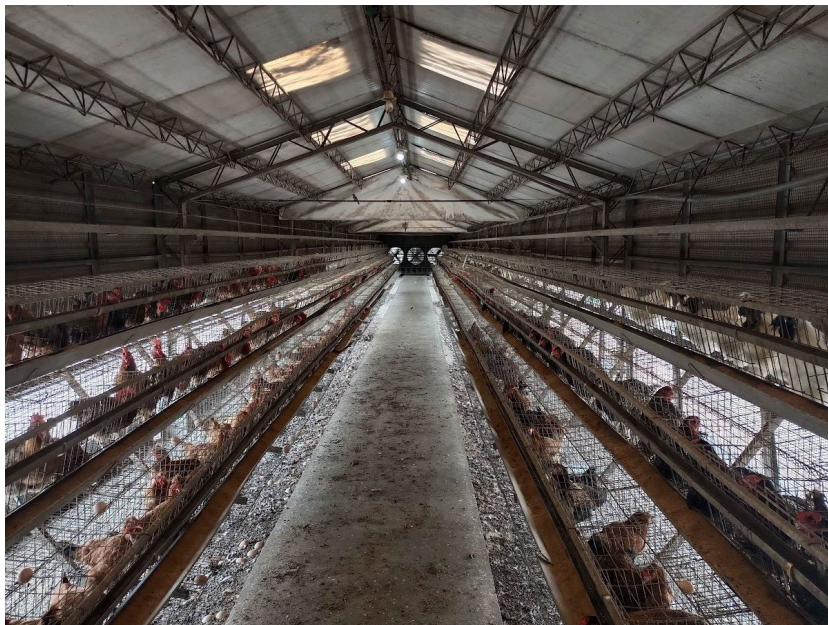


Obrázek 2.71: Hala pro chov nosnic



Obrázek 2.72: Perforované jádro čelní stěny

V chovu byla využito klecové technologie pro ustájení nosnic (Obrázek 2.73). Chovy nemusí být z důvodu klimatických podmínek vytápěny. Klece byly ve třech úrovních. Jednalo se o neobohacené klece. Každá nosnice měla k dispozici jen krmný žlab a kolíkovou napáječku. Distribuce krmiva a vody byla automatizována. Prostor byl vyhrazen pro každou nosnici ocelovými zábranami (Obrázek 2.74).



Obrázek 2.73: Klecová technologie pro ustájení nosnic



Obrázek 2.74: Vyhrazení místo pro každou nosnici v klecích

Uvedené technologie jsou typické zejména pro rodinné a lokální farmy. Taiwan se nachází v subtropické oblasti s vysokou teplotou a vlhkostí. V létě zde často řadí tajfuny a přivalové deště. Obecně prostředí otevřených drůbežáren má velký vliv na produkční výkonnost drůbeže, na druhou stranu jsou otevřené drůbežárny snadno napadnutelné divokými zvířaty, což také zvyšuje obtížnost řízení krmení a prevence nemocí. Intenzivní chov nosnic je na Taiwanu provozován v obohacených klecích (Obrázek 2.75) a v moderních výkrmových halách. Haly jsou náročné zejména na udržení mikroklimatických podmínek. Například Dawushan Farm, která se nachází v oblasti Pingtung využívá k udržení vhodných mikroklimatických podmínek chladicí jednotky. Jejich provoz je náročný na spotřebu elektrické energie, kterou si ale farma vyrábí pomocí solárních panelů umístěných na střeše budov (Obrázek 2.76). Farma má také vybudovanou vlastní kompostovací technologii, kde zpracovává vyprodukovaný trus a jako hnojivo ho distribuuje místním zemědělcům (Yu, 2024).



Obrázek 2.75: Obohacené klece v chovu nosnic (Yu, 2024)



Obrázek 2.76: Intenzivní chovy nosnic na Taiwanu (Yu, 2024)

Chov prasat

Intenzivní chovy prasat jsou na Taiwanu soustřeďovány do velkých farem, které jsou lokalizovány mimo hustě obydlené oblasti. Například farma Dong Hai Feng v okrese Pingtung vznikla v roce 2020 rekonstrukcí původních hal a je provozována na principu cirkulárního zemědělství. Aktuální kapacita farmy je přibližně 10 000 kusů prasat na výkrm. Hlavní doménou farmy je technologie na jímání bioplynu z fermentačního procesu kejdy (Obrázek 2.77) a jeho transformaci na elektrickou energii. Elektrická energie je na farmě také vyráběna solárními panely (Obrázek 2.78) umístěnými na střeše budovy. Kejda je do skladovacích uzavřených nádrží čerpána podzemním potrubím. Digestát, který projde technologií, je separován, kompostován a využíván jako hnojivo okolními farmáři. Fugát je upraven tak, aby splnil normy pro odpadní vody, a je využíván k zavlažování. Skladuje se v otevřených betonových lagunách. V technologii je zpracována kejda i od okolních farmářů či odpad od zpracovatelů ovoce ([Taisugar.com](https://taisugar.com), 2024).

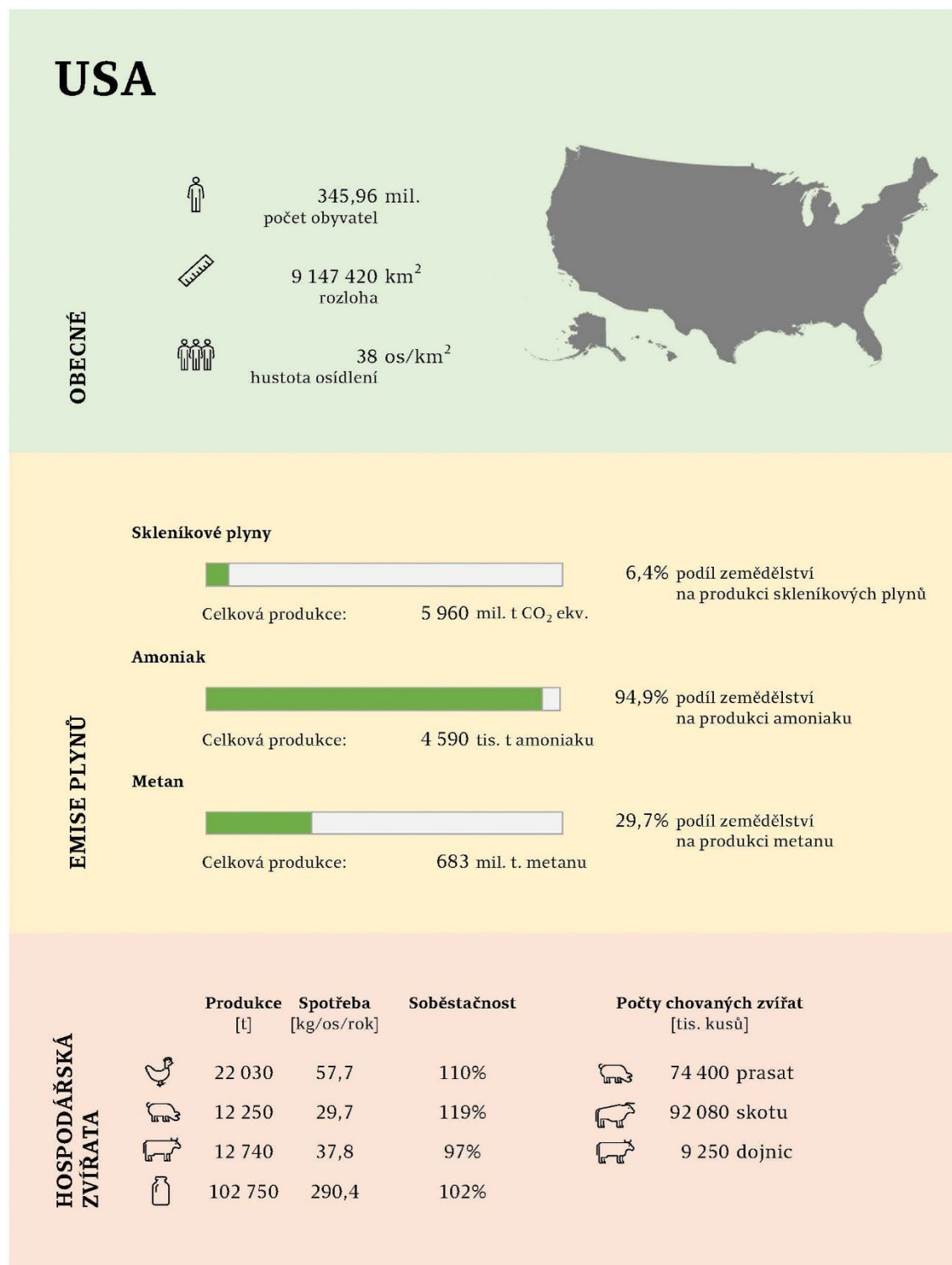


Obrázek 2.77: Pohled na farmu včetně technologie pro jímání bioplynu ([Taisugar.com](https://taisugar.com), 2024)



Obrázek 2.78: Pohled na chovné haly se solárními panely ([Taisugar.com](https://taisugar.com), 2024)

2.9 USA



Spojené státy americké (USA) se vyznačují velmi intenzivní zemědělskou produkcí. Ne každý stát je svojí charakteristikou uzpůsobený pro zemědělství, proto v USA vznikly ryze zemědělské oblasti. V některých oblastech je tato produkce závislá na umělém zavlažování zemědělských plodin i v podmínkách polní produkce. Pro USA jsou typické velkoplošné intenzivní farmy, ale své místo mají i tradiční rodinné podniky. Ty ale obhospodařují ve srovnání s EU o dost větší plochy a starají se o větší počty hospodářských zvířat. To je dáno zejména velkým podílem automatizace a využití prvků precizního zemědělství. Vzhledem ke klimatickým podmínkám v různých částech USA jsou tyto farmy závislé na množství vstupů, zejména vody. To klade nároky na výstupy, proto se v USA velice dbá na celkovou užitkovost, například při produkci mléka.

V roce 2022 bylo v USA chováno celkem 92,08 mil. kusů skotu (FAO, 2023b). Státy, ve kterých převažují chovy skotu pro masnou produkci, jsou podle zdrojů z roku 2019 Texas (4,52 mil. kusů), Oklahoma (2,09 mil. kusů), Missouri (2,09 mil. kusů), Nebraska (1,91 mil. kusů) a Jižní Dakota (1,75 mil. kusů). Státy s převažujícím podílem mléčné produkce jsou Kalifornie (1,73 mil. kusů) a Wisconsin (1,27 mil. kusů) (USDA, 2022).

V kategorii prasat bylo v roce 2022 v USA chováno 74,04 mil. kusů (FAO, 2023a). Největšími chovateli jsou podle údajů z roku 2019 Iowa (25,1 mil. kusů), Severní Carolina (9,5 mil. kusů), a Minnesota (9,5 mil. kusů) (USDA, 2022).

