

**VLEERMUIZEN ALS
INSECTENBESTRIJDERS IN
VARKENSTALLEN: DUURZAME
OPLOSSING OF VOLGENDE
PANDEMIE?**

Aantal woorden: 11.724

Britt Nijs

Studentennummer: 01607351

Promotor: Prof. dr. Jeroen Dewulf

Promotor: Dr. Merel Postma

Onderdeel van de Masterproef voorgelegd voor het behalen van de graad master in de diergeneeskunde

Academiejaar: 2022 – 2023



Universiteit Gent, haar werknemers of studenten bieden geen enkele garantie met betrekking tot de juistheid of volledigheid van de gegevens vervat in deze masterproef, noch dat de inhoud van deze masterproef geen inbreuk uitmaakt op of aanleiding kan geven tot inbreuken op de rechten van derden.

Universiteit Gent, haar werknemers of studenten aanvaarden geen aansprakelijkheid of verantwoordelijkheid voor enig gebruik dat door iemand anders wordt gemaakt van de inhoud van de masterproef, noch voor enig vertrouwen dat wordt gesteld in een advies of informatie vervat in de masterproef.

Voorwoord

In de eerste plaats bedank ik graag mijn promotor, dr. Merel Postma. Ze stond me stap voor stap bij met raad en verbeteringen zodat ik van deze master thesis een mooie conclusie van mijn opleiding kon maken. Zonder u had mijn hele masterproef er helemaal anders uitgezien. Bedankt voor alles.

Hiernaast wil ik ook mijn tweede promotor bedanken; prof. dr. Jeroen Dewulf, voor het vrijmaken van budget voor de onderzoeken die ik wou uitvoeren en het verzorgen van de administratie die hierbij kwam kijken. Ook al zijn verbeteringen en suggesties werden steeds geapprecieerd. Dankuwel.

In kader van het onderzoeksgedeelte wens ik nog enkele mensen in het bijzonder te bedanken:

Vleermuisexpert René Janssen voor het mogelijk maken van de staalname en het aanreiken van extra informatie. Hierbij aansluitend ook een oprechte bedanking voor de medewerkers van Livar voor de toestemming tot bezoeken van het varkensbedrijf, en de paters van de abdij van Lilbosch en de medewerkers van de Vereniging van Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming van de provincie Limburg voor de toegang tot de kraamkamer van de vleermuizen.

Dr. Sebastiaan Theuns van Pathosense voor het aanstekelijk en motiverende enthousiasme voor mijn onderzoek. Nogmaals dankuwel voor het beantwoorden van al mijn vragen.

Prof. dr. Peter Geldhof, voor het oriënterende gesprek en de mogelijkheid om parasitologisch faecesonderzoek uit te voeren aan de faculteit Diergeneeskunde.

Nathalie De Wilde, laboratoriumassistente van de dienst coprologie aan de vakgroep Parasitologie; bedankt voor de gezellige namiddag bij het faecesonderzoek en alle hulp en begeleiding die u me hierbij gaf.

De dierenartsen van Provet voor een eerste inzicht in varkensziekten in bedrijven met buitenbeloop.

Als laatste wil ik nog enkele vrienden bedanken voor alle steun en suggesties tijdens het schrijven: bedankt aan Nina, Inez, An-Sofie, en Jonathan.

Inhoudsopgave

Samenvatting.....	6
1 Inleiding.....	7
2 Faecesanalyse.....	9
2.1 Materiaal en methoden.....	9
2.1.1 Collectie van stalen.....	9
2.1.2 Pathosense: nanopore sequencing.....	9
2.1.3 Parasitologisch onderzoek.....	11
2.2 Resultaten.....	12
2.2.1 Pathosense.....	12
2.2.2 Parasitologisch onderzoek.....	15
3 Literatuurstudie.....	17
3.1 Vleermuis als pathogeen reservoir.....	17
3.1.1 Virussen.....	17
3.1.2 Bacteriën.....	19
3.1.3 Parasieten.....	20
3.2 Pathogenen met economische impact bij het varken.....	22
3.2.1 Virussen.....	22
3.2.2 Bacteriën.....	24
3.2.3 Parasieten.....	25
3.2.4 Plagende invertebraten.....	27
3.3 Pathogeen risico: transmissie van vleermuis naar varken.....	28
3.3.1 Virussen.....	28
3.3.2 Bacteriën.....	29
3.3.3 Parasieten.....	29
3.4 Praktische overwegingen.....	30
3.4.1 Voorkeursprooien.....	30
3.4.2 Voorkeur in jaaglandschap.....	30
3.4.3 Precedent in agricultuur.....	31
3.4.4 Vleermuizen bij rundvee.....	31
3.4.5 Conservatie van vleermuizen.....	31
4 Discussie.....	32
5 Conclusie.....	34
6 Referentielijst.....	35

Lijst met afkortingen

µm: micrometer

ASFv: African Swine Fever virus

Bvb: bijvoorbeeld

DNA: Deoxyribonucleic acid (desoxyribonucleïnezuur)

EPG: eieren per gram

ESBL: Extended spectrum β -Lactamases

et al.: et alii (en anderen)

etc.: etcetera

H. irritans: *Haematobia irritans*, een stekende vlieg

KVPv: Klassieke Varkens Pest virus

M. emarginatus: *Myotis emarginatus*, de ingekorven vleermuis

MKZ: Mond- en klauwzeer

ml: milliliter

MRSA: Methicilline-resistente *Staphylococcus aureus*

NCBI: National Center of Biotechnology Information

nl.: namelijk

NL: Nederland

NPS: Nanopore Sequencing

OPG: oöcysten per gram

P. pipistrellus: *Pipistrellus pipistrellus*, de gewone dwergvleermuis

PEDv: Porcine Epidemic Diarrhea

PIV: Porcine Influenza Virus (of *SIV*: Swine Influenza Virus)

PRCv: Porciene Respiratoire Coronavirus

PRRSv: Porcine Respiratory and Reproductive Syndrome virus

rt-PCR: realtime-Polymerase Chain Reaction

SMEDI: Stillborn, Mummification, Embryonic Death en Infertility

Sp.: multiple onbekende species

Spp.: multiple gekende species

Samenvatting

Vleermuizen zijn reeds bekend als insectenverdelgers van pestsoorten in verschillende agriculturele settings. Aangezien ze natuurlijke predator van vele insectensoorten zijn, dragen ze bij aan populatiecontrole van de species die schade kunnen toebrengen aan gewassen of dieren, of als vector van pathogenen optreden.

Specifiek in varkensstallen kunnen vleermuizen helpen met populatiecontrole van plagende invertebraten die overlast veroorzaken voor de varkens of ziekten kunnen overbrengen. Het inzetten van vleermuizen voor insectenbestrijding in varkensstallen is echter niet zonder uitdagingen; het is moeilijk om vleermuizen te lokken en te houden in een gecontroleerde omgeving, en ze zijn niet altijd even effectief in het controleren van de insectenpopulatie. Hiernaast zijn vleermuizen erg gevoelig aan veranderingen in hun omgeving en kunnen last hebben van menselijke activiteiten zoals reiniging en ontsmetting van de varkensstallen bij leegstand. Niet onbelangrijk is ook het risico op pathogeentransmissie naar de varkens of de verzorgers.

In deze masterproef werd via een combinatie van literatuurstudie en faecesonderzoek (door middel van Nanopore Sequencing via Pathosense en lichtmicroscopisch parasitair onderzoek) een specifieke kolonie ingekorven vleermuizen (*Myotis emarginatus*) onderzocht naar het voorkomen van pathogenen in de faeces die ze kunnen verspreiden in varkensstallen. Deze kolonie werd gekozen aangezien deze in aanmerking komt om als insectenbestrijders ingezet te worden in een nabij gelegen varkensbedrijf met buitenbeloop. Naast *M. emarginatus* worden ook de gewone dwergvleermuizen (*Pipistrellus pipistrellus*) waargenomen rond dit bedrijf en worden deze ook als relevant aanzien voor dit onderzoek.

In het faecesonderzoek werden, buiten opportunistisch pathogene *Escherichia coli* en rotavirus A, geen relevante risico's vastgesteld. Dit is in tegenspraak met bestaande literatuur waar onder andere adenovirussen, rabiës, *Pasteurella* spp. en *Yersinia* spp. aangehaald worden als pathogene risico's. Dit onderzoek zette een eerste stap in het inschatten van het pathogene risico, maar verder onderzoek is nodig naar het pathogeen reservoir van deze vleermuizen, in bvb. bloed, aerosoldruppels of urine, om alle mogelijke risico's voor pathogeentransmissie te bestuderen.

1 Inleiding

Deze studie kwam tot stand vanuit een vraagstelling van een varkenshouderij met oog op verhoogd dierenwelzijn en duurzaamheid. Naar aanleiding van een opkomende problematiek met plagende invertebraten kwam er belangstelling voor een natuurlijke, duurzame vorm van insectenbestrijding. Nabij de stallen, in een abdij, verblijft een kraamkolonie van ingekorven vleermuizen (*Myotis emarginatus*)^{1,2}. Via akoestische survey werden er ook reeds gewone dwergvleermuizen (*Pipistrellus pipistrellus*) waargenomen rond de stallen (persoonlijke communicatie met dr. M. Postma, 7 december 2021). Er kon hierbij niet uitgesloten worden dat *M. emarginatus* zich ook rond de stallen begeeft, maar wegens erg zachte sonar is deze species moeilijk te detecteren via akoestische survey (Janssen en Kranstauber, 2006). Deze bovenvernoemde insectivore species kunnen de natuurlijke en duurzame oplossing zijn waar men naar op zoek is. Deze context leidde tot de volgende algemene vraag: wat zijn de mogelijkheden en beperkingen die het inzetten van vleermuizen ter insectenbestrijding met zich meebrengt? Om deze algemene vraag te concretiseren werden enkele deelvragen opgesteld, nl.: Zijn de plagende insecten prooi voor deze vleermuisspecies? Is het mogelijk om de stallen en het buitenbeloop aantrekkelijker te maken voor vleermuizen om er te willen jagen? Welke pathogene risico's zou deze vorm van insectenbestrijding met zich meedragen? Is het veilig voor de varkens om dicht contact te hebben met de vleermuizen? Is het veilig voor de verzorgers van varkens om dicht contact te hebben met de vleermuizen?

Voor dit onderzoek werd gekozen om dieper in te gaan op de pathogene risico's die naar voor komen bij contact tussen deze vleermuizen en de varkens. Deze studie zal in eerste plaats bijdragen aan betere kennis van de ziekten die via de eerder vermelde inheemse vleermuisspecies verspreid kunnen worden. In een tweede luik wordt een link gelegd naar de risico's voor de varkenshouderij.

De onderzoeksvragen voor dit onderzoek zijn volgende: welke biologische agentia behoren tot het pathogeen reservoir van deze lokale vleermuizen? Voor welke pathogenen kunnen de vleermuizen optreden als mechanische vector? Zijn deze lokale vleermuizen drager van agentia die van pathogeen belang zijn bij varkens?

Vanuit de achtergrondsituatie en onderzoeksvragen zijn volgende hypothesen geformuleerd:

1. De lokale vleermuizen zijn reservoir of vector voor verscheidene varkenspathogenen die relevant zijn in de industriële varkenshouderij.³
2. Het reële risico op introductie van pathogenen door de inzet van vleermuizen als insectenbestrijders weegt op tegen het pathogene, economische risico en het verlies van dierenwelzijn dat door de plagende invertebraten zelf teweeggebracht wordt.

Om deze onderzoeksvragen te trachten beantwoorden, worden eerst de drie belangrijkste vormen van potentiële ziekte-transmissie van vleermuizen naar varkens weergegeven. Deze zijn: verspreiding via faeces en urine (al dan niet tijdens de vlucht), aerosoldruppels bij echolocatie, en predatie van de vleermuis door het varken. Binnen dit onderzoek wordt de focus gelegd op de overdracht via faeces. Dimkić et al. (2020a) geeft aan dat het bemonsteren van een mesthoop uit de kraamkamer een efficiënte en niet-invasieve manier is om het pathogeen reservoir van de vleermuizen in te schatten. Toekomstig onderzoek zou zich kunnen richten op andere vormen van pathogene transmissie.

Concreet verloop van het onderzoek

Deze studie zal bestaan uit twee luiken. Als eerste luik gaat het over de detectie en analyse van pathogenen uitgescheiden door vleermuizen. Dit bestaat uit enerzijds laboratoriumonderzoek van faeces en anderzijds literatuurstudie. In een tweede luik wordt de link naar varkens gelegd. Hiervoor wordt berust op literatuurstudie en de resultaten van het laboratoriumonderzoek uit het eerste luik. Hieronder wordt elk onderdeel verder uitgelicht.

¹ [Algemene informatie over de ingekorven vleermuis](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

² [Abdij Lilbosch en voormalig klooster Mariahoop, Natura 2000](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

³ Het vaststellen van de richting van overdracht, vleermuis naar varkens of door vleermuizen opgenomen uit de stal, is niet met zekerheid vast te stellen in deze studie.

Faecesanalyse via Pathosense (Nanopore Sequencing) en lichtmicroscopisch parasitologisch faecesonderzoek

Om een zo uitgebreid mogelijk onderzoek te doen naar de agentia aanwezig in de vleermuiskolonie, wordt beroep gedaan op de Nanopore Sequencing (NPS) technologie van Pathosense⁴. Via analyse van fecale keutels van de vleermuizen wordt een overzicht gevormd van de aanwezige microbiota. Het is hierbij belangrijk op te merken dat de weergave van aanwezige parasieten vaak een onderschatting is aangezien hun genetisch materiaal moeilijker vrijkomt in de voorbereidende fase. De analyse van aanwezige virussen en bacteriën in het staal is wel een accurate weergave van de werkelijkheid, mits de stalen vers genoeg zijn.

Bij de staalname van mengmest zal er voldoende geïncubeerd worden om ook meerdere herhalingen van parasitologisch onderzoek uit te voeren⁵. De meerdere herhalingen worden ingesteld om de sensitiviteit van detectie te verhogen. Door de NPS aan te vullen met lichtmicroscopisch parasitologisch onderzoek wordt er verwacht de onderschatting van parasieten uit te balanceren.

Om een transmissie te trachten aan te duiden, worden ook faeces van de lokale varkenspopulatie geanalyseerd. Dit geeft een overzicht van reeds aanwezige enterische pathogenen in het varkensbedrijf. Met deze analyse kan er gesuggereerd worden of er al uitwisseling gebeurd is van pathogenen tussen vleermuis en varken.

Gerapporteerde pathogenen bij vleermuizen

De laatste decennia is er in toenemende mate literatuur gepubliceerd rond het (fecale) microbiom van vleermuizen, voornamelijk met oog op (potentiële) zoönosen. Op basis van deze studies kan er een lijst opgemaakt worden van pathogenen die men verwacht te vinden in dit onderzoek. Achtereenvolgens wordt er hierbij dieper ingegaan op virussen, bacteriën en parasieten.

Relevante pathogenen voor varkens op basis van literatuur

Bij specifieke pathogenen die een risico vormen voor varkens bij introductie op het bedrijf wordt er snel gedacht aan epidemische pathogenen zoals Afrikaanse Varkenspest, Klassieke Varkenspest en Porciene Epidemische Diarree. In België en Nederland is het Porciene Reproductieve en Respiratoire Syndroom virus ook erg relevant binnen de varkenshouderij wegens grote economische impact.

Hiernaast wordt er ook rekening gehouden met het feit dat de varkenspopulatie in kwestie beschikt over een buitenbeloop. Volgens enkele Belgische varkensdierenartsen wordt er een hogere prevalentie waargenomen van enterische pathogenen zoals *Brachyspira hyodysenteriae*, *Salmonella* spp. en maag- en darmparasieten wanneer de dieren toegang hebben tot een buitenbeloop⁶. Echter kunnen de meesten van deze enterische pathogenen gemakkelijk onder controle gehouden worden via preventiemaatregelen of met behulp van correcte behandelingen.

Indien de varkens via het buitenbeloop in contact kunnen komen met wilde diersoorten, is er een reëel risico op de overdracht van *Brucella* spp., *Leptospira* spp., etc. Delsart et al. (2020) stelt vast dat een buitenbeloop ook bijdraagt aan in stand houding van parasitaire cycli, bvb. van *Ascaris suum*, *Oesophagostomum* spp., *Trichuris suis* en *Cystoisospora suis*.

Verwachtingen van dit onderzoek

Deze studie draagt bij aan een beter inzicht in de pathogene functie van de vastgestelde vleermuisspecies. Zowel berustend op bestaande literatuur als aanvullend onderzoek, kan het pathogeen risico van verspreiding van ziekten ingeschat worden. Door een link te leggen naar gevaren voor de varkenshouderij kan er vastgesteld worden of ze op een efficiënte en veilige manier ingezet kunnen worden als duurzame insectenbestrijding. Hiernaast wordt ook de praktische kant bekeken; overeenkomst in plagende insecten en voorkeursprooien, preferentieel jaaglandschap, en precedent in de agricultuur.

⁴ [Meer informatie over Pathosense](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

⁵ Dit onderzoek werd zelfstandig door de student uitgevoerd, onder toezicht van het laboratoriumpersoneel van vakgroep Parasitologie van de faculteit Diergeneeskunde te Merelbeke.

⁶ Expertgesprekken met varkensdierenartsen, maart 2022

2 Faecesanalyse

2.1 Materiaal en methoden

2.1.1 Collectie van stalen

Het te analyseren staal van de vleermuizen bestaat uit een collectie van verse mengmest op het moment dat de kraamkolonie het grootste is in aantal, maar voordat de jongen geboren worden, dit om hen zo min mogelijk te verstoren. Volgens waarnemingen van de afgelopen jaren en informatie bekomen in het eerste expertgesprek met vleermuisexpert René Janssen is het ideale moment voor staalname begin juni. Bij deze staalname moet men onderkennen dat *M. emarginatus* vaak de kraamplaats deelt met andere vleermuissoorten, en er dus niet met zekerheid vastgesteld kan worden dat het mengmeststaal alleen van *M. emarginatus* komt. Aangezien *P. pipistrellus* reeds waargenomen werd via akoestische survey rond de verblijfplaats van *M. emarginatus*, is het aannemelijk dat ze de kraamplaats delen.

Om permissie te krijgen om de kraamkamer te betreden waar de faeces te vinden zijn, contacteerde vleermuisexpert René Janssen de Zoogdierverseniging Nederland wie ontheffing van Provincie Limburg (NL) ontving. Tevens werd goedkeuring verkregen van de Abdij waar de vleermuizen huizen.

Als tijdstip voor staalname werd gewacht tot na tien uur 's avonds. Rond dit moment vliegen de vleermuizen uit de kraamkamer om te jagen en zou er zo min mogelijk verstoring zijn.