Spojené státy americké se řadí mezi jedny z největších producentů skleníkových plynů na světě. V roce 2021 vyprodukovali 5,96 mld. t CO₂ ekv. skleníkových plynů (Jones et al., 2024d). Zemědělství se na této produkci podílelo 6,4 % (Climate Watch, 2024). Ve stejném roce bylo v USA vyprodukováno 4,59 mil. t amoniaku (Community Emissions Data System, 2024) a 682,8 mil. t metanu (Jones et al., 2024e). Produkce metanu ve Spojených státech dlouhodobě klesá již od roku 1980. Zemědělství se na produkci metanu podílí 30 % (Climate Watch, 2023). Přibližně 27,1 % emisí metanu pochází z enterické fermentace a 9,4 % z nakládání s hnojem (EPA, 2024c).

K odhadu vyprodukovaných emisí se používá mezinárodně uznávaných metod s využitím emisních faktorů uvedených v IPCC. Je využíváno všech třech úrovní pro odhad emisí, například pro odhad emisí metanu z enterické fermentace skotu se využívá metodiky IPCC úrovně 2. Pro ostatní zvířata (koně, ovce, ...) se využívá metodiky s úrovní 1 (EPA, 2021).

Americká Agentura pro Ochranu Životního Prostředí (United States Environmental Protection Agency – USEPA) spolu s Ministerstvem zemědělství Spojených států (United States Department of Agriculture – USDA) spolupracují na aktualizování emisních faktorů. Proto byla provedena Národní studie monitorování emisí ovzduší (The National Air Emissions Monitoring Study), která vypracovává vědecké metodiky za účelem vývoje emisních modelů pro odhad emisí z intenzivních chovů hospodářských zvířat (brojleři, nosnice, prasata a dojnice). Po dobu dvou let byly monitorovány chovy a také technologie pro skladování a aplikaci hnoje v deseti státech USA. Byla zaměřena zejména na emise amoniaku, metanu, sirovodíku, pevných částic a těkavých organických látek. Návrh závazných metodik pro odhad emisí uvolňovaných do ovzduší z intenzivních chovů hospodářských zvířat bude podle USEPA zveřejněn na jaře 2025 (EPA, 2024d).

S rozvojem intenzivní živočišné produkce byly v USA zavedeny také předpisy, které vyžadují od zemědělců řádné zpracování a skladování hnoje před jeho opětovným použitím či vypouštěním kalů do okolních vodotečí. V roce 2011 USEPA revidovala zákony o čistotě vody s cílem kontrolovat odtok živin z hnoje z intenzivních chovů hospodářských zvířat a navrhla přijetí plánů hospodaření s živinami. USEPA a státní povolenací orgány mohou pravidelně kontrolovat zařízení, která podléhají těmto předpisům. Jsou prováděny zejména dva typy inspekci:

1. Inspekce, které pomáhají rozhodnout, zda zařízení spadá do intenzivních chovů hospodářských zvířat (Concentrated Animal Feeding Operation – CAFO) a zda vypouštělo nebo vypouští znečišťující látky do vod USA bez povolení.
2. Inspekce, jejichž cílem je zjistit, zda povolená CAFO dodržuje své povolení z Národního systému pro eliminaci vypouštění znečišťujících látek (National Pollutant Discharge Elimination System – NPDES).

U povolených zařízení CAFO jako povoluující orgán monitoruje všechny předložené informace, včetně výroční zprávy a plánu hospodaření s živinami na farmě (EPA, 2024e).

Emisní faktory uvedené IPCC nemusí být podle Varma a kol., (2021) a dalších vědců provádějících výzkumné studie v USA, tak přesné a doporučují se také zaměřit na využití metod LCA či detailně zhodnotit systémy nakládání s hnojem (*manure management systems*) a jejich porovnání s emisními faktory. Systémy nakládání s hnojem (Obrázek 2.79) zahrnují jeho sběr, zpracování či úpravu, skladování a aplikaci na půdu.



Obrázek 2.79: Používané systémy nakládání s hnojem v USA (Varma et al., 2021)

Systém nakládání s hnojem zahrnuje šest hlavních funkčních složek: produkci hnoje, sběr, skladování, zpracování, převoz a aplikaci. Tyto složky jsou výslovně navrženy tak, aby splňovaly cíle jednotlivých zemědělských podniků. Proto se kombinace těchto samostatných operací liší podle konkrétních potřeb. Návrh systému nakládání s hnojem komplikuje skutečnost, že hnůj může měnit hmotnost, objem, konzistenci a obsah živin během růstového cyklu zvířat nebo při změně krmné dávky. Surový hnůj složený z moči a tuhých výkalů může dále obsahovat zbytky krmiva, podestýlky (pokud se používá), pitné vody či vody určené ke splachování hnoje z ustájení. Skladování zahrnuje také odpadní vody z čištění ustájení a kotců, dojíren, sanitace, odtékající vodu ze silážních jam, prostorů pro sušení hnoje či přímých srážek. Z hlediska objektivní vyčíslení emisí je zásadní pečlivě určit vstupní zdroje pro odhad environmentálních dopadů, protože špatný odhad vstupních proměnných pro LCA a systémů nakládání s hnojem by mohlo ovlivnit přesnost modelu (Varma et al., 2021).

Prioritní opatření pro snížení emisí z intenzivních chovů v USA jsou podle (EPA, 2024f; EPA, 2024g; Smith et al., 2014):

- Zlepšení kvality pastvin a zlepšení chovatelských postupů či šlechtění za účelem zvýšení produktivity hospodářských zvířat, což může snížit množství vyprodukovaného metanu na chovaný kus.
- Využití efektivního pastevního managementu pro zabránění snižování kvality pastvy a snížení jejího nadměrného přesycení živinami.

- Skladování hnoje v anaerobních lagunách s cílem maximalizovat produkci metanu a jeho následné zachycování pro využití jako energetické náhrady fosilních paliv.
- Vylepšená krmiva a dietetické přísady ke snížení emisí z enterické fermentace skotu a produkce emisí amoniaku z výkalů prasat a drůbeže.
- Využití biofiltrů a praček vzduchu pro čištění vzduchu proudícího z chovných hal.
- Aplikace hnoje či kalů na ornou půdu a pastviny na denní bázi, snížení produkce emisí při jeho dlouhodobém skladování, či snížení doby skladování o několik měsíců.
- Kompostování pomocí aerobní rozkladu hnoje nebo jiného organického materiálu mikroorganismy v řízeném systému. Existují různé metody kompostování:
 - Kompostování v provzdušňované statické hromadě (kompostování v hromadách s nuceným provzdušňováním, ale bez míchání).
 - Kompostování v intenzivních hromadách (s pravidelným převracením za účelem promíchání a provzdušnění).
 - Kompostování v pasivních překopávkách (s občasným překopáváním za účelem promíchání a provzdušnění).
- Technologie separace (Obrázek 2.80) pro oddělení pevných látek od kapalných. Využívá se pro separaci pevných látek ze skladovacích struktur nebo lagun, zlepšení čerpacích charakteristik, snížení organického zatížení laguny.



Obrázek 2.80: Separovaná kejda využita jako podestýlka

- Sušení hnoje, kejdy či separátu zahrnuje některou z různých metod snižování obsahu vlhkosti v hnoji, aby se dosáhlo obsahu sušiny 13 % nebo více. Sušení hnoje se běžně používá proto, aby bylo možné hnůj snadněji skladovat nebo přepravovat. Mezi postupy sušení patří:
 - Sušení na slunci – hnůj se suší na zpevněném nebo nezpevněném pozemku s přímým slunečním zářením a nahromaděný hnůj (Obrázek 2.81) se může pravidelně odstraňovat.



Obrázek 2.81: Předsušení separátu na volných venkovních plochách

- Uzavřené sušení – hnůj se suší v zastřešené hale sušárny, která zvyšuje účinnost sušení, blokuje srážky a zadržuje odtok.
- Nucené odpařování pomocí sušiček s pohonem – hnůj se suší pomocí sušiček využívajících zemní plyn nebo jiná paliva.
- Sušení pomocí stávajících zdrojů tepla – využití zbytkového tepla ze stájí k sušení hnoje pomocí ventilátorů, které cirkulují teplý vzduch, odvádějí vlhkost tepelnou konvekcí a snižují emise amoniaku.
- Zakrývání otevřených jímek či lagun pomocí polopropustných krytů nebo přírodními či uměle vytvořenými krustami. Tyto kryty mohou snížit množství emisí metanu, amoniaku a zápachu. Lze použít geotextilii, slámu, dřevěné štěpky či indukované nebo přírodní krusty (Obrázek 2.82).



Obrázek 2.82: Venkovní laguna s přírodní krustou

- Přechod z kejdivého systému na volné ustájení s kompostovým ložem (*compost-bedded pack barns*) (Obrázek 2.83). Podestýlku lze po odstranění a použít jako hnojivo nebo dále kompostovat.



Obrázek 2.83: Ustájení s kompostovým ložem (*compost-bedded pack barns*)

2.9.1 Kalifornie

Kalifornie je tradiční a ekonomicky velmi silná zemědělská oblast v USA. Má největší počet chovaných zvířat v kategorii dojnic a je lídrem v produkci mléka ze všech států USA. Toto prvenství sebou nese i výraznou produkci emisí zejména amoniaku a metanu, což si uvědomuje i místní vláda a snaží se zemědělce finančně motivovat při zavádění technologií a postupů při jejich snižování.

Emise metanu z uskladnění kejdy a entericky produkováného metanu dojnícemi představují téměř polovinu všech ročních emisí metanu v Kalifornii, přičemž na uskladnění kejdy připadá 25 % (9,78 mil. t CO₂ ekv.) a na enterickou fermentaci 20 % (7,56 mil. t CO₂ ekv.) (EI Mashad et al., 2023). Vláda státu Kalifornie si dala za cíl do roku 2030 snížit roční produkci metanu o 40 %, to je 7,2 mil. t CO₂ ekv. Od roku 2015 do roku 2024 kalifornské farmy snížily produkci metanu již o 2,2 mil. t CO₂ ekv. ročně. Ke splnění tohoto cíle předpokládá využití různých definovaných přístupů. Zvýšením užitkovosti docílit poklesu stavu skotu a snížit produkci o 2,6–3,32 mil. t CO₂ ekv. za rok. Využitím krmných aditiv snížit produkci enterického metanu o 0,25–2 mil. t CO₂ ekv. za rok. Alternativním využitím kejdy snížit produkci metanu o až 5,12 mil. t CO₂ ekv. za rok (Mitloehner, 2024).

Právě alternativní využití plynů vznikajících při skladování kejdy je aktuálně v Kalifornii hodně podporovaný směr. Plyny vznikající při skladování kejdy v lagunách či ve speciálních fermentorech lze následně využít jako palivo pro spalovací motory. Výsledný produkt biometan je spotřebován v místě produkce či distribuován do speciálních plnicích stanic. Zemědělci také mají na tento druh paliva uzpůsobenou svoji zemědělskou techniku.

Technologie anaerobní fermentace pro snižování emisí metanu z intenzivních chovů dojníc

V kalifornských mléčných farmách se provádí odklíz exkrementů z ustájení dojníc pomocí splachovacích nebo shrnovacích systémů. Nejběžnější technologií je odstraňování exkrementů splachováním pomocí recyklované vody z lagun (Kaffka et al., 2016). To je prováděno několikrát denně a voda spolu s exkrementy a močí je splachována právě do lagun. V otevřených lagunách je skladována kejda a dochází zde k anaerobnímu biochemickému rozkladu organických látek, jehož výsledkem je produkce metanu. Tato technologie uskladnění kejdy s následnou recyklací vody je snadná na provoz a obsluhu (CDFA, 2022).

Za účelem dosažení udržitelnosti na mléčných farmách a splnění státních předpisů týkajících se snížení látek znečišťujících ovzduší a klima zavádí mléčné farmy technologie, jako je anaerobní fermentace a alternativní technologie nakládání s kejdou. Kromě toho byly v Kalifornii zavedeny vládní pobídkové programy na částečné financování těchto technologií pro farmy (EI-Mashad et al., 2023). Při anaerobní digesti organických zdrojů jako je kejda vzniká obnovitelný zemní plyn (*renewable natural gas*), známý jako biometan. Metan vyrobený z organických zdrojů je upravený na požadované normy a komerčně využíván. Pro efektivní přeměnu na biometan vyžaduje buď anaerobní digesti s následným čištěním a úpravou bioplynu, nebo zplyňování se syntézou metanu (Parker, 2017).

Pro efektivní jímání vzniklého bioplynu lze využít zakrytí lagun pomocí neprodyšných materiálů (Obrázek 2.84). Takovýto přístup je cenově příznivý, protože lze využít již vytvořených lagun. Další možnosti jsou různé konstrukce reaktorových nebo nádržových fermentorů (Obrázek 2.85), které nabízejí vyšší výtěžnost biometanu, ale za cenu vyšších investičních nákladů vyplývajících z výstavby nadzemního systému nádrží (Parker, 2017). Fermentory lze konfigurovat a provozovat tak, aby produkovaly metan s různou úrovní čistoty. Nejjednodušší konfigurace produkuje bioplyn složený přibližně z 50 % metanu, 50 % oxidu uhličitého a stopového množství dalších nečistot. Anaerobní fermentace využívá mikroorganismy k přeměně organických materiálů na bioplyn za nepřítomnosti kyslíku. Mezi tyto mikroorganismy patří anaerobní bakterie a metanogenní archea (EI Mashad et al., 2020). Anaerobní rozklad běžně probíhá za psychrofilních (<25 °C), mezofilních (25–45 °C) a termofilních (45–65 °C) podmínek. V komerčních fermentačních zařízeních se nejčastěji používají mezofilní a termofilní teploty. Psychrofilní fermentace však může probíhat i za mírnějších podmínek. Při psychrofilních teplotách probíhají chemické a biologické reakce mnohem pomaleji než při mezofilních a termofilních teplotách (Lettinga et al., 2001).



Obrázek 2.84: Zakrytí lagun pomocí neprodyšného materiálu (Mitloehner, 2022)



Obrázek 2.85: Nadzemní kontinuální reaktor s technologií promíchávání kejdy (BioCycle, 2012)

Anaerobní fermentory, které snižují emise metanu výrobou bioenergie ve formě bioplynu, byly v Kalifornii instalovány pouze na méně než 2 % mléčných farem kvůli vysokým nákladům na instalaci. S cílem zvýšit počet fermentorů na mléčných farmách spravuje kalifornské ministerstvo pro potraviny a zemědělství (CDFA) od roku 2015 Program výzkumu a vývoje fermentorů pro mléčné farmy (DDRDP). Program DDRDP uděluje soutěžní granty na zavádění fermentorů s cílem snížit emise metanu z kalifornských mléčných farem s jejich efektivním využitím (CDFA, 2022). To se nabízí v odvětví dopravy (Obrázek 2.86), které je obzvláště zajímavým koncovým spotřebitelem biometanu vzhledem k rostoucí poptávce po vozidlech na zemní plyn a politikám, které poskytují podporu pro obnovitelná a nízkouhlíková paliva. Kromě toho mají paliva v dopravě obecně vyšší ceny za jednotku energie ve srovnání s jinými odvětvími, což poskytuje větší ekonomickou motivaci pro alternativy, jako je obnovitelný zemní plyn (Parker, 2017).



Obrázek 2.86: Čerpací stanice na biometan v majetku mléčné farmy (Mitloehner, 2022)

Dostupné technologie pro snižování emisí z uskladnění kejdy v Kalifornii

V Kalifornii jsou využívány další technologie, které nejsou tak účinné jako jímání plynů z anaerobní digesce, ale svým charakterem mohou sloužit pro snížení vyprodukovaných emisí. Cestou by mohl být přechod ze strategie odkluzu exkrementů pomocí splachování na technologii odkluzu pomocí shrnování. Tento způsob má potenciál snížit emise metanu a dalších plynů odkloněním tuhých složek kejdy ze skladovacích lagun. Hospodaření se shrnutým hnojem může mít nižší emise metanu než splachovací systémy a hnůj lze zpracovávat pomocí přirozeného sušení v otevřených či uzavřených zpevněných plochách, nuceným sušením v technologiích využívajících zemní plyn či kompostováním (Kaffka et al., 2016).

Mechanické separátory

Mechanické separátory jsou běžným systémem používaným k odstraňování tuhých látek z kejdy před uskladněním v lagunách. Zahrnují stacionární síta, rotační bubny či šnekové lisy. Pevné částice se oddělují průchodem kejdy přes plochá síta nebo přes síta rotačních bubnů s různou velikostí otvorů. Pevné látky s velikostí částic větší než otvory síta se oddělují, zatímco kapalná frakce prochází otvory (El-Mashad et al., 2023). Separace kejdy před uskladněním v lagunách pracuje s hypotézou, že tento postup sníží emise metanu, protože se sníží organické zatížení lagun. Tuto hypotézu potvrzují také autoři Witarsa a Lansing (2015) a Edalati et al. (2023). Separát se poté suší na hromadách a používá jako podestýlka či jako hnojivo.

Nejenom v Kalifornii je stále více populární technologie ustájení s kompostovým ložem (*compost-bedded pack barns*), který má potenciál pro lepší welfare (Obrázek 2.87). Vizí uvedeného systému je dojnícím nabídnout otevřený prostor pro odpočinek namísto betonových uliček a jednotlivých boxů. Optimální hustota ustájení se udává od 7,4 do 15 m² na dojnici (Leso et al., 2020). Nejlepší podestýlkové materiály pro stáje s kompostovým ložem by měly mít dobrou fyzikální strukturu, dobrou schopnost absorpce vody, méně než 25 % počáteční vlhkosti a velikost jednotlivých frakcí menší než 2,5 cm. Využívá se pilin, kukuřičných klasů, jemné štěpky, sušeného hnoje, skořápek ořechů či sójové slámy. Každý z těchto materiálů lze použít samostatně nebo ve směsi s jinými materiály. V zásypu se může hromadit stelivo až do hloubky 1,2 m. Podestýlka se obvykle zpracovává pomocí kultivátoru, dlátového pluhu nebo rotačního kypřiče (Obrázek 2.88). Hloubka zpracování půdy je obvykle přibližně 25 cm. Podestýlka by měla být řádně upravena, aby se podpořila mikrobiální aktivita. Počet denních obracení se pohybuje od jednoho do tří v závislosti na povětrnostních podmínkách, typu podestýlky, ploše, kterou má každá kráva ve stáji k dispozici, a na managementu farmy (Shane et al., 2010).



Obrázek 2.87: Technologie volného ustájení s kompostovým ložem (De Boer a Wiersma, 2021)



Obrázek 2.88: Podestýlka se musí minimálně jednou denně kultivovat (Andrade et al., 2022)

Mezi hlavní uváděné přínosy patří zejména lepší pohodlí při odpočinku, zdravotní stav paznehtů a přirozenější chování zvířat. Výzkumy také ukazují, že lze dosáhnout odpovídajícího zdraví vemene. Nicméně zlepšení zdravotního stavu krav může vyvážit vyšší náklady na management podestýlky (Leso et al., 2020).

Technologie jímek se slévací stěnou

Systém jímek se slévací stěnou (*weeping wall system*) je definován jako usazovací nádrž s velkou odvodňovací plochou (Meyer et al., 2004). Ve srovnání s mechanickými separačními technologiemi může slévací stěna poskytovat několik výhod, mezi něž patří: nižší energetické nároky, minimální požadavky na vybavení a nižší náklady na opravy a údržbu (Mukhtar et al., 2011). Obecně se systémy slévacích stěn skládají z více jímek, obvykle 2–4 (Obrázek 2.89). Každá jímka je samostatná konstrukce s betonovou podlahou. Tři strany jímky (Obrázek 2.90) jsou konstruovány pomocí šterbinového betonu, vodorovných dřevěných lamel nebo zástěn podepřených betonovými sloupky (Houlbrooke et al., 2011). Čtvrtá strana slouží jako vstupní rampa pro plnění a vyprazdňování jímky. Zatímco kapalná složka proudí z jímky, pevné složky se hromadí uvnitř. Vypuštěná tekutá složka se obvykle skladuje v otevřených lagunách, dokud se nepoužije k zavlažování. Pevné látky nahromaděné v jímce fungují jako filtr, který pomáhá zachycovat další pevné látky. Jakmile je jímka naplněna pevnými částicemi hnoje, nechá se po určenou dobu, obvykle po dobu dvou až čtyř týdnů dále vypouštět a vysoušet. Zatímco naplněná jímka dále vysychá, spláchnutý hnůj ze stáji se odvádí do jiné prázdné jímky. Po odvodnění se nahromaděné pevné látky odstraní pomocí bagru nebo čelního nakladače. Poté se tuhá hmota odváží na pole nebo se kompostuje (El-Mashad et al., 2023).



Obrázek 2.89: Technologie jímek se slévací stěnou (Mukhtar et al., 2011)



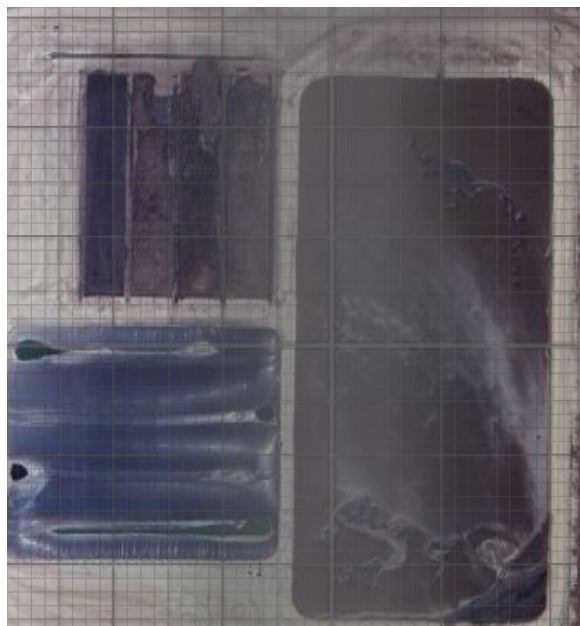
Obrázek 2.90: Detailní pohled na provedení slévací stěny (Mukhtar et al., 2011)

Výroba elektrické energie bez spalovacího procesu

V roce 2021 bylo v Kalifornii na farmě BAR 20 DAIRY nainstalován fermentor na jímání metanu pomocí, kterého jsou napájeny palivové články *Bloom Energy* (Obrázek 2.91), které vyrábějí obnovitelnou elektrickou energii. Prostřednictvím partnerství se společností *BMW North America* dodávají do sítě elektrickou energii vyrobenou bez spalovacího procesu. Její výroba je založena na principu elektrochemické reakce. Vyrobená energie z obnovitelných zdrojů vede ke snížení emisí uhlíku, které odpovídá produkci čisté energie pro více než 17 000 elektrických vozidel ročně. Metanový fermentor zachytí během roku více než 25 000 tun emisí CO_2 , což se rovná množství uhlíku, které za jeden rok absorbuje přibližně 12 140 ha amerických lesů. Kapacita farmy je 7 000 kusů dojníc (International Dairy Foods Association, 2023).