Onder begeleiding van het kritische oog van vleermuisexpert René Janssen konden de meest verse fecale keutels verzameld worden van de kraamkamer.

Voor het vergelijkende staal van de varkens werd opnieuw een mengmeststaal verzameld. Er werd hier gekozen om het staal bij de oudste mestvarkens te nemen aangezien zij, op de zeugen na, al het langste in het bedrijf verbleven. Zoals bovenstaand beschreven betreft het varkens in een huisvestingssysteem gericht op een hoog niveau dierenwelzijn. De varkens verblijven per leeftijdsgroep in een hok bestaande uit een ruim binnenverblijf ingestrooid met stro en een buitenverblijf met verharde uitloop. Het type varkensbedrijf betreft een gesloten varkenshouderij.

De beide mengmeststalen werden gekoeld op ongeveer 4°C getransporteerd en minder dan twee dagen bewaard tot ze onderzocht werden. Op geen enkel moment werden de stalen ingevroren om te vermijden dat de gevormde ijskristallen schade aan de staalkwaliteit zouden aanrichten.

2.1.2 Pathosense: nanopore sequencing

Er werd gekozen voor nanopore sequencing (NPS) via Pathosense aangezien dit vele voordelen biedt in vergelijking met (realtime-)Polymerase Chain Reaction (rt-PCR) of klassieke cultivatie van bacteriën en virussen. Als eerste voordeel moet er bij NPS niet op voorhand geweten zijn welke pathogenen gezocht worden, want er is geen nood aan DNA-amplificatie (Theuns et al, 2018). Als tweede voordeel kan NPS ook moeilijk te cultiveren of repliceren pathogenen detecteren. Er zijn geen omslachtige kweekvoorwaarden bij DNA-analyse in vergelijking met bacteriële kweek. Als derde voordeel worden er via Pathosense alleen klinisch relevante pathogenen als positief aangeduid. Er is een systeem met ondergrens van minimaal aantal waarnemingen per pathogeen voor het als klinisch relevant vermeld wordt op semi-kwantitatieve wijze. Pathosense heeft een sensitiviteit van 77.3% en specificiteit van 97.4% waarmee het een zeer goed diagnostische tool is (Bokma et al, 2021). Een vierde voordeel is de innovatie van Pathosense. De preparatie van de stalen is een tijdrovend proces, maar met de gepatenteerde swab (bestaand uit een holle staaf met hierrond verschillende lagen filtering in afnemende poriegrootte hoe dichter tegen de staaf⁷) worden onzuiverheden er uit gefilterd. Een Pathosense analyse is dan ook een snelle vorm van complete detectie. Een vijfde voordeel is dat NPS alleen viabele pathogenen waarneemt. Door de voorbereidende stap met nuclease worden non-viabele pathogenen afgebroken en dus niet waargenomen bij de eigenlijke detectie (Bokma et al, 2021).

⁷ [Nauwynck H., Theuns S., Arnouts S., 16 juni 2020, filing date. Sampling device for biological specimen. World Intellectual Property Organization patent application WO2020260583.](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

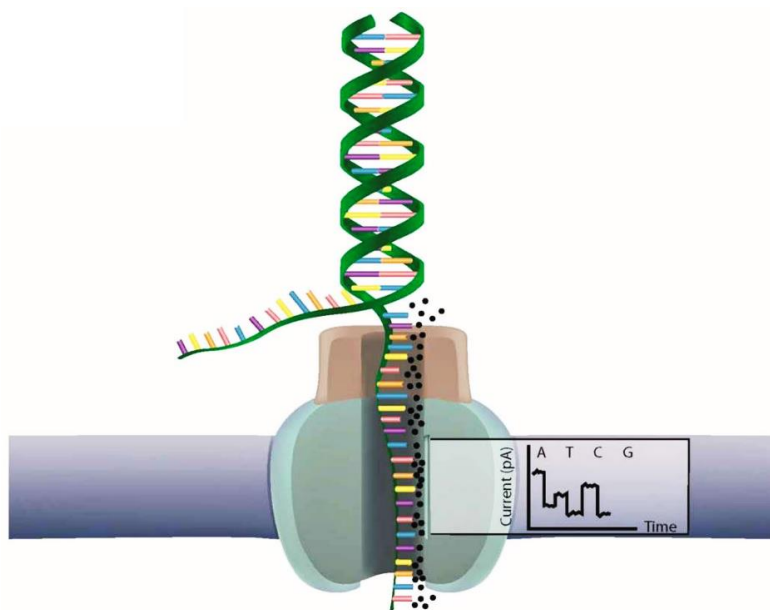
Aan de hand van de door Pathosense meegeleverde staalkits werden de meststalen ter plaatse voorbereid op analyse. Deze kits bestaan uit een hersluitbare opvangbeker, een 10 ml spuit (voor 4 ml gevuld met flush vloeistof) aangesloten op een 0.8 μm surfactant-vrije cellulose acetaat filterschijf, en de gepatenteerde swab in steriele verpakking (Bokma et al, 2021). De voorbereidende stap bestaat uit purificatie van het staal om het vlotter te kunnen verwerken en analyseren. Hiervoor wordt de gepatenteerde swab uit de steriele verpakking gehaald en in het mengmeststaal gebracht. Wanneer er voldoende staal in contact gekomen is met de swab wordt deze aangekoppeld op de filterschijf aangesloten op een bijgeleverde spuit. De swab wordt dan van binnenuit geflushed in de hersluitbare opvangbeker. De suspensie van staal en vloeistof wordt krachtig gemengd voor minstens 30 seconden met behulp van de swab. Bij aspiratie van het mengsel kan er 0.5 tot 2 ml gefilterde suspensie aangezogen worden in de spuit. Op dit punt wordt de swab afgekoppeld van de filterschijf. Deze laatste wordt afgesloten met een bijgeleverde dop. De opvangbeker wordt gesloten en mee in de kit bewaard. De swab kan weggegooid worden.

De voorbereide stalen voor Pathosense werden 12 uur na staalname binnengebracht voor analyse.

Voorafgaand aan de analyse zelf wordt er een nuclease behandeling uitgevoerd om vrije nucleïnezuren af te breken en alleen (klinisch) relevante species over te houden voor analyse. Zo wordt residueel DNA, bijvoorbeeld na een antibioticumbehandeling, uit het staal verwijderd (Bokma et al, 2021). Dit is een duidelijk voordeel ten opzichte van (realtime-)PCR. Dankzij deze nuclease behandeling worden intacte pathogenen als focus voor de nanopore sequencing gebruikt.

Werking van Nanopore Sequencing

Nanopore sequencing bestaat uit het individueel waarnemen van nucleotiden, in volgorde van het DNA geëxtraheerd uit een staal. Een flow cell met gezuiverd staal wordt ingevoerd in het NPS apparaat. Hierin is een synthetische bilipiede laag in een ionenoplossing aanwezig met een nanoporie als enige doorgang. Met behulp van een enzyme zoals polymerase of helicase en een opgewekte ionenstroom wordt de DNA streng nucleotide per nucleotide doorheen de porie getrokken waar deze kan waargenomen worden met een sensor (zie figuur 1). Deze waarnemingen bestaan als een verandering in ionenstroom in de tijd. Elke base (Adenine, Thymine, Cytosine, Guanine) uit de nucleotiden geeft een andere variatie in de ionenstroom waardoor de genetische code weergegeven kan worden. Dit geeft rauwe data die vergeleken kan worden met een databank. Alle gastheersequenties kunnen via deze databank geïdentificeerd worden om uit het resultaat te halen. Op deze manier blijven alleen (relevante) virussen en bacteriën over (Ampe, 2019).



Figuur 1: De werking van nanopore sequencing: een DNA streng die doorheen een nanoporie passeert waar een sensor waarneemt welke base voorbij kwam. De waargenomen variaties in de ionenstroom worden weergegeven in de tijd en komen overeen met een specifieke base van een nucleotide (grafiek rechts).

Uit: Churko et al., 2013

2.1.3 Parasitologisch onderzoek

Voor het parasitologisch faeces onderzoek werd gekozen om MiniFlotac (zie figuur 2) uit te voeren in een serie van drie herhalingen. De MiniFlotac werd gekozen aangezien dit een kwantitatief onderzoek is waarbij de gradatie van infectiedruk ingeschat kan worden. Door serieel te werken, wordt de sensitiviteit verhoogd om de kans op vals negatieve resultaten te verkleinen. Aangezien MiniFlotac gemiddeld een hogere sensitiviteit heeft dan McMaster, werd de meest sensitieve techniek aangewend. Het lichtmicroscopisch faecesonderzoek werd uitgevoerd onder begeleiding van laboratoriumassistente Nathalie De Wilde van de dienst coprologie op de faculteit Diergeneeskunde van Universiteit Gent te Merelbeke.

Bij het uitvoeren van de MiniFlotac werd de gebruikelijk manier van werken gevolgd, zoals beschreven in Van de Putte et al. (2016). Deze methode is gevalideerd voor landbouwdieren. Aangezien er getracht werd parasieten te detecteren die relevant zijn voor varkens, was dit een geschikte methode.