Obrázek 2.91: Výroba elektrické energie pomocí bez spalovacího procesu bioplynu



Obrázek 2.92: Letecký pohled na farmu Bar 20 Dairy Farms v Kalifornii, která kombinuje technologii otevřené laguny, jímek se slévací stěnou a jímání bioplynu se zakrytou jímkou (Google Maps, b.r.b)

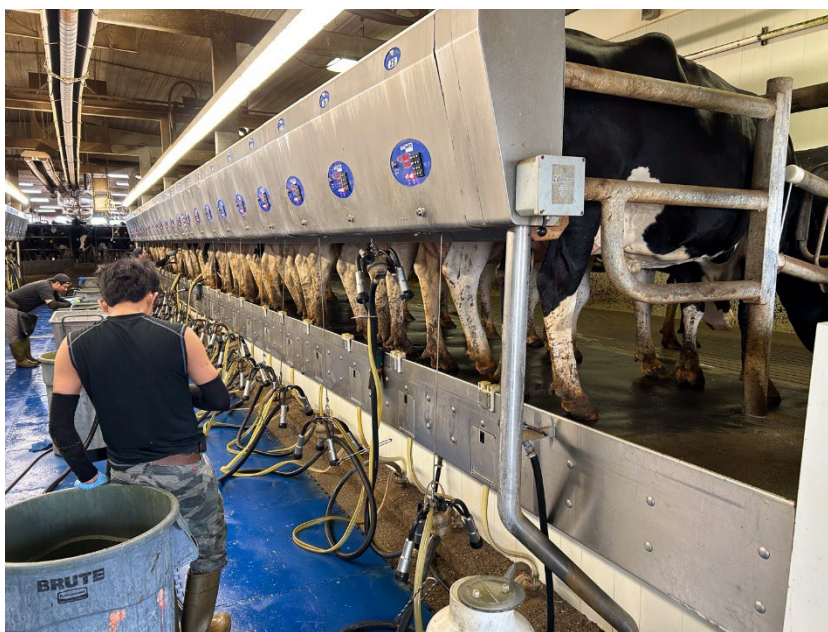
2.9.2 Nebraska

Ve státě Nebraska byly navštívené farmy v oblasti Leigh, které se zabývaly smíšenou živočišnou a rostlinnou produkcí. Jednalo se o rodinné farmy, které ale obhospodařovaly velké plochy s velkým množstvím hospodářských zvířat oproti farmám v EU. Zemědělci využívali pokrokových technologií precizního zemědělství, aby mohli dosáhnout efektivního managementu.

Dvakrát za rok je zemědělec kontrolován na produkci nitrátů, musí si vést evidenci, kolik dusíku aplikuje na svá pole. Kontroly jsou prováděny Ministerstvem životního prostředí a energetiky státu Nebraska (Nebraska Department of Environment and Energy).

Chov Dojnic

V navštívené farmě bylo ustájeno 1 700 kusů dojnic Holštýnského plemene. Krmivo bylo složeno z 50 % kukuřičnou siláží a z 50 % směsí siláže z vojtěšky a sóji. Krmení je prováděno jednou denně pomocí krmných vozů. Dojírna byla řešena jako side-by-side s kapacitou 2x24 stání (Obrázek 2.93), kdy technologie v podobě směšovačů mléka, průtokoměrů a dojícího potrubí byla umístěná ve sklepním prostoru pod dojící uličkou (Obrázek 2.94). Dojení je prováděno třikrát denně. Výkupní cena v roce 2024 byla 22 USD za 100 liber (cca 45,5 l) mléka. Neprovádí se kontroly užitkovosti u každé dojnice jako v ČR, jedinou zpětnou vazbu o složení mléka mají od společnosti, která ho vykupuje (bazénový vzorek).



Obrázek 2.93: Dojírna side by side s kapacitou 2x24 stání



Obrázek 2.94: Zázemí pro část technologie dojení v prostoru pod dojící uličkou

Hala pro ustájení dojnic (Obrázek 2.95) je konstruována z plechů uchycených na ocelové konstrukci. Hala (Obrázek 2.96) je vzdušná s hřebenovou štěrbinou a opatřena ventilátory umístěnými nad ustajovací plochou. Boční strany haly jsou otevřené bez stahovacích rolet. Při překročení teploty 80 F (26,6 °C) jsou dojnice chlazeny pomocí přímého rozstřiku chladící vody.



Obrázek 2.95: Hala pro ustájení dojnic



Obrázek 2.96: Konstrukce haly pro ustájení dojnic

Pro ustájení je použita plná podlaha s podélnými drážkami. To má zejména souvislost s managementem odklizu exkrementů. Ten je prováděn jednou denně v období přehánění zvířat na dojení. Hala je pomocí podélné středové krmné chodby a příčné uličky (Obrázek 2.97) na odklíz exkrementů rozdělena na čtyři identické chovné sekce. Celá podlaha je spádována z obou stran od začátku haly ke středové příčné uličce ve sklonu cca 3–5°. Odklíz exkrementů je prováděn proudem vody (Obrázek 2.98), která je čerpána do prostoru hnojných chodeb a samospádem vedena do středové příčné uličky. Tato voda je uskladněna v tancích umístěných na střeše budovy (Obrázek 2.99). Odtud je kanálem (Obrázek 2.100) vedena a čerpána do venkovní laguny (Obrázek 2.101). Předtím než kal dorazí do laguny je z něj pomocí gravitačního separátoru (Obrázek 2.102) odseparovaná tuhá frakce, která je skladována na volné ploše a použita jako hnojivo. Voda je využita znovu na proplach hnojných chodeb či jako závlaha na pole. Pro závlahu polí jsou využívány jak konvenční technologie, tak moderní autonomní stroje (Obrázek 2.103), které jsou schopny bez zásahu člověka aplikovat až 250 galonů (cca 1 m³) vody za minutu, během 5 dní ošetřit až 48 ha pole, pracovat na vzdálenost až 300 stop (31,5 m) od zdroje vody a ušetřit až 2/3 vody oproti klasickým systémům. Další zajímavostí je střídání pouze kukuřice a sóji v osevním postupu a zpracování půdy pomocí bezorebných (*no till*) technologií.



Obrázek 2.97: Středová příčná ulička pro odklíz exkrementů ze stáje



Obrázek 2.98: Odkliz exkrementů pomocí proudu vody



Obrázek 2.99: Tanky pro skladování vody pro odkliz exkrementů



Obrázek 2.100: Kanál pro odvod proplachovací vody s výhledem na budovu separátoru, plochu pro skladování separátu a lagunu



Obrázek 2.101: Laguna pro skladování kalu



Obrázek 2.102: Gravitační separátor



Obrázek 2.103: Autonomní zavlažovací robot

Jako podestýlka je využit písek. Jeho denní spotřeba je cca 45 liber (cca 20,5 kg) na ustájenou dojnici. Písek, který se s vodním proudem dostane ze stáje, je sbírán, sušen a znovu využit jako podestýlka (Obrázek 2.104).



Obrázek 2.104: Vysušování písku a jeho znovuvyužití jako podestýlka

Telata jsou odchována ve venkovních individuálních boxech (Obrázek 2.105). Poté jsou ustájena skupinově v otevřených přístřešcích (Obrázek 2.106). Krávy, které se nedojí, mají možnost volného pohybu na venkovní pastvě (Obrázek 2.107).



Obrázek 2.105: Ustájení telat v individuálních boxech



Obrázek 2.106: Skupinové ustájení telat



Obrázek 2.107: Venkovní ustájení dojníc

Chov masného skotu

Chov masného skotu probíhá na venkovních pastvách. Ty jsou rozděleny na dílčí sekce (Obrázek 2.108). Na farmě bylo cca 9 000 kusů masného plemene. Ten je prodáván při hmotnosti 1 400 liber (cca 635 kg), což odpovídá přibližně 250 dnům ve výkrmu. Krmení probíhá dvakrát denně a je zkrmeno přibližně 420 000 liber (cca 190,5 t) krmiva za den (Obrázek 2.109). V horkých dnech jsou zvířata ochlazována pomocí mobilního rozstřikování vody. Zemědělec si vyprodukuje přibližně 44 milionů liber (cca 19 tis. t) kukuřičné siláže (Obrázek 2.110). Exkrementy jsou z pastvy odváženy jednou za deset dní.



Obrázek 2.108: Ustájení masného skotu



Obrázek 2.109: Uskladnění krmných komponent



Obrázek 2.110: Uskladněná kukuřičná siláž

Chov Prasat

V chovné hale bylo ustájeno 2 400 kusů prasat na výkrm. Ta byla rozdělena na dvě části, ve kterých byly jednotlivé chovné sekce (Obrázek 2.111). Přisun krmiva byl zajištěn *ad libitum* automatizovaně do krmných boxů, který byl společný, pro každé dvě sekce. Podlaha byla celoroštová s podroštovou jímkou a vakuovým systémem. Kejda je odčerpávána do uzavřené kejdomé jímky. Ventilace byla provedena podtlaková pomocí bočních ventilátorů s tím provedením, že protilehlá boční stěna byla zcela otevřena a zakryta jen prodyšnou síťovinou. Z podroštového prostoru byla také odsávána vzdušina z důvodu snížení produkce uvolňování emisí do oblasti chovné haly (Obrázek 2.112). Pro snížení vnitřní teploty je stáj vybavena přímým rozstřikem vody.



Obrázek 2.111: Ustájení prasat na výkrm

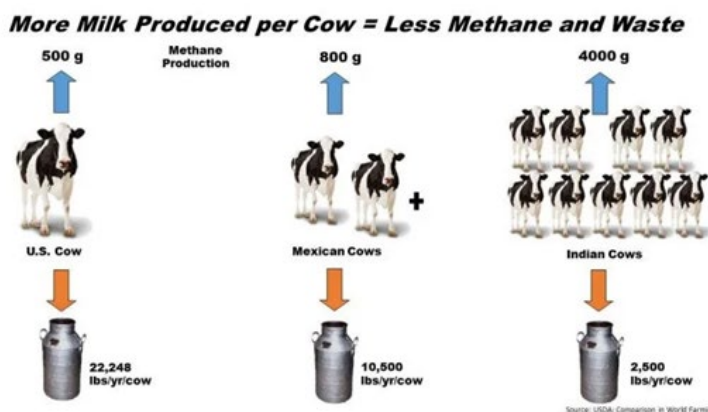


Obrázek 2.112: Stěnové ventilátory pro odvod vzdušiny z prostoru stáje s kombinací ventilátorů pro odsávání vzdušiny z podroštových prostorů

3 Diskuse

V dokumentu jsou detailně popsány přístupy vybraných států k odhadu emisí skleníkových plynů z intenzivních chovů hospodářských zvířat. K tomu je využíváno emisních faktorů podle úrovně 1–3 uvedených v metodikách EMEP/EAA a IPCC. Odhad emisí podle úrovně 1 využívají zejména rozvojové země či státy pro které uvedené kategorie zvířat představují pouze minoritní produkci emisí. Přístup úrovně 2 využívají státy, které hodnoty emisních faktorů pro jednotlivé kategorie zvířat převzali od zemí, které mají podobné chovné a klimatické podmínky nebo státy, které provádějí vlastní výzkumné aktivity a inovují tyto faktory. Přístup 3 je specifický a využívají ho státy většinou v kombinaci s úrovní 2. Lze tedy říct, že přístup odhadu emisí pomocí úrovně 2 a 3 většinou používají státy, které se snaží zpřesnit odhady, aby mohli lépe aplikovat metodiky a technologie pro jejich snížení a také do těchto aktivit investují nemalé finanční prostředky. Pro monitorování emisí se také více začínají používat metody LCA a dálkového průzkumu země.

Snížení emisí skleníkových plynů a amoniaku mají ve svých legislativách ukotveny všechny státy, které se zavázaly k jejich společné redukci. Nicméně výsledky jejich snažení jsou různé a vždy závisí na reálném dodržování legislativních opatřeních v praxi či důslednosti při jejich kontrolách. Například emise metanu produkované v zemědělství se daří snižovat v EU a částečně v USA. Opačný trend je například v Indii, Brazílii, Číně či Argentině (Climate Watch, 2023). To má například spojitost s počtem chovaného skotu, kdy se v EU a USA stavy snižují, naproti tomu v Indii, Argentině či Brazílii zvyšují. Například Brazílie zvýšila počty stavů skotu z 213,81 mil. v roce 2018 na 234,35 mil. v roce 2022, což je během čtyř let nárůst o 28,5 % stavu v EU (FAO, 2023b). Produkce emisí nelze spojovat jen s množstvím chovaných zvířat, ale také s použitými technologiemi, managementem chovu a použitými BAT. Na základě informací z dokumentu je zřejmé, že v USA či EU jsou propracovanější systémy BAT než v jiných vybraných zemích, kde je produkce směřována zejména k intenzifikaci. Jedná se zejména o Čínu, kde jsou stavěny investičními skupinami velkokapacitní vertikální haly pro chov prasat bez přímé vazby na zemědělsky obdělávanou půdu, což má za následek produkci velkého množství hnoje v oblasti, kde není počítáno s jeho udržitelnou aplikací. Absence půdy, také zvyšuje uhlíkovou stopu při zásobování těchto chovů krmivy, které si chovatelé nemohou sami vyprodukovat. Spojitost mezi množstvím chovaných zvířat, jejich užitkovostí a vyprodukovanými emisemi nejlépe charakterizuje Obrázek 3.1, na kterém jsou uvedené parametry porovnány. Je zde znázorněno, že průměrná dojnice v USA vyprodukuje přibližně 500 g metanu s roční užitkovostí cca 10 000 kg mléka, sténé množství mléka nadolí v Mexiku dvě dojnice, ale vyprodukují 800 g metanu, v Indii toto množství mléka vyprodukuje 9 dojnic, ale jejich emise budou 4 000 g.



Obrázek 3.1: Užitkovost dojnic v porovnání s produkcí metanu (Mitloehner, F. 2024)

Dalším příkladem je specifický celoroční pastevní management při chovu dojníc na Novém Zélandu, kde je pomocí této technologie produkováno mléko s nejnižší uhlíkovou stopou mezi intenzivními producenty mléka (DairyNZ, 2023).

Ve spojení s intenzivními chovy skotu se řeší zejména produkce metanu. Metan je sice skleníkový plyn, ale s poměrně krátkým poločasem rozpadu. Po dvanácti letech se přibližně 85 % metanu transformuje na oxid uhličitý a vodu (oxid uhličitý má poločas rozpadu kolem 1 000 let). Navzdory své krátké životnosti má ale více než 25x silnější oteplovací účinek než oxid uhličitý. V tomto kontextu je zapomínáno na oxid dusný, kterého sice není produkováno tolik, ale má 265x silnější oteplovací účinek než oxid uhličitý a poločas rozpadu kolem 100 let. Problematika omezování oxidu dusného je detailně řešena například právě na Novém Zélandu.

Redukce emisí z intenzivních chovů hospodářských zvířat v EU je implementována zaváděním opatření v podobě legislativních omezení, aplikace BAT a jiných technologií či jak již bylo uvedeno poklesem stavů zvířat. To je zapříčiněno jak zvýšením užitkovosti zvířat (šlechtění, technologie, management, welfare), tak zvyšujícími se vstupními náklady a nerentabilitou produkce, legislativními omezeními (zavádění produkčních kvót) či velkou konkurencí. Konkurenční prostředí je dáno dovozem ze zemí mimo EU, ale taky mezi členskými zeměmi, protože každý stát má jinak nastavené podpůrné prostředky (dotace).

Snižování stavů hospodářských zvířat za účelem snížení produkce emisí sebou může přinášet velká rizika, a to z několika důvodů. Průměrná spotřeba masa v EU na obyvatele od roku 2013 (63,12 kg) do roku 2023 (67,38 kg) stoupá a nepředpokládá se, že by se tento trend snižoval (Ritchie et al., 2019). To znamená, že při konstantním snižování produkce v EU se bude muset zvýšit jeho dovoz. To může mít za následek rizika spojená s kvalitou dovážených komodit (krmení GMO plodin), ztráty přehledu o dodržování chovných podmínek a welfare zvířat a zvýšení emisí spojených s dopravou. Redukce počtu hospodářských zvířat by sice přineslo snížení emisí v EU, ale zaznamenalo by jejich globální nárůst spojený s dopravou například z jižní ameriky. Tato úvaha je naprosto v rozporu s prosazovanými principy EU v podobě krátkých dodavatelských řetězců (*Farm-to-fork*, prodeje ze dvora, farmářské trhy, apod.).

Další problematika by nastala při závazcích EU při snižování výroby a aplikace minerálních hnojiv. Snížením produkce statkového hnojiva, by docházelo k jeho náhradě minerálním, tudíž ke zvýšení jeho aplikace a vlivu na životní prostředí. Navíc by se do půdy nedostávaly důležité organické složky podporující její základní funkci. To by mohlo vést až k riziku erozního ohrožení u většího množství půdních bloků.

Je otázka, jestli redukce emisí pomocí snižování stavů hospodářských zvířat je tou správnou cestou. Z technologií a přístupů uvedených v zahraničí lze vidět, že lze najít i vhodnější cestu v podobě udržitelného rozvoje živočišné výroby založené na principech cirkulárního hospodářství. Jímání bioplynu z procesu skladování hnoje či kejdy, lze pomocí technologií transformovat na elektrickou či tepelnou energii nebo využít jako palivo do motorových vozidel. Uvedené technologie pomáhají ke snížení emisí z chovů hospodářských zvířat, podílí se na výrobě obnovitelné energie a přinášejí zemědělcům zisk z prodeje těchto komodit. Na příkladu z USA lze vidět pokrokové technologie výroby elektrické energie bez spalovacího procesu na základě elektrochemické reakce. Také se lze inspirovat u jednotlivých států, jak se zapojují do podpory chovatelů, kteří jsou aktivní při snižování emisí.

Závěr

V publikaci jsou uvedeny intenzivní chovy hospodářských zvířat a s nimi spojená zemědělská produkce v kontextu s jejich podílem na produkci emisí metanu a amoniaku v EU a ve světě. Dokument je rozšířen jak o teoretická data o přístupů jednotlivých států k monitorování uvedených emisí, tak praktické zkušenosti při metodách pro jejich snižování, specifických chovných technologiích, včetně využití dostupných BAT či pilotních pokrokových technik. Tyto technologie jsou rozdílné napříč státy. To je zapříčiněno zejména klimatickými podmínkami, legislativním omezením, finanční podporou zemědělců ze strany vlád apod. Státy s velkými nárůsty počtu chovaných zvířat jsou zejména ty, ve kterých nejsou tak přísné podmínky spojené s welfare.

Na základě dostupných informací je patrné, že zemědělci jsou pod stále větším tlakem způsobeným nárůstem nákladů na vstupy při zachování či zpřísňování standardů z pohledu ochrany životního prostředí. Další nároky jsou kladeny na kvalitu a množství finálních produktů, protože s nárůstem populace se zvyšuje tlak na potravinové zabezpečení jednotlivých států. Chovatelé čelí také výzvám, které jsou spojovány s klimatickými změnami či hrozícími nemocemi jako je ptačí chřipka, africký mor prasat, virová onemocnění skotu apod. Ze zkušeností je patrné, že většina chovatelů je připravena aplikovat technologie pro snižování emisí, změnit management chovů, zvyšovat chovné welfare, mít vizi udržitelného rozvoje, ale musí mít zajištěnou rentabilitu svých aktivit.

Pandemie COVID-19 a následné přerušení globálních zemědělsko-potravinářských řetězců znovu zdůraznily, jak je důležité být potravinově soběstačný. Nové zemědělské koncepty jako je oběhové krmivo, místní dodávky potravin, zpeněžování vedlejších produktů a zvýšená pozornost spotřebitelů věnovaná kratším řetězcům dávají další impuls k lokalizaci a regionalizaci výroby potravin.

Je třeba si uvědomit, že chovy zvířat produkují přibližně jen 5,8 % skleníkových plynů a z toho například jen 15 % metanu, kterého je přibližně 50 % uvolňováno z přirozených procesů v přírodě. Řešit redukci emisí snižováním stavu zvířat, bychom přišli o kvalitní zdroj statkových hnojiv a také by došlo ke zvýšení globálních emisí při dovozu potravin. Představitelé vlád a autority by měli hledat výzvy v oblasti aplikace pokrokových technologií při snižování emisí, využití produkovaných plynů k transformaci na obnovitelnou energii se zachováním potenciálu statkových hnojiv ve smyslu udržitelného cirkulárního zemědělství.