*Figuur 2: Links: Fill-FLOTAC recipiënt; Rechts: mini-FLOTAC-telkamer.
Uit: Barda et al., 2013.*

In een eerste voorbereidende stap werd het mengmeststaal extra gehomogeniseerd in een stenen vijzel met stamper. De faeces van de vleermuizen bestaat voor een groot aandeel uit chitine schilfers die mee vermengd werden. Hierna werd vijf gram mest afgewogen in een Fill-FLOTAC recipiënt waaraan 45 ml verzadigde zoutoplossing werd toegevoegd, waardoor de faeces in suspensie werden gebracht. Op dit moment werd het MiniFlotac systeem in elkaar gezet, klaar om te vullen. Na tien maal homogeniseren in de Fill-FLOTAC kon de eerste telkamer gevuld worden en na opnieuw tien keer te homogeniseren ook de tweede telkamer. Dit werd tien minuten geïncubeerd op kamertemperatuur van ongeveer 20°C. Tijdens deze incubatieperiode komen mogelijke oöcysten en wormeieren in de bovenste suspensiel laag drijven. Dankzij het efficiënte MiniFlotac systeem kan deze bovenste laag gemakkelijk van de onderste laag gescheiden worden door de bovenste schijf 90° te draaien. Het staal is nu klaar om bekeken te worden op 100x vergroting.

Elke gedetecteerde oöcyst of wormei wordt geteld en het finaal bekomen cijfer vermenigvuldigd met vijf om het aantal oöcysten per gram of eieren per gram te bekomen (Van de Putte et al., 2016).

Vleermuisfaeces gaven een extra uitdaging aan deze techniek. De faeces zijn namelijk enorm droog tot poederachtig van consistentie. De afgewogen vijf gram gaf hierdoor een groter volume dan geanticipeerd. Met de zoutoplossing erbij werd dit initieel een modderachtige brij waarbij de faecespartikels moeilijk vocht opnamen. Na goed homogeniseren van de suspensie werd wel een consistentie bekomen die vlot in de telkamer geschonken kon worden.

2.2 Resultaten

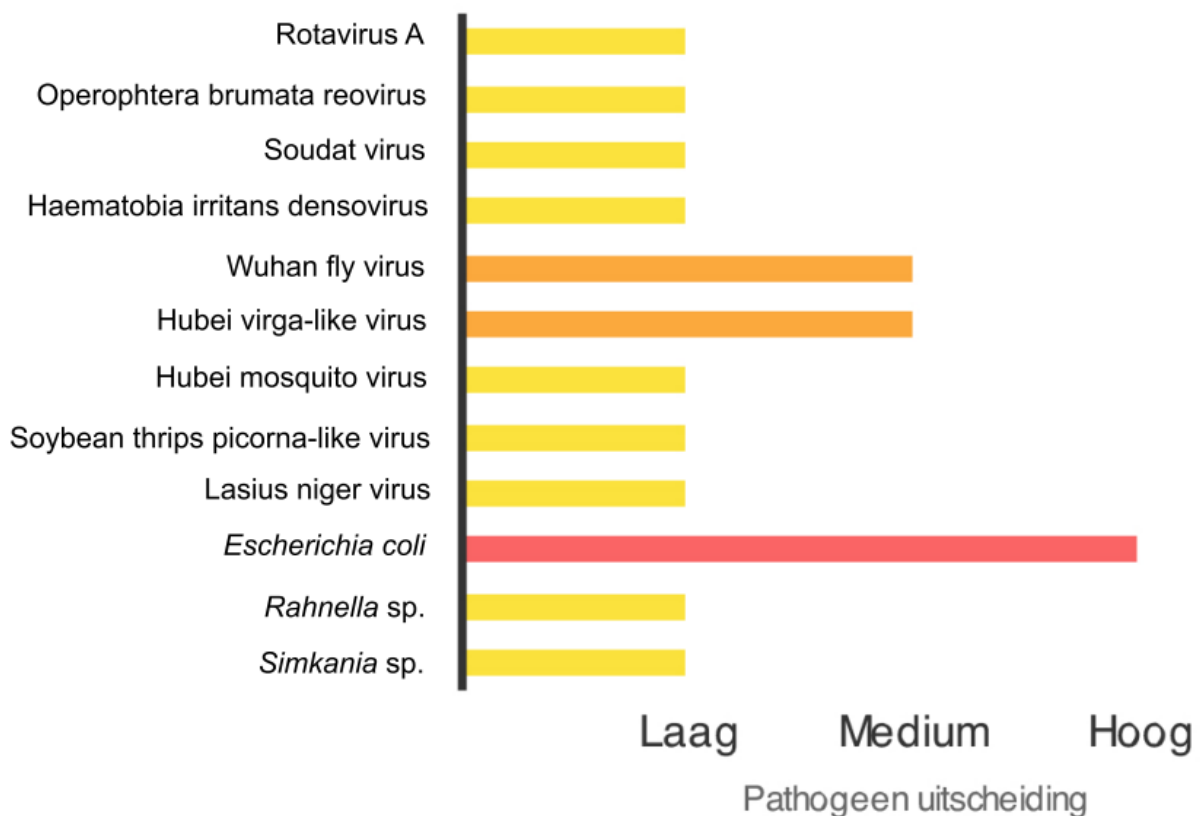
2.2.1 Pathosense

De resultaten van een Pathosense analyse worden op overzichtelijke manier gecommuniceerd naar de partij die de aanvraag instuurde. Via een app op een smartphone met persoonlijke login, kunnen de resultaten vlot bezichtigd worden waar je ook bent. De resultaten kunnen ook via mail doorgegeven worden aan de vragende partij en worden in een pdf-bestand formaat doorgegeven.

Zoals vermeld bij 'Materiaal en methoden' werden alle virussen en bacteriën, die aanwezig waren in voldoende hoge mate, weergegeven op semi-kwantitatieve wijze.

2.2.1.1 Resultaten van vleermuisstaal

Voor de analyse van de vleermuisfaeces werden onderstaande resultaten bekomen (zie figuur 3).



Figuur 3: : Pathosense analyse van het mengmeststaal van de vleermuizen

Het opvallende van deze resultaten is dat de meeste gedetecteerde virussen niet de vleermuis als klassieke gastheer hebben, maar wel prooidieren zoals *Operophtera brumata*, *Haematobia irritans*, *Lasius niger*, muggen, bladluizen, fruitvliegen, etc. Het feit dat er weinig pathogenen van de vleermuizen zelf in de oplijsting opgenomen zijn, geeft aan dat deze in mindere mate dan de ondergrens van Pathosense aanwezig waren.

De pathogenen die met grote waarschijnlijkheid de vleermuis zelf als gastheer hadden zijn rotavirus A, *Escherichia coli* en *Simkania sp.*

Hieronder wordt elk gedetecteerd pathogeen beschreven ter verduidelijking:

Rotavirus A is een bekend pathogeen bij varkens en geeft als belangrijkste klacht gastroenteritis, voornamelijk dan in de vorm van diarree bij biggen. Volgens de analyse komt dit virus slechts in lage mate voor in de faeces van deze vleermuizen.

Operophtera brumata reovirus wordt volgens de National Center of Biotechnology Information (NCBI) Taxonomy database beschreven als ongeclassificeerd reovirus van *Operophtera brumata*, de kleine

wintervlinder. Deze nachtvlinder legt eitjes in de winter dewelke uitkomen in het voorjaar. Vanaf half juni verpoppen ze zich om in de herfst te ontpoppen⁸. Aangezien de staalname van de vleermuisfaeces in begin juni plaatsvond, is het aantreffen van dit virus aanwijzing van ofwel predatie van de vleermuizen op de rupsen, ofwel dat dit virus onderdeel van het viraal reservoir vormt en ook zonder predatie op de vlinders binnen de vleermuispopulatie in stand gehouden wordt.

Soudat virus wordt volgens de NCBI Taxonomy database ook beschreven als ongeclassificeerd reovirus, ditmaal van de Franse fruitvlieg; *Scaptodrosophila deflexa*. Webster et al. (2016) beschreef dit virus reeds in onderzoek naar nieuwe virussen binnen de familie Drosophilidae van orde Diptera. Van fruitvliegen is geweten dat ze prooi zijn van verscheidene vleermuispecies, en door het aantonen van dit virus in dit staal kan men aannemen dat ze dus ook prooi zijn van *M. emarginatus* of *P. pipistrellus*.

Haematobia irritans densovirus heeft volgens NCBI ook de alternatieve naam van Dipteran muscodensovirus 1. Dit is een virus behorende tot de Parvoviridae en heeft als gastheer invertebraten. Ook dit virus kwam in lage pathogeen uitscheidende mate voor in het mengmeststaal van de vleermuizen. De aanwezigheid van dit virus in het faecesstaal geeft aanwijzing dat deze kolonie vleermuizen *Haematobia irritans* bejaagd. Aangezien dit één van de plagende insectsoorten binnen de vastgestelde varkenshouderij is, is dit een gunstig teken voor het inzetten van deze vleermuizen om de schade door stekende insecten bij de varkens te verminderen.

Wuhan fly virus is, zoals de naam suggereert, een virus van vliegen en andere invertebraten. Binnen dit virus worden er 6 variaties waargenomen, genummerd van 1 tot 6. Xia et al. (2018) beschreef dit virus reeds in Chinese mugspecies. Volgens de Pathosense analyse kwam dit virus in medium pathogeen uitscheidende mate voor. Ook dit virus geeft een indicatie over prooidieren van de vleermuizen. Het bejagen van vliegen zorgt voor minder overlast en irritatie bij de varkens, wat de productie alleen maar ten goede kan komen.

Hubei virga-like virus bevat volgens NCBI 23 variaties van ongeclassificeerde Riboviria. Als gastheer van dit virus in alle variaties zijn *Culex* muggen en bladluizen. De aanwezigheid van dit virus geeft de sterke suggestie dat de bemonsterde vleermuispopulatie jaagt op *Culex* spp., wat een positieve bevinding is in dit onderzoek. De aanwezige varkens ervaren dankzij de vleermuizen mogelijks minder last van deze muggen.