Použité zdroje

Advantage Austria (2024). *Zemědělství* [online]. [citováno dne: 2024-01-31] Dostupné z: https://www.advantageaustria.org/cz/zentral/branchen/agrarwirtschaft/Uebersicht_Agrarwirtschaft.cs.html

Aitkenhead, W. (2023). *Reducing New Zealand's Livestock Methane Emissions* [pdf]. KELLOG Rural Leadership Programme. [citováno dne 2024-11-10] Dostupné z: https://ruralleaders.co.nz/wp-content/uploads/2023/12/William-Aitkenhead_Reducing-methane-emissions.pdf

Andrade, R. R., Tinôco, I. F. F., Damasceno, F. A., Ferraz, G. A. E. S., Freitas, L. C. D. S. R., Ferreira, C. F. S., Barbari, M., Baptista, F. J. F., & Coelho, D. J. R. (2022). Spatial distribution of bed variables, animal welfare indicators, and milk production in a closed compost-bedded pack barn with a negative tunnel ventilation system. *Journal of Thermal Biology*, 105:103111. DOI: 10.1016/j.jtherbio.2021.103111

Andrukonyte, K. (2019). *Review of Kazakhstan's Transition to Green Economy Scenario by Increasing the Share of Renewable Sources of Energy in Energy Balance*. UNESCAP: Almaty, Kazakhstan, 2019; pp. 31–34. Dostupné z: <https://unescap.org/sites/default/files/ReviewoftheKazakhstantransitiontotheGreenEconomyscenario-Convertिंगagriculturalresiduestobio-heatEng.pdf>

Askarova, A., Zamorano, M., Martín-Pascual, J., Nugymanova, A., Bolegenova, S. A. (2022). Review of the Energy Potential of Residual Biomass for Coincineration in Kazakhstan. *Energies*, 15(17):6482. DOI: 10.3390/en15176482

Augère-Granier, M.-L. (2019). *The EU poultry meat and egg sector: Main features, challenges and prospects* [pdf]. European Parliament Research Service. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2019/644195/EPRS_IDA\(2019\)644195_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/IDAN/2019/644195/EPRS_IDA(2019)644195_EN.pdf)

Australian Institute of Economic Research (2023). *Austrian Agriculture 2030 – 2040 – 2050. Scenarios and Sensitivity Analyses on Land Use, Crop and Livestock Production* [pdf]. Kettner C. (ed.). Dostupné z: https://raumberg-gumpenstein.at/jdownloads/sonstiges/34_2023_klilas-z-endbericht_final.pdf

Bai, Y., Zhai, Y., Zhang, T., Ren, K., Jia, Y., Zhou, X., Cheng, Z., Tanikawa, H., Hong, J. (2023). Sustainable assessment and resource recycling opportunities identification for China's pig industry: Integrating environmental, economic and social perspectives. *Sustainable Production and Consumption*, 39:425-437. DOI: 10.1016/j.spc.2023.05.018

BioCycle (2012). *Energy Efficiency And Biogas Generation At Wastewater Plants* [online]. BioCycle. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.biocycle.net/energy-efficiency-and-biogas-generation-at-wastewater-plants/>

Bulatbaev, F.N. (2016). Development of the fuel and energy complex Republic of Kazakhstan. *Innov. Dev. Ind. Kazakhstan*, 3:134–146.

Cang, Y., Luo, S., & Qiao, Y. (2020). Classification of pig sounds based on deep neural network. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 36(9):195–204.

CDFA (2022). *Report of Funded Projects (2015–2022): 2022 Report to the Joint Legislative Budget Committee* [pdf]. California Department of Food & Agriculture. [citováno dne: 2024-10-30] Dostupné z: https://www.cdffa.ca.gov/oefi/ddrdp/docs/2022_DDRDP_Legislative_Report.pdf

Climate Watch (2023) – with major processing by Our World in Data. *Methane emissions from agriculture* [dataset]. Climate Watch, “Greenhouse gas emissions by sector” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/methane-emissions-agriculture>

Climate Watch (2024). *Agriculture: Driver of Emissions* [online graph]. Climate Watch. Dostupné z: <https://www.climatewatchdata.org/sectors/agriculture#drivers-of-emissions>

Community Emissions Data System (2024) – processed by Our World in Data. *Ammonia (NH₃)* [dataset]. Community Emission Data System, “air_pollution_ceds” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/explorers/air-pollution>

Condotta, I. C. F. S., Brown-Brandl, T. M., Silva-Miranda, K. O., Stinn, J. P. (2018) Evaluation of a depth sensor for mass estimation of growing and finishing pigs. *Biosyst. Eng.* 173:11–18. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2018.03.002

DAFM, (2021). *Food Harvest 2020* [pdf]. Department of Agriculture, Food and the Marine. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.gov.ie/en/publication/5a0f2-food-harvest-2020/>

DairyNZ (2023). *On farm emissions* [online]. DairyNZ [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.dairynz.co.nz/environment/climate/on-farm-emissions/>

Dara, A., Baumann, M., Hölzel, N., Hostert, P., Kamp, J., Müller, D., Kuemmerle, T. (2020). Annual Landsat time series reveal post-soviet changes in grazing pressure. *Remote Sens. Environ.*, 239:111667. DOI: 10.1016/j.rse.2020.111667

De Boer, H. C., Wiersma, M. (2021). Thermophilic composting of the pack can reduce nitrogen loss from compost-bedded dairy barns. *Biosystems Engineering*, 210:20–32. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2021.07.015

Dorset.nu (2024). *Solutions: Poultry manure* [online]. Dorset Green Machines BV [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.dorset.nu/green-machines/solutions/poultry-manure/>

Edalati, A., Chen, Y., Barzee, T. J., El-Mashad, H. M., Zhang, R. (2023). Effect of mechanical solids separators on the mitigation of methane emissions from dairy manure storage. *Journal of the ASABE*, 66(3):689–701. DOI: 10.13031/ja.15371

EEA (2019). *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019: Technical guidance to prepare national emission inventories* [pdf]. European Environment Agency (EEA) [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2019/at_download/file

EEA (2023). *Industrial Reporting under the Industrial Emissions Directive 2010/75/EU and European Pollutant Release and Transfer Register Regulation (EC) No 166/2006* [online]. European Environment Agency (EEA) [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.eea.europa.eu/en/datahub/datahubitem-view/9405f714-8015-4b5b-a63c-280b82861b3d>

El-Mashad, H. M., Zhang, R. (2020). Biogas Energy from Organic Wastes. In *Introduction to Biosystems Engineering*. Holde, N. M., Wolfe, M. L., Ogejo, J. A., Cummins, E., J. (Ed.). ISBN 978-1-949373-93-6. DOI: 10.21061/IntroBiosystemsEngineering/Biogas

El-Mashad, H. M., Barzee, T. J., Franco, R. B., Zhang, R., Kaffka, S., Mitloehner, F. (2023). Anaerobic Digestion and Alternative Manure Management Technologies for Methane Emissions Mitigation on Californian Dairies. *Atmosphere*, 14(1):120. DOI: 10.3390/atmos14010120

EPA (2020). *Assessment of the Impact of Ammonia Emissions from Intensive Agriculture Installations on Special Areas of Conservation and Special Protection Areas* [pdf]. Kelleghan D.B., Hayes E.T., Everard M. a Curran T.P. (ed.). Environmental Protection Agency: Ireland. ISBN: 978-1-84095-949-9. Dostupné z: https://www.epa.ie/publications/research/environment-health/Research_Report_347.pdf

EPA (2021). *Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks: 1990–2019* [pdf]. U.S. Environmental Protection Agency. [citování dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2021-04/documents/us-ghg-inventory-2021-chapter-5-agriculture.pdf>

EPA (2024). *Ireland's State of the Environment Report* [pdf]. Donlon B., Cahalane A. a Fanning, A (ed.). Environmental Protection Agency: Ireland. ISBN: 978-1-80009-199-3. Dostupné z: <https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/assessment/state-of-the-environment/EPA-SOE-Report-2024-BOOK-LOWRES-FINALfor-WEB.pdf>

EPA (2024b). *Ireland's Informative Inventory Report 2024 – Air Pollutant Emission 1990–2022*. Hyde B., Duffy P., Ryan A. M., Murphy J. Fahey D., Monaghan S., MacFarlane B., Kehoe A. (ed.) Environmental Protection Agency: Ireland. ISBN: 978-1-80009-142-9. Dostupné z: https://www.epa.ie/publications/monitoring--assessment/climate-change/air-emissions/IIR_Ireland_2024v1.pdf

EPA (2024c). *NPDES CAFOs Regulatory Documents* [online]. U.S. Environmental Protection Agency. [citování dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/npdes/npdes-cafos-regulatory-documents>

EPA (2024d). *National Air Emissions Monitoring Study* [online]. United States Environmental Protection Agency. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/afos-air/national-air-emissions-monitoring-study>

EPA (2024e). *Clean Water Act (CWA) Compliance Monitoring* [online]. United States Environmental Protection Agency. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/compliance/clean-water-act-cwa-compliance-monitoring#pane-6>

EPA (2024f). *Practices to Reduce Methane Emissions from Livestock Manure Management* [online]. U.S. Environmental Protection Agency. [citování dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/agstar/practices-reduce-methane-emissions-livestock-manure-management>

EPA (2024g). *Sources of Greenhouse Emissions* [online]. U.S. Environmental Protection Agency. [citování dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.epa.gov/ghgemissions/sources-greenhouse-gas-emissions>

European Commission (2020). Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people. In *Commission Staff Working Document, Impact Assessment, Accompanying the document, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions: Stepping up Europe's 2030 climate ambition*. SWD/2020/176 final.

Eurostat (2024a). *Number of bovine animals* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00016/default/table>

Eurostat (2024b). *Number of dairy cows* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00014/default/table>

Eurostat (2024c). *Production of milk on farms* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00041/default/table>

Eurostat (2024d). *Number of pigs* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00018/default/table>

Eurostat (2024e). *Production of poultry meat in slaughterhouses* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tag00043/default/table>

Eurostat (2024f). *Greenhouse gas emissions from agriculture* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tai08/default/table>

Eurostat (2024g). *Ammonia emissions from agriculture - % of total emissions* [online table]. Eurostat [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tai07/default/table>

FAO (2022) – processed by Our World in Data. *Production (t)* [dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Production: Crops and livestock products” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/explorers/global-food>

FAO (2023a) – with major processing by Our World in Data. *Number of pigs – FAO* [dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Production: Crops and livestock products” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/pig-livestock-count-heads>

FAO (2023b) – with major processing by Our World in Data. *Number of cattle – FAO* [dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Production: Crops and livestock products” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/cattle-livestock-count-heads>

FAO (2023c) – with major processing by Our World in Data. *Number of poultry birds– FAO* [dataset]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, “Production: Crops and livestock products” [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/poultry-livestock-count>

Fuka V. (2022). Na rakouské biofarmě. *Zemědělec*. 44

Google Maps (b.r.a). [Eiffelton, Nový Zéland]. Získáno 2024-11-10, z <https://maps.app.goo.gl/nfg6iJXCvzEdW9326>

Google Maps (b.r.b). [Farma BAR 20 Dairy Farms v Kalifornii]. Získáno 2024-10-30, z <https://maps.app.goo.gl/o62LVVnRyJmYDwbe9>

Halter (2024). *A new era of dairy farming is here* [online]. Halter. [citováno dne 2024-11-10] Dostupné z: <https://www.halterhq.com/dairy>

Hang, S., Xu, Y., Lyu, Y., Gong, H., Li, J. (2024). Expanding supporting land to reduce greenhouse gas emissions from livestock farms: Case studies in northern China, *Journal of Cleaner Production*, 467:142784. DOI: 10.1016/j.jclepro.2024.142784

Holtkamp, D. J., Hayes, D. J., Schulz, L. L. (2023). *Key performance indicators in pork production; An international comparison using 2021 data* [pdf]. MSD Animal Health. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: https://www.msd-animal-health-swine.com/wp-content/uploads/sites/21/2023/06/MSD_Benchmark2021_Original_Article.pdf

Houlbrooke, D., Longhurst, B., Orchiston, T., Muirhead, R. (2011). *Characterising dairy manures and slurries: Euriolink tools report AGRX0901* [pdf]. AG Research. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.envirolink.govt.nz/assets/Envirolink/R5-4-Characterising-Dairy-Manures-and-Slurries.pdf>

Hu, S., Wang, D., Qin, Z., Kung, Ch.-Ch. (2024). Bioenergy potential and emission offset from manure application in Taiwan. *International Journal of Hydrogen Energy*, 58:310–317. DOI: 10.1016/j.ijhydene.2023.12.226

Chen, C., Zhu, W., Steibel, J., Siegford, J., Wurtz, K., Han, J., Norton, T. (2020). Recognition of aggressive episodes of pigs based on convolutional neural network and long short-term memory. *Comput. Electron. Agric.*, 169:105166. DOI: 10.1016/j.compag.2019.105166

Chen, P., Tang, W., Yin, D., Yang, B. (2021). Sow Estrus Diagnosis from Sound Samples Based on Improved Deep Learning. In *International Conference on Artificial Intelligence and Security*; Springer: Cham, Switzerland, pp. 132–143.

Inter Continental B.V. (2024). *Farming* [online]. Inter Continental B.V. [citováno dne 2024-10-31]. Dostupné z: <https://www.intercontinental.nl/nl/farming>

International Dairy Foods Association (2023). *Bar 20 Dairy Named 2023 Innovative Dairy Farmer of the Year* [online]. Dairy Herd Management. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://www.dairyherd.com/news/business/bar-20-dairy-named-2023-innovative-dairy-farmer-year>

Ji, Y., Yang, Y., Liu, G. (2020). Recognition of Pig Eating and Drinking Behavior Based on Visible Spectrum and YOLOv2. *Spectrosc. Spectr. Anal.*, 40(5):1588–1594. DOI: 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)05-1588-07

Jones et al. (2024a) – with major processing by Our World in Data. *Annual methane emissions* [dataset]. Jones et al., "National contributions to climate change 2024.1" [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/methane-emissions>

Jones et al. (2024b) – with major processing by Our World in Data. *Annual greenhouse gas emissions* [dataset]. Jones et al., "National contributions to climate change 2024.1" [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/ghg-emissions-by-world-region>

Jones et al. (2024c) *Population based on various sources (2023)* – with major processing by Our World in Data. *Per-capita greenhouse gas emissions* [dataset]. Jones et al., "National contributions to climate change 2024.1"; Various sources, "Population" [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/per-capita-ghg-emissions>

Jones et al. (2024d) – with major processing by Our World in Data. *Annual greenhouse gas emissions* [dataset]. Jones et al., "National contributions to climate change 2024.1" [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/grapher/total-ghg-emissions>

Jones et al. (2024e) – with major processing by Our World in Data. *Annual methane emissions* [dataset]. Jones et al., "National contributions to climate change 2024.1" [original data]. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>

Joshi, R., Shrestha, R., Pokharel, A. Sharma, S., Yang, A. L. (2022). *Nepal Nitrogen Policy Report: Scientific Evidence, Current Initiatives and Policy Landscape*. The University of Edinburgh. pp. 1–92. Dostupné z: <https://www.research.ed.ac.uk/en/publications/nepal-nitrogen-policy-report-scientific-evidence-current-initiati>

Kaffka, S., Barzee, T., El-Mashad, H., Williams, R., Zicari, S., Zhang, R. (2016). *Evaluation of Dairy Manure Management Practices for Greenhouse Gas Emissions in California: Final Technical Report to the State of California Air Resources Board Contract # 14–456* [pdf]. UC Davis, Department of Plant Sciences. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://ucdavis.app.box.com/s/d019lhna6od1m220niued12i2hlui3d4>

Kaini, B. R., Shrestha, G. P., Manandhar, R. (2016). Six decades of fruit development in Nepal [pdf]. *Horticulture in last 6 decades*. Vegetable Seed Production Center, Khumaltar, Lalitpur, Nepal, pp. 36–53. Dostupné z: <https://horticulturenepal.org/chapter/six-decades-of-fruit-development-in-nepal>

Konuspayeva, G., Faye, B. (2020). Livestock systems in the midst of History's upheaval in Kazakhstan. In *Livestock Policy*. Tourrand J.-F. (ed.), Waquil P. (ed.), Maraval M.-C. (ed.), Sraïri M. T. (ed.), Duarte L. M.G. (ed.), Kozloski G.V. (ed.). Montpellier: CIRAD, 212–224. ISBN 978-2-87614-762-1. Dostupné z: <https://agritrop.cirad.fr/597326/1/ID597326.pdf>

Lely (2024). *How does the Lely Sphere circular manure-handling systém work?* [online] Lely. [citováno dne: 2024-01-31]. Dostupné z: <https://magazine.lely.com/we-are-lely-2/hot-spots>

Leso, L., Barbari, M., Lopes, M. A., Damasceno, F. A., Galama, P., Taraba, J. L., Kuipers, A. (2020). Invited review: Compost-bedded pack barns for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 103(2):1072–1099. DOI: 10.3168/jds.2019-16864

Lettinga, G., Rebac, S., Zeeman, G. (2001). Challenge of psychrophilic anaerobic wastewater treatment. *Trends in Biotechnology*, 19(9):363–370. DOI: 10.1016/S0167-7799(01)01701-2

Li, T., Wang, Ch., Ji, W., Wang, Z., Shen, W., Feng, Y., Zhou, M. (2023). Cutting-edge ammonia emissions monitoring technology for sustainable livestock and poultry breeding: A comprehensive review of the state of the art, *Journal of Cleaner Production*, 428:139387. DOI: 10.1016/j.jclepro.2023.139387

Liu, J., Bai, Z., Cao, Y., Zhang, N., Zhao, Z., Ma, L. (2019). Impact of surface acidification of manure on ammonia emission in animal housing. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 27(5): 677-685. DOI: 10.13930/j.cnki.cjea.181086

Malherbe, A., German, R., Couvidat, F., Zanatta, L., Blannin, L., James, A., Létinois, L., Schucht, S., Berthelot, B., Raoult, J. (2023). *ETC HE Report 2022/21: Emissions of ammonia and methane from the agricultural sector. Emissions from livestock farming* [pdf]. Eionet Portal [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-he/products/etc-he-products/etc-he-reports/etc-he-report-2022-21-emissions-of-ammonia-and-methane-from-the-agricultural-sector-emissions-from-livestock-farming/@@download/file/ETC_HE_2022_21_task3.1.1.2_NH3&CH4emissions_final_version_23-05-2023_for%20publishing.pdf

Meyer, D., Harner, J. P., Tooman, E. E., Collar, C. (2004). Evaluation of weeping wall efficiency of solid liquid separation. *Applied Engineering in Agriculture*, 20(3):349–354. DOI: 10.13031/2013.16065

Ministry for the Environment (2024). *New Zealand's Greenhouse Gas Inventory 1990–2022*. Wellington: Ministry for the Environment. [citováno dne 2024-11-10] Dostupné z: <https://environment.govt.nz/assets/publications/GhG-Inventory/GHG-inventory-2024/GHG-Inventory-2024-Vol-1.pdf>

Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China (2018). 关于征求国家环境保护标准《恶臭污染物排放标准 (征求意见稿)》意见的函. (Dopis týkající se žádostí o stanoviska k národní normě ochrany životního prostředí „Normy emisí znečišťujících zápachů (návrh pro připomínky)“ [čínsky] [online]. [citováno dne: 2024-01-31] Dostupné z: http://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/xxgk06/201812/t20181207_680842.html?keywords=%E6%81%B6%E8%87%AD%E6%B1%A1%E6%9F%93%E7%89%A9%E6%8E%92%E6%94%BE%E6%A0%87%E5%87%86

Ministry for Primary Industry (2024). *Methodology for calculation of New Zealand's agricultural greenhouse gas emissions* [pdf]. Wellington: Ministry for Primary Industries. [citováno dne 2024-11-10] Dostupné z: <https://www.mpi.govt.nz/dmsdocument/13906-detailed-methodologies-for-agricultural-greenhouse-gas-emission-calculation>

Mitloehner, F. (2022). *No BS – Dairy Digesters Work: California dairy digesters have critic, but the fact is they reduce methane* [online]. CLEAR Center. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: <https://clear.ucdavis.edu/blog/no-bs-dairy-digesters-work>

Mitloehner, F. (2024). *Krávy a emise: mýty a fakta - prof. Frank Mitloehner, UC Davis (29.2.2024, ČZU Praha, CZ)* [video file]. YouTube. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=BdKkjQEYqnM>

MRV Platform for Agriculture (2024a). *Estimate and measure emissions from livestock* [online]. MRV Platform for Agriculture [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.agmrv.org/knowledge-portal/mrv-in-practice/learn-about-measurement-methods-for-livestock/>

MRV Platform for Agriculture (2024b). *Case Studies: Lessons learned for improving MRV through advance GHG inventories specific for livestock* [online]. MRV Platform for Agriculture [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.agmrv.org/knowledge-portal/case-studies/>

Mukhtar, S., Borhan, M. S., Beseda, J. (2011). Evaluation of a weeping wall solid-liquid separation system for flushed dairy manure. *Applied Engineering in Agriculture*, 27(1):135–142. DOI: 10.13031/2013.36223

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/842 ze dne 30. května 2018 o závazném každoročním snižování emisí skleníkových plynů členskými státy v období 2021–2030 přispívajícím k opatřením v oblasti klimatu za účelem splnění závazků podle Pařížské dohody a o změně nařízení (EU) č. 525/2013 (Text s významem pro EHP). *Úř. Věst. L 156*, 19. 6. 2018, p. 26–42.

Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2021/1119 ze dne 30. června 2021, kterým se stanoví rámec pro dosažení klimatické neutrality a mění nařízení (ES) č. 401/2009 a nařízení (EU) 2018/1999 („evropský právní rámec pro klima“). *Úř. Věst. L 243*, 9. 7. 2021, p. 1–17.

National Academies of Science, Engineering, and Medicine (2018). *Methane Emission Measurement and Monitoring Methods. Improving Characterization of Anthropogenic Methane Emissions in the United States*. Washington, DC: The National Academic Press. DOI: 10.17226/24987

NZAGRC (2024a). *The science of methane* [online]. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://www.nzagrc.org.nz/domestic/methane-research-programme/the-science-of-methane/>

NZAGRC (2024b). *Methane vaccine* [online]. New Zealand Agricultural Greenhouse Gas Research Centre. [citováno dne 2024-11-10] Dostupné z: <https://www.nzagrc.org.nz/domestic/methane-research-programme/methane-vaccine/>

O'Brien, D., Shalloo, L. (2019). *A Review of Livestock Methane Emission Factors* [pdf]. Environmental Protection Agency (EPA): Wexford, Ireland. ISBN: 978-1-84095-853-9. Dostupné z: https://www.epa.ie/publications/research/climate-change/Research_Report_288.pdf

Pandey, S., Kalwa, U., Kong, T., Guo, B., Gauger, P. C., Peters, D. J., Yoon, K.-J. (2021). Behavioral Monitoring Tool for Pig Farmers: Ear Tag Sensors, Machine Intelligence, and Technology Adoption Roadmap. *Animals*, 11(9):2665. DOI: 10.3390/ani11092665

Parker, N., Williams, R., Dominguez-Faus, R., Scheitrum, D. (2017). Renewable natural gas in California: An assessment of the technical and economic potential. *Energy Policy*, 111:235–245. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.09.034

Primeminister.kz (2024). *Olzhas Bektenov to discuss issues of year-round employment with rural agrarians of Akmola region* [online]. Official Information Source of the Prime minister of the Republic of Kazakhstan [citováno dne 2024-10-01] Dostupné z: <https://primeminister.kz/en/news/olzhas-bektenov-to-discuss-issues-of-year-round-employment-with-rural-agrarians-of-akmola-region-29053>

Ritchie, H., Rosado, P., Roser, M. (2019). *Meat and Dairy Production* [online]. OurWorldinData.org [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/meat-production>

Ritchie H. (2020). *Sector by sector: where do global greenhouse gas emission come from?* [online]. Our World in Data. [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://ourworldindata.org/ghg-emissions-by-sector>

Robinson, S., Petrick, M. (2024). Land access and feeding strategies in post-Soviet livestock husbandry: Evidence from a rangeland system in Kazakhstan. *Agricultural Systems*, 219:104011. DOI: 10.1016/j.agsy.2024.104011.