Hubei mosquito virus heeft als gastheer verscheidene muggen species en werd ook door Xia et al. in 2018 reeds beschreven. Dit virus geeft opnieuw een indicatie van prooispecies die door de vleermuizen bejaagd worden.

Soybean thrips picorna-like virus wordt in de NCBI beschreven als behorend tot de ongeclassificeerde picornavirales en bestaat uit 11 variaties, genummerd van 1 tot 11. Als gastheer worden bladluizen beschreven. De relevantie van de detectie van dit virus is laag binnen dit onderzoek aangezien bladluizen geen plagende soort is binnen de varkenshouderij.

Lasius niger virus behoort tot het genus Sopolycivirus en heeft als gastheren invertebraten, voornamelijk de zwarte wegmier, *Lasius niger*. Ook dit virus heeft beperkte relevantie binnen dit onderzoek.

Escherichia coli werd het meest gedetecteerd in dit mengmeststaal. Dit is een bekende opportunistische bacterie uit het gastro-intestinaal stelsel dat voorkomt bij bijna alle vertebraten. *E. coli* kan verscheidene ziekten verwekken afhankelijk van de geproduceerde toxines.

Rahnella sp. behoren tot de Yersiniaceae bacterie familie. Ze zijn gekend als *Enterobacteriaceae* die betrokken zijn bij voedselbederf (Manigandan et al., 2018). Hiernaast zijn *Rahnella* sp. ook te vinden in zoetwaterbronnen, aarde en invertebraten. Op vlak van klinische relevantie kunnen verschillende *Rahnella* sp. bacteriëmie of infectieuze endocarditis veroorzaken.

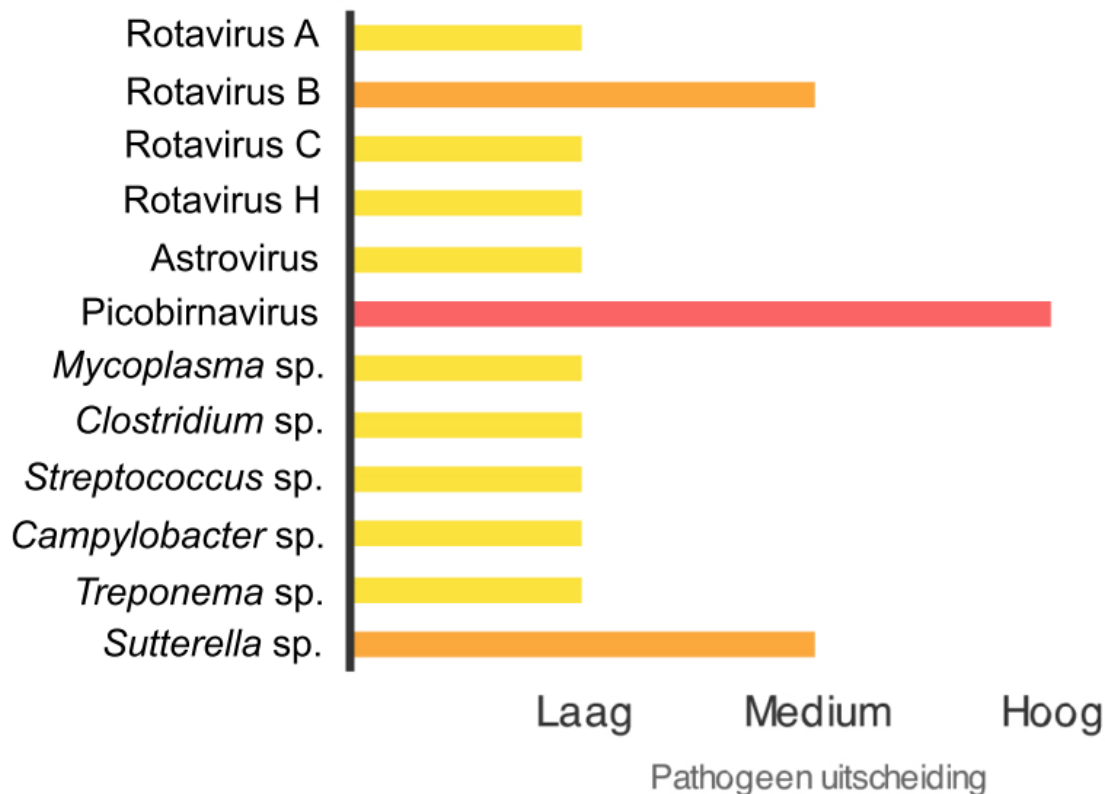
Als laatste benoemde pathogeen werd ook *Simkania* sp. gedetecteerd. Dit is een *Chlamydia* gerelateerd bacterium met grote host range; zowel de mens als andere vertebraten en zelfs protozoa behoren tot de mogelijke gastheren.

⁸ [Meer informatie over *Operophtera brumata*](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023).

Naast bovengenoemde bacteriën en virussen werden ook verschillende divergente virale species gevonden dewelke genetisch te sterk varieerden van virussen aanwezig in de geraadpleegde databanken (persoonlijke communicatie met dr. S. Theuns, juli 2022). Deze konden dus niet bij naam vernoemd worden.

2.2.1.2 Resultaten van varkensstaal

Hieronder (in figuur 4) staan de resultaten van de Pathosense analyse op mengmest van de varkens.



Figuur 4: Pathosense analyse van het mengmeststaal van de varkens.

Rotavirussen van verscheidene groepen zijn bekende virussen van het gastro-intestinaal stelsel. Ze zijn voornamelijk van klinisch belang als ze in hoge virale lading voorkomen en dus hoge infectiedruk geven, wat hier niet het geval is, of bij co-infecties, wat hier mogelijk wel gaande is.

Astrovirussen zijn ook virussen van het gastro-intestinaal stelsel en kunnen waargenomen worden in een grote spreiding aan gastheren, namelijk alle warmbloedigen; zowel zoogdieren, inclusief de mens, als vogels. Op vlak van klinische tekenen wordt milde, zelflimiterende diarree gezien, voornamelijk bij jonge dieren. Bij de mens, nerts, runderen, schapen en varkens wordt een link naar neuronale ziekten gesuggereerd. Naar relevantie voor deze varkens toe, is dit laag, want astrovirussen worden geregeld teruggevonden in mest van gezonde varkens. Bovendien worden deze virussen vaker overgedragen van mens naar varken dan omgekeerd (Proietto et al., 2017).

Picobirnavirussen zijn vaak aanwezig in meststalen zonder klinische relevantie. Als gastheren worden zowel mensen, verscheidene zoogdieren, vogels en reptielen vastgesteld. Hiernaast kan dit virus ook als omgevingspathogeen optreden (Ganesh et al., 2012). Klinisch kan een picobirnavirus infectie zich uiten als diarree bij onderdrukking van het immuunsysteem.

Qua bacteriën werden volgende vastgesteld in deze analyse: *Mycoplasma* sp., *Clostridium* sp., *Streptococcus* sp., *Campylobacter* sp., *Treponema* sp. en *Sutterella* sp. Hieronder volgt een beschrijving per bacterie, met informatie uit syllabi *Algemene diergeneeskunde bacteriologie en mycologie* van prof. dr. F. Haesebrouck, dr. F. Boyen en prof. dr. F. Van Immerseel uit 2019, *Bijzondere diergeneeskundige bacteriologie* van prof. dr. F. Van Immerseel en prof. dr. F. Haesebrouck uit 2019, en *Bacteriële en mycotische ziekten bij het varken en zoönosen* van prof. dr. F. Haesebrouck en dr. C. De Witte uit 2020.

Mycoplasma sp. zijn gastheerspecifieke bacteriën. Bij het varken is *M. hyopneumoniae* gekend als verwekker van enzoötische pneumonie. *M. hyorhinis* wordt vaak aangetroffen als commensale bacterie in het ademhalingsstelsel van varkens en kan bij neonaten polyarthritis of polyserositis veroorzaken.

Clostridium sp. zijn sporevormers die ubiquitair aanwezig zijn. Verschillende species zijn bekende ziekteverwekkers: *C. tetani* voor tetanus, *C. botulinum* voor botulisme, *C. perfringens* voor acute hemorrhagisch-necrotiserende colitis, en *C. difficile* voor neonatale diarree.

Streptococcus sp.: bij varkens wordt onder andere *S. suis* gezien bij zuigende en gespeende biggen en geeft bacteriëmie wat kan overgaan in meningitis of artritis. *S. suis* is een zoönose.

Campylobacter sp. zijn ook zoönotische agentia en zijn gekende voedselpathogenen. Qua species zijn voornamelijk *C. coli* en *C. jejuni* van klinisch belang bij varkens.

Treponema sp. zoals *T. hyodysenteriae* worden waargenomen bij dysenterie symptomen bij varkens. Andere *Treponema* species kunnen onder andere dermatitis veroorzaken.

Sutterella sp. zijn commensale bacteriën en zijn van weinig klinisch belang.

2.2.2 Parasitologisch onderzoek

Samen met laboratoriumassistente N. De Wilde werden er beduidend weinig parasitaire agentia aangetroffen, zowel bij de mengmeststalen van de vleermuizen als de varkens. Bij de vleermuizen werden er twee verdachte parasitaire structuren teruggevonden (zie figuren 5 en 6), bij de varkens werd één niet-gesporuleerde oöcyste gevonden (zie figuur 7).