Shane, E. M., Endres, M. I., Janni, K. A. (2010). Alternative Bedding Materials for Compost Bedded Pack Barns in Minnesota: A Descriptive Study. *Applied Engineering in Agriculture*, 26(3):465–473. DOI: 10.13031/2013.29952

Schauer Agrotronics GmbH (2024). *Schauer Agrotronic presents top innovations for pig farming at the Eurotier 2024 trade fair to mark its 75th anniversary: Pig News* [online] Schauer Agrotronic GmbH. [citováno dne: 2024-01-31]. Dostupné z: <https://en.schauer-agrotronic.com/pig-news-eurotier>

Singaravadivelan, A., Sachin, P. B., Harikumar, S., Vijayakumer, P., Vindhya, M. V., Farhana, F. M. B., Rameesa, K. K., Mathew, J. (2023). Life cycle assessment of greenhouse gas emission from the dairy production system — review. *Tropical Animal Health and Production*, 55. DOI: 10.1007/s11250-023-03748-4

Skokov, R., Dyussegalieva, B. (2023). Current state of livestock economy in Kazakhstan, *E3S Web of Conf.*, 462, 01023. DOI: 10.1051/e3sconf/202346201023

Smith P., Bustamante, M., Ahammad, H., Clark, H., Dong, H., Elsiddig, E.A., Haberl, H., Harper, R., House, J., Jafari, M., Masera, O., Mbow, C., Ravindranath, N.H., Rice, C.W., Robledo Abad, C., Romanovskaya, A., Sperling, F., Tubiello, F. (2014). Agriculture, Forestry and Other Land Use (AFOLU). In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., Pichs-Madruga, R., Sokona, Y., Farahani, E., Kadner, S., Seyboth, K., Adler, A., Baum, I., Brunner, S., Eickemeier, P., Kriemann, B., Savolainen, J., Schlömer, S., von Stechow, C., Zwickel T. and Minx, J.C. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_chapter11.pdf

Statista (2023). *Annual Greenhouse Gas Emissions from Agriculture in the Netherlands from 2012 to 2021* [online]. Statista Research Department. Dostupné z: <https://www.statista.com/statistics/412265/annual-greenhouse-gas-emissions-from-agriculture-in-netherlands/>

Support the Guardian (2023). *China's 26-storey pig skyscraper ready to slaughter 1 million pigs a year* [online]. Guardian News & Media Limited. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: https://www.theguardian.com/environment/2022/nov/25/chinas-26-storey-pig-skyscraper-ready-to-produce-1-million-pigs-a-year?CMP=share_btn_tw

Šrámková, P. a Bayerová, I. (2022). *Rakouské zemědělství: v kurzu jsou biopotraviny i high-tech* [online]. Velvyslanectví České republiky ve Vídni. [citováno dne: 2024-01-31]. Dostupné z: https://mzv.gov.cz/vienna/cz/obchod_a_ekonomika/akce/biopotraviny_jsou_v_rakousku_stale_vice.html

Tadeschi, L. O., Abdalla, A. L., Álvarez, C., Anuga, S. W., Arango, J., Beauchemin, K. A., Becquet, P., Berndt, A., Burns, R., de Camillis, C., Chará, J., Echazarreta, J. M., Hassouna, M., Kenny, D., Mathot, M., Mauricio, R. M., McClelland, S. C., Niu, M., Onyango, A. A., Parajuli, R., Pereira, L. G. R., del Prado, A., Tieri, M. P., Uwizeye, A., Kebreab, E. (2022). Quantification of methane emitted by ruminants: a review of methods. *Journal of Animal Science*, 100(7):1–22. DOI. 10.1093/jas/skac197

Taisugar.com (2024). *Dong Hai Feng Green Pig Farm with Negative Pressure and Water Curtain* [online]. Taiwan Sugar Corporation [citováno dne 2024-09-20] Dostupné z: <https://www.taisugar.com.tw/circular/english/CP2.aspx?n=12397>

Tang, Q., Huang, K., Liu, J., Jin, X., Li, C. (2021). Distribution characteristics of bioaerosols inside pig houses and the respiratory tract of pigs. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 212:112006. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2021.112006

Turner, J. L., Mancl, K., Nguyen, J. (2024). *Cultivating us and Chinese climate leadership on food and agriculture: A Roadmap for Collaboration* [pdf]. Wilson Center & Ohio State University. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: https://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/media/uploads/documents/CEF_Food-Ag_Roadmap_Report_Eng.pdf

Umweltbundesamt GmbH (2023). *Austria's National Air Emission Projections 2023 for 2025 and 2030* [pdf]. Rabl A. (ed.). Umweltbundesamt GmbH: Vienna. ISBN: 978-3-99004-716-3. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0877.pdf>

Umweltbundesamt GmbH (2024). *Austria's Annual Greenhouse Gas Inventory 1990-2022* [pdf]. Anderl M. (ed.). Umweltbundesamt GmbH: Vienna. ISBN: 978-3-99004-734-7. Dostupné z: <https://www.umweltbundesamt.at/fileadmin/site/publikationen/rep0892.pdf>

USDA (2022). *Agricultural Statistics 2022* [pdf]. United States Department of Agriculture. National Agricultural Statistics Service. United States Government Printing Office: Washington. [citováno dne 2024-10-30] Dostupné z: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/j3860694x/q811n776k/37722092n/2022_Agricultural_Statistics_Book.pdf

van der Wiel, B. Z., Weijma, J., van Middelaar, C. E., Kleinke, M., Buisman, C. J. N., Wichern, F. (2019). Restoring nutrient circularity: a review of nutrient stock and flow analyses of local agro-food-waste systems. *Resources, Conservation & Recycling: X*, 3:100014. DOI: 10.1016/j.rcrx.2019.100014

van der Zande, L. E., Guzhva, O., Bas Rodenburg, T. (2021). Individual Detection and Tracking of Group Housed Pigs in Their Home Pen Using Computer Vision. *Front. Anim. Sci.*, 2:669312. DOI: 10.3389/fanim.2021.669312

Varma, V. S., Parajuli, R., Scott, E., Canter, T., Lim, T. T., Popp, J., Thoma, G. (2021). Dairy and swine manure management – Challenges and perspectives for sustainable treatment technology. *Science of The Total Environment*, 778:146319. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2021.146319.

Vellinga, T., Groenestein, K. (2022). *10 questions and answers about methane, a short-lived greenhouse gas* [pdf]. Wageningen Livestock Research: Wageningen [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: <https://edepot.wur.nl/630735>

Wang, H., Zhao, Z., Winiwarter, W., Bai, Z., Wang, X., Fan, X., Zhu, Z., Hu, Ch., Ma, L. (2021). Strategies to reduce ammonia emissions from livestock and their cost-benefit analysis: A case study of Sheyang county. *Environmental Pollution*, 290:18045, DOI: 10.1016/j.envpol.2021.11804.

Wang, S., Jiang, H., Qiao, Y., Jiang, S., Lin, H., Sun, Q (2022a). The Research Progress of Vision-Based Artificial Intelligence in Smart Pig Farming. *Sensors*, 22(17):6541. DOI: 10.3390/s22176541

Wang, Z., Zhang, L., Guofeng, S., Zhou, W., Sheng, J., Ye, X., Olaniran, A. O., Kana, E. B. G. (2022b). Adsorption Characteristics of Three Types of Soils on Biogas Slurry Ammonium Nitrogen. *Front. Environ. Sci.* 21 2022. Sec. Water and Wastewater Management.10:1-12. DOI: 10.3389/fenvs.2022.942263

- Wilkes, A., Reisinger, A., Wollenberg, E., van Dijk, S. (2017). *Measurement, reporting and verification of livestock GHG emissions by developing countries in the UNFCCC: current practices and opportunities for improvement* [pdf]. CCAFS Report No. 17. Wageningen, the Netherlands: CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CAAFS) and Global Research Alliance for Agricultural Greenhouse Gases (GRA) [citováno dne 2024-10-30]. Dostupné z: https://www.climatelinks.org/sites/default/files/asset/document/2017_CGIAR%20CAAFS%20%26%20GRA_MRV%20of%20livestock%20GHG%20emissions%20by%20developing%20countries.pdf
- Witarsa, F., Lansing, S. (2015). Quantifying methane production from psychrophilic anaerobic digestion of separated and unseparated dairy manure. *Ecological Engineering*, 78:95–100. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2014.05.031
- WUR (2024). *Methane* [online]. Wageningen University & Research. [citováno dne: 2024-01-31] Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/research-results/dossiers/file/methane.htm>
- WUR (2024b). *Measuring Ammonia and Greenhouse Gases on De Marke Experimental Farm* [online]. Wageningen University & Research. [citováno dne: 2024-01-31]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/livestock-research/show-wlr/measuring-ammonia-and-greenhouse-gases-on-de-marke-experimental-farm.htm>
- WUR (2024c). *Test Yield First Successful Methane Sensor* [online]. Wageningen University & Research. [citováno dne: 2024-01-31]. Dostupné z: <https://www.wur.nl/en/research-results/research-institutes/livestock-research/show-wlr/tests-yield-first-successful-methane-sensor.htm>
- Yi, Z. Zhang, Z., Chen, G., Rengel, Z., Sun, H. (2023). Microplastics have rice cultivar-dependent impacts on grain yield and quality, and nitrogenous gas losses from paddy, but not on soil properties. *Journal of Hazardous Materials*, 446:130672. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2022.130678
- Yu, R. J. (2024). New listed company: Dawushan Farm Technology Co., Ltd. (6952) [online]. TWSE Market Insights. [citováno dne 2024-09-20] Dostupné z: https://www.twse.com.tw/market_insights/en/detail/ff8080818f85b3e30190055d178d01d4
- Zhou, S., Li, Y., Liao, X., Wang, W., Mao, Ch., Mi, J., Wu, Y., Wang, Y. (2021). A low-cost deodorizing spray net device for the removal of ammonia emissions in livestock houses, *Journal of Cleaner Production*, 318:128516. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.128516.
- Zhuang, Y., Yu, J., Teng, G., Cao, M. (2020). Recognition method of large white sow oestrus behavior based on convolutional neural network. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.*, 51:364–370. DOI: 10.6041/j.issn.1000-1298.2020.S1.043



Jihočeské univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta zemědělská a technologická

www.fzt.jcu.cz