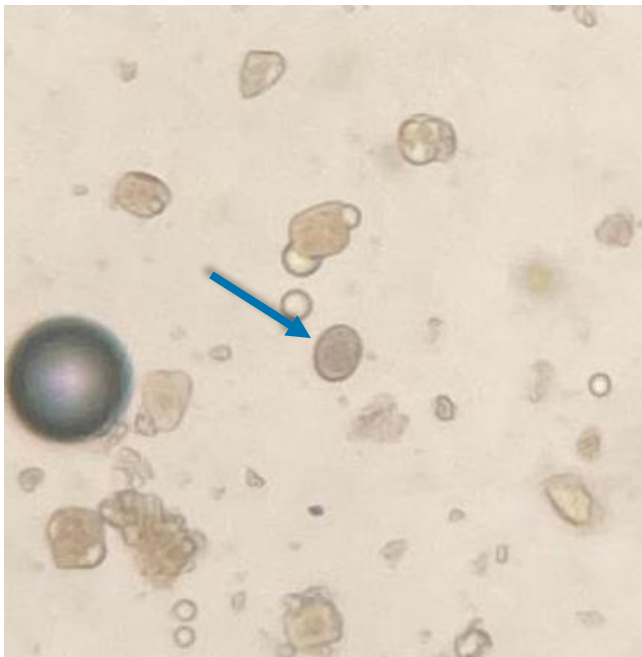
Figuur 5: Lichtmicroscopisch onderzoek van vleermuisfaeces. Een mijtenei aangeduid met de blauwe pijl.

Als eerste verdachte ei werd een mijtenei gevonden. Deze werd gedetermineerd door N. De Wilde en geconfirmeerd als mijtenei in het klievingsstadium via Mehlhorn, 2016. Soortidentificatie is niet mogelijk via lichtmicroscopie in dit stadium. Aangezien er slechts één ei gevonden werd, komt dit na toepassen van de berekening behorend tot MiniFlotac op 5 EPG (eieren per gram).



Figuur 6: Lichtmicroscopisch onderzoek van vleermuisfaeces. Vermoedelijk cestode-ei in vleermuisstaal aangeduid met blauwe pijl.

Een tweede verdacht ei behoort volgens N. De Wilde tot de cestoden. Ter confirmatie werd opnieuw Mehlhorn uit 2016 geraadpleegd. Het gevonden ei in het faecesstaal lijkt sterk op een ei uit het genus *Hymenolepis*, een cestode van mensen en andere zoogdieren. In de literatuur worden *Myotolepis* sp. beschreven als cestoden bij vleermuizen, dus kan er vermoed worden dat het om een cestode van dit genus gaat. Opnieuw ging het om slechts één ei, waardoor dit na berekening van de MiniFlotac methode op 5 EPG komt.



Figuur 7: Lichtmicroscopisch onderzoek van varkensfaeces. Oöcyste van genus *Isospora* aangeduid met blauwe pijl.

Figuur 7 is een beeld uit de MiniFlotac detectie van het mengmeststaal van de varkens. Hier werd één ongesporuleerde oöcyste van het genus *Isospora* gevonden. Aangezien dit staal van varkens komt, is het aannemelijk dat het om een oöcyste van *Isospora suis* gaat. Exacte speciesdeterminatie is erg moeilijk lichtmicroscopisch voor de ongetrainden, maar dankzij de expertise van N. De Wilde kon dit met sterk vermoeden vastgesteld worden als een oöcyste van *Isospora suis*.

Over de drie herhalingen van MiniFlotac onderzoek van het mengmeststaal werd een enkele oöcyste waargenomen, waardoor dit in totaal voor dit staal op 5 OPG (oöcysten per gram) komt.

3 Literatuurstudie

3.1 Vleermuis als pathogeen reservoir

3.1.1 Virussen

Wereldwijd zijn vleermuizen bekend en berucht als natuurlijk reservoir voor virale zoonosen zoals lyssavirussen en coronavirussen (Dimkić et al., 2020a en 2020b). Een interessante bedenking hierbij is dat Van Gucht (2014) geen coronavirussen vaststelt in Belgische vleermuizen. Dit onderzoek verliep over een periode van vijf jaar via passieve surveillance, voorafgaand aan de Covid-19 pandemie, en staat in sterk contrast met andere prevalentiecijfers voor coronavirussen bij vleermuizen in Europa rond dezelfde periode. Onder andere een studie van Reusken (2010) dewelke aangeeft dat de gemiddelde prevalentie van coronavirussen in Nederlandse vleermuizen ongeveer 17% bedraagt en bij *P. pipistrellus* oploopt tot 30%. Maar binnen ditzelfde onderzoek werd geen coronavirus gedetecteerd bij *M. emarginatus*. Berustend op deze onderzoeken kan er gesuggereerd worden dat de werkelijke prevalentie van coronavirussen bij *M. emarginatus* of *P. pipistrellus* sterk varieert afhankelijk van locatie, moment van staalname en staalmatrix. In recentere literatuur worden er in toenemende mate coronavirussen bij Europese vleermuizen gerapporteerd, zoals het voor het eerst aantonen van coronavirussen in Zweedse vleermuizen in 2020 (Lwande et al., 2022). Lazov et al. (2018) rapporteert een prevalentie van ongeveer 20% in verschillende Deense vleermuizen, waarbij een significante stijging gezien wordt ten op zichte van voorgaande jaren.

Van alle Belgische en Nederlandse endemische vleermuisspecies hebben de meesten ook een reservoir functie voor European Bat Lyssavirus (EBLV) 1 en 2, dewelke ook zoönotisch potentieel hebben. De gewone dwergvleermuis (*P. pipistrellus*) is hierbij een uitzondering en is er geen reservoir voor (Terriere, 2023). Van *Myotis* spp. is gekend dat ze reservoir zijn voor voornamelijk EBLV-2 (Van Gucht, 2016).

Andere virale agentia die regelmatig teruggevonden worden zijn herpesvirussen, adenovirussen, filovirussen zoals Marburg virus en Ebola virus, etc. Kurth et al. weerlegde reeds in 2012 eerdere studies die aantonen dat insectivore vleermuizen geen paramyxovirussen zouden dragen. Zij vonden drie Paramyxovirinae: één rubulavirus gerelateerd, en twee J-virus en Beilong virus gerelateerden. Sinds dit onderzoek wordt er in toenemende mate paramyxovirussen beschreven bij vleermuizen, voornamelijk Henipavirussen.

In onderstaande tabel (tabel 1) wordt alfabetisch weergegeven welke virussen in recente literatuur bevestigd worden bij *Myotis* spp. en *Pipistrellus* spp. in West-Europa via verscheidene detectiemethoden. Om overzicht en relevantie te bewaken, worden alleen de virussen weergegeven die relevant zijn voor zoogdieren. Naast deze virussen werden ook virussen van planten, invertebraten, protozoa en fagen vastgesteld via verscheidene detectiemethoden.

Tabel 1: Alfabetisch overzicht van virussen gedetecteerd bij *Myotis* spp. en *Pipistrellus* spp. in West-Europa gerapporteerd in recente literatuur. 1. Mühldorfer et al., 2011a; 2. Mühldorfer et al., 2011b; 3. Kurth et al., 2012; 4. Dacheux et al., 2014; 5. Frank et al., 2015; 6. Wolkers-Rooijackers et al., 2018; 7. Dimkić et al., 2020a; 8. Kohl et al., 2021.

Virus	Literatuurstudie	Histopathologie	Isolatie	Immunofluorescentie test	PCR	Sequencing
Adenoviridae	5, 8		8		8	4
Astrovirussen	5, 8					
Bunyavirales	8				8	4, 8
Nairoviridae					8	4, 8
Phenuiviridae						8
Phlebovirus	8				8	4, 8
Circovirus	8					
Corona virussen	4, 5, 6, 7, 8				8	
Flavivirus	8				8	4
Herpesviridae	5				1, 2, 8	4
Mononegavirales						8
Bornaviridae						4
Filoviridae	5					
Ebola virus	4, 6, 7	3				4
Marburg virus	4, 6, 7, 8	3				4
Paramyxoviridae	8	3		3	3, 8	3
Henipavirus	4, 7					4
Hendra henipavirus	5, 6, 8					
Nipah henipavirus	6, 7, 8					
Rhabdoviridae	8					4
Lyssavirus	4, 7					
Rabies	5, 6, 7			1, 2		1, 2
Orthomyxovirus	8				8	
Parvovirus	8					8
Picobirnaviridae						4
Picornaviridae	8					8
Poxviridae	8					4
Reoviridae	8					4, 8
Orbivirus	8					8
Orthoreovirus	8		8			8
Rotavirus	8					4, 8
Retroviridae	8					4, 8

De hierboven weergegeven virussen werden gedetecteerd op verscheidene matrices zoals bloed, speeksel, faeces en organen. De onderzoeken van Mühldorfer et al. (2011a en 2011b) werden uitgevoerd op zieke en natuurlijk overleden vleermuizen, dus niet alle gedetecteerde virussen uit deze onderzoeken zijn onderdeel van het viraal reservoir van deze vleermuizen. Deze onderzoeken geven aan dat de meeste pathogenen (ongeveer 60%) geïntroduceerd werden bij predatie, voornamelijk door katten. Kohl et al. (2021) deed uitgebreid onderzoek met meerdere detectiemethoden: virusisolatie in celcultuur, PCR en sequencing. Hiernaast bevat dit onderzoek ook een uitgebreid deel aan literatuurstudie. Deze beide luiken van dit onderzoek kunnen verklaren waarom ze zoveel virussen konden bevestigen in vergelijking met andere studies. Een bijkomende bijzonderheid aan dit onderzoek is dat meerdere virussen gedetecteerd via één techniek, niet gedetecteerd werden met een andere techniek. Voorbeelden hiervan zijn coronavirussen en herpesvirussen dewelke via PCR vastgesteld werden, maar niet via sequencing. Omgekeerd werden parvovirussen en rotavirussen vastgesteld via sequencing, maar niet via PCR. Dit benadrukt het belang van verscheidene detectietechnieken toe te passen om het volledige viroom in kaart te kunnen brengen.

Naast het vaststellen van aanwezigheid van bepaalde virussen, zijn er ook verscheidene onderzoeken die de afwezigheid van bepaalde virussen rapporteren. In het onderzoek van Dacheux et al. (2014) waren alle geteste vleermuizen negatief voor rabiës. Ook Frank et al. (2015) geeft aan geen rabiës of lyssavirus vast te stellen via een directe immunofluorescentie test in de hersenstalen van 38 vleermuizen. Ditzelfde onderzoek geeft aan dat de prevalentie voor rabiës het hoogste ligt bij *Eptesicus serotinus* (laatvlieger) en slechts zelden voorkomt bij *Myotis* species.

3.1.2 Bacteriën

In onderstaande tabel (tabel 2) wordt een alfabetisch overzicht gegeven van gerapporteerde bacteriën bij West-Europese vleermuizen in recente literatuur.

Tabel 2: Alfabetisch overzicht van bacteriën gedetecteerd bij *Myotis* spp. en *Pipistrellus* spp. in West-Europa gerapporteerd in recente literatuur. 1. Mühldorfer et al., 2011a; 2. Mühldorfer et al., 2011b; 3. Mühldorfer, 2013; 4. Afonso en Goyadin, 2018; 5. Hornok et al., 2018; 6. Vengust et al., 2018; 7. Wolkers-Rooijackers et al., 2018; 8. Dimkić et al., 2020a; 9. Colunga-Salas et al., 2021.

Bacterie	Literatuurstudie	Histopathologie	Isolatie en cultuur	Biochemische testen	PCR	Sequencing
<i>Acinetobacter</i> spp.						6
<i>Aerococcus</i> spp.			1, 2	1, 2		
<i>Anaplasma</i> spp.					4	4
<i>Bacillus</i> spp.	8		1, 2	1, 2		
<i>Bartonella</i> spp.	3					6
<i>Borrelia</i> spp.	3					
<i>Burkholderia</i> spp.			1	1		
<i>Campylobacter</i> spp.	3, 7, 8, 9					6
<i>Carnobacterium</i> spp.					7	6
<i>Cedecea davisae</i>			1, 2	1, 2		
<i>Chlamidia</i> spp.						6
<i>Citrobacter freundii</i>					7	
<i>Clostridium</i> spp.	3		1, 2	1, 2		6
<i>Coxiella</i> spp.						6
<i>Enterobacter</i> spp.	8	1, 2	1, 2	1, 2		
<i>Enterococcus</i> spp.		1	1, 2	1, 2	7	6
<i>Escherichia</i> spp.	3, 8, 9		1, 2	1, 2	7	6
<i>Hafnia</i> spp.	8		1	1		
<i>Klebsiella</i> spp.	8		1	1		6
<i>Lactococcus</i> spp.	8					6
<i>Leptospira</i> spp.	3					
<i>Listeria</i> spp.	3, 9					
<i>Mycoplasma</i> spp.					5	
<i>Neorickettsia</i> spp.	2, 5				5	
<i>Pasteurella</i> spp.	3, 8	1, 2	1, 2	1, 2		1
<i>Proteus</i> spp.	8					
<i>Pseudomonas</i> spp.					7	6
<i>Rahnella</i> spp.					7	
<i>Rickettsia</i> spp.	3				5	6
<i>Salmonella</i> spp.	3, 7, 8, 9		1, 2	1, 2		1
<i>Serratia</i> spp.	8		1	1	7	6
<i>Shigella</i> spp.	3, 7, 8, 9					
<i>Staphylococcus</i> spp.	3, 8, 9		1, 2	1, 2		6
<i>Streptococcus</i> spp.	9	1, 2	1, 2	1, 2		
<i>Vibrio</i> spp.	3		1	1		
<i>Yersinia</i> spp.	3, 7, 8		2	2	7	1

Dimkić et al. (2020a) rapporteert de aanwezigheid van *Staphylococcus* spp., *Lactococcus* spp., *Enterobacter* spp. en *Bacillus* spp., onafhankelijk van het soort staal dat onderzocht wordt. De phyla Actinobacteria, Bacteroidetes, Firmicutes en Proteobacteria komen in de grootste mate voor in het faecale bacterioom van Europese vleermuizen (Vengust et al., 2018). Volgens dit onderzoek is dit overeenkomstig met andere zoogdieren. Afwijkend van andere zoogdieren is de relatieve overmate aan Proteobacteria, wat bij andere zoogdieren een teken van dysbacteriose is. Vengust et al. (2018) suggereert dat dit grote aandeel van Proteobacteria toegeschreven kan worden aan het feit dat deze vleermuizen vaak in grotten wonen, waar dit phylum aan bacteriën overheerst.

Verscheiden artikels geven de hypothese of zelfs bevestiging dat vleermuizen een vectorfunctie vervullen in overdracht van antimicrobiële resistentie. Specifiek gaat het over multidrug resistente bacteriën met extended spectrum beta-lactamase en carbapenemase producerende stammen (Dimkić et al., 2020a), Methicilline-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) (Walther et al., 2008), en *Serratia* en *Rahnella* species dewelke natuurlijke dragers zijn van extended spectrum beta-lactamase genen (Van Hoek et al., 2015).

Hiernaast maakt onderzoek van Wolkers-Rooijackers et al. uit 2018 de opmerkelijke claim dat er geen bewijs is dat vleermuizen in Nederland significant belangrijke vectoren zijn voor bacteriële zoonosen.

3.1.3 Parasieten

De gerapporteerde parasitaire diversiteit binnen vleermuispopulaties van *M. emarginatus* en *P. pipistrellus* is erg uitgebreid en omvat ectoparasieten (zie tabel 3) en endoparasieten (zie tabel 4).

Tabel 3: Alfabetisch overzicht van ectoparasieten bij West-Europese vleermuizen gerapporteerd in recente literatuur. 1. Frank et al., 2015; 2. Yousefi et al., 2018; 3. Mckee et al., 2019; 4. Sándor et al., 2019.

Ectoparasiet	Literatuurstudie	Morfologische identificatie	PCR	Sequencing
Arachnida				
<i>Argas vespertilionis</i>		4	3	3
<i>Eyndhovenia euryalis</i>	1			
<i>Ichoronyssus scutatus</i>				1
<i>Haemaphysalis concinna</i>		4		
<i>Ixodes ariadnae</i>	4	4	3	3
<i>Ixodes ricinus</i>		4		1
<i>Ixodes simplex</i>	4	4		
<i>Ixodes vespertilionis</i>	4	4		
<i>Macronyssus rhinolphi</i>	1			
<i>Spinturnix andegavinus</i>			3	3
<i>Spinturnix emarginata</i>	1	2		
<i>Spinturnix myoti</i>				1
<i>Spinturnix plecotina</i>			3	3
<i>Steatonyssus periblepharus</i>	1			1
Insecta				
<i>Basilisa italica</i>	1			
<i>Basilisa nana</i>	1		3	3
<i>Basilisa nattereri</i>			3	3
<i>Cimex dissimilis</i>				1
<i>Cimex pipistrelli</i>	1		3	3
<i>Ischnopsyllus emarginatus</i>	1			
<i>Ischnopsyllus octactenus</i>				1
<i>Ischnopsyllus simplex</i>	1			
<i>Ischnopsyllus variabilis</i>			3	3
<i>Nycteribia kolenatii</i>			3	3
<i>Nycteribia schmidlii</i>			3	3
<i>Penicillidia conspicua</i>			3	3
<i>Penicillidia dufourii</i>	1		3	3
<i>Phthiridium biarcticulatum</i>	1		3	3
<i>Rhinolophopsylla unipectinata</i>	1			

Binnen de ectoparasieten werden in recente literatuur 14 species van Arachnida en 15 species van Insecta gerapporteerd. Hierin komen er zowel gastheerspecifieke species voor, zoals *Spinturnix emarginatus*, een teek van *M. emarginatus* of *Cimex pipistrelli* bij *P. pipistrellus*. Maar ook parasieten zoals *Ixodes ricinus* die een erg uitgebreide hostrange hebben en gekend zijn bij andere zoogdieren, parasiteren op vleermuizen.

Bij de endoparasieten van West-Europese vleermuizen worden zowel nematoden, trematoden, cestoden en protozoa gerapporteerd.

Tabel 4: Alfabetisch overzicht van endoparasieten bij West-Europese vleermuizen gerapporteerd in recente literatuur. 1. Mühldorfer et al., 2011b; 2. Lord en Brooks, 2013; 3. Frank et al., 2015; 4. Colunga-Salas et al., 2021.

Endoparasiet	Literatuurstudie	Morfologische identificatie	PCR	Sequencing
Nematoda		1		
<i>Molinostrongylus alatus</i>				3
Trematoda		1		
<i>Lecithodendrium linstowi</i>	3	2	2	
<i>Prosthodendrium aelleni</i>	3			
<i>Prosthodendrium chilostomum</i>	3			
<i>Prosthodendrium hurkovaee</i>		2	2	
Cestoda		1		
<i>Hymenolepis nana</i>	3			
<i>Myotolepis grisea</i>	3			
<i>Vampirolepis balsaci</i>				3
Protozoa				
<i>Babesia vesperuginis</i>		2	2	
Coccidiose		1		
<i>Cryptosporidium</i>	4	1		
<i>Giardia</i>	4			
<i>Polychromophilus murinus</i>		2	2	
Sarcosporidia-like protozoaire cysten		1		
<i>Toxoplasma gondii</i>		2	2	

Voor *Hymenolepis nana* werd reeds vastgesteld dat de cyclus in stand gehouden wordt via auto-infectie bij grooming (Frank et al., 2015). De cycli van andere endoparasieten kunnen gelijkaardig verlopen, of via een ectoparasiet zoals *Ischnopsyllus* spp. als tussengastheer, zoals waargenomen bij cestoden van andere zoogdieren, bvb *Dipylidium caninum*. Verspreiding van de parasieten binnen een kolonie kan gebeuren bij allo-grooming waarbij geëmbryoneerde wormeieren of gesporuleerde oöcysten oraal opgenomen worden.

3.2 Pathogenen met economische impact bij het varken

In de professionele varkenshouderij zijn er verscheidene pathogenen die voor economische verliezen zorgen. Hieronder worden achtereenvolgens de virussen, bacteriën, parasieten en plagende invertebraten besproken die relevant zijn binnen de professionele varkenshouderij. Om de economische impact van elk pathogeen weer te geven wordt, waar mogelijk, het geschatte verlies weergegeven en de reden van dit verlies. Dit kan variëren van rechtstreeks verlies door sterfte van dieren tot verhoogde voederconversie waarbij er minder efficiënt gewichtsaanzet gezien wordt en het economisch verlies waargenomen wordt als verhoogde voederkost. Een lager slachtgewicht of (gedeeltelijke) afkeuring zorgt in het slachthuis voor economisch verlies in de vorm van lagere opbrengst.

Verliezen op het onderzochte varkensbedrijf werden geschat op € 200 tot € 400 per volledig afgekeurd karkas, en minder dan € 100 per karkas indien het gedeeltelijk afgekeurd wordt of niet met zwoerd verkocht kan worden⁹.

Clavier en Patigny (2019) melden een schatting van 17% rendementsverlies bij de varkenshouderij door dierziekten.

3.2.1 Virussen

In onderstaande tabel (tabel 5) worden de gerapporteerde virussen met negatieve economische impact weergegeven in combinatie met de oorzaak van dit economisch verlies. Waar mogelijk staat hierbij ook een schatting van het verlies.

Tabel 5: Schatting en oorzaken van verlies van virussen relevant voor het varken. Bronnen: Nieuwenhuis et al., 2012; Alarcon et al., 2013; Nauwynck, 2018; Clavier en Patigny, 2019; Calderón Diaz et al., 2020.

Ziekte/pathogeen	Gemiddeld verlies	Oorzaak van verlies					Langetermijn impact	
		Sterfte	Verhoogde voederconversie	Lager slachtgewicht	Fertiliteitsproblemen	(Gedeeltelijke) Afkeuring in slachthuis	Veranderde status bedrijf/land	Ruiming van bedrijf
Virussen								
Afrikaanse varkenspest virus	€ 30-400 per karkas	x	x	x	x	x	x	x
Blaasjesziekte (vesicular disease)	€ 30-400 per karkas		x	x	x	x	x	
Klassieke varkenspest virus		x		x	x		x	x
Mond-en klauwzeer		x		x	x			x
Porciene circovirus type 2	€ 10.40 per big			x	x			
Porciene Epidemische Diarree virus	tot € 100 per karkas	(x)	x	x			x	
Porciene influenzavirus	12.8% lagere jaarlijkse winst		x	x				
Porciene parvovirus					x			
Porciene Reproductieve en Respiratoire Syndroom virus	€ 126 per zeug 14.6% lagere jaarlijkse winst		x		x			
Porciene Respiratoir Coronavirus (PRCV)	tot € 100 per karkas		x	x				
Pseudorabies virus (Aujeszky)		x	x	x	x		x	
Transmissibele gastroenteritis virus		x						

Afrikaanse varkenspest (ASFv: African Swine Fever virus) is een zeer belangrijke epidemische ziekte gekenmerkt door abortus, acute sterfte of chronische symptomen met lethale afloop. De geschatte verliezen door deze ziekte variëren tussen € 30 en € 400⁹. Hiernaast wordt ook de status van een bedrijf of het hele land herzien bij vaststellen van ASFv, wat ook economische gevolgen heeft, bijvoorbeeld bij ruiming van het bedrijf (Nauwynck, 2018). De bestrijdings- en uitroeiingsmaatregelen kunnen oplopen tot honderden miljoenen euro's over een heel land (Clavier en Patigny, 2019). Wegens de ernst van dit virus is dit een aangifteplichtige ziekte.

Blaasjesziekte of swine vesicular disease wordt gekenmerkt door ontwikkeling van met vocht gevulde papels. Bij aangetaste dieren wordt hierdoor een verminderde voederopname vastgesteld en zo ook een lager slachtgewicht. De mortaliteit is laag en treedt over het algemeen alleen op door anorexie of cachexie. Het verlies door deze ziekte wordt dan ook geschat op minder dan € 100 per karkas bij

⁹ Schatting door dr. M. Postma, op basis van eerdere verliezen binnen het onderzochte varkensbedrijf. Persoonlijke communicatie, februari 2023.

verlaagd slachtgewicht of tot € 400 per dier bij sterfte⁹. Hiernaast is dit ook een aangifteplichtige ziekte, wat kan leiden tot negatieve gevolgen voor de export van de dieren en dierlijke producten¹⁰.

Klassieke varkenspest virus (KVPv) heeft ook groot belang binnen de Belgische en Nederlandse varkenshouderij en hierdoor geldt er een meldingsplicht voor. De mortaliteit veroorzaakt door dit virus is hoog en dit brengt grote verliezen met zich mee. Hiernaast is deze ziekte gekenmerkt door abortus in alle drachtstadia. Bij epidemie kan hierbij het volledige bedrijf geruimd worden waardoor de verliezen erg hoog oplopen en moeilijk in te schatten zijn.

Mond- en klauwzeer (MKZ) is gekend wegens hoge morbiditeit en uitval van dieren. Varkens treden hierbij op als vermeerderingsgastheer (Nauwynck, 2018). Bij de letsels aan de poten wordt er gelijktijdig anorexie gezien omdat de dieren wegens kreupelheid en pijn niet meer aan de voederstations geraken. Als verlies geeft dit verlaagd slachtgewicht. In bedrijven waar natuurlijk gedekt wordt of een zoekbeer ingeschakeld wordt, geeft MKZ ook neerslag op fertiliteitscijfers aangezien de kreupelheid zorgt voor minder dekkingen of rondlopen op zoek naar berige zeugen. MKZ is ook een aangifteplichtige ziekte.

Porciene circovirus (type 2) is opportunistisch pathogeen bij co-infecties aangezien het virus de monocytten infecteert. Alarcon et al. (2013) meldt hierbij een verlies van € 10,40 per big door verlaagd slachtgewicht.

Porciene Epidemische Diarree (PED) is sterk relevant binnen de Belgische en Nederlandse varkenshouderijen (Postma, 2016). De ziekte wordt gekenmerkt door hoge morbiditeit en lage mortaliteit (Nauwynck, 2018). Het voornaamste verlies treedt op door verlaagd slachtgewicht. Dit verlies kan oplopen tot € 100 per karkas⁹.

Porciene influenza virus (PIV), ook gekend als Swine influenza virus (SIV), geeft verzwakte varkens met dyspneu als hoofdsymptoom. Nauwynck (2018) getuigt van een lage mortaliteit, maar een hoge morbiditeit. Volgens een rapport van Calderón Díaz et al. (2020) heeft een bedrijf met PIV besmette dieren een jaarlijks 12,8% lagere winst in vergelijking met PIV-vrije bedrijven.

Porciene parvovirus is een zogenaamd SMEDI virus (Stillborn, Mummification, Embryonic Death en Infertility) waarbij er door de fertiliteitsproblemen sterke verliezen optreden. Mits correcte vaccinatie is deze ziekte te controleren en kunnen de verliezen minimaal gehouden worden.

Porciene Reproductieve en Respiratoire Syndroom virus (PRRSv) is gekend om sterke impact te hebben op Belgische en Nederlandse varkenshouderijen. Vandaar dat er in Nederland intussen bewust wordt ingezet op het terugdringen van PRRSv.¹¹ De verliezen treden voornamelijk op door verhoogde voederconversie en fertiliteitsproblemen. Nieuwenhuis et al. (2012) rapporteert verliezen tot 126€ per zeug. In het rapport van Calderón Díaz et al. (2020) is er 14,6% lagere jaarlijkse winst vastgesteld in vergelijking met PRRSv-vrije bedrijven. Door de voortplantingsstoornissen en ademhalingsproblemen beweert Nauwynck (2018) dat dit een van de economisch meest belangrijke virussen in de wereld is. Deze bewering wordt ondersteund door onder andere Neumann et al. (2005).

Porciene Respiratoire Coronavirus (PRCv) infecties verlopen veelal subklinisch met eventueel verhoogde voederconversie en lager slachtgewicht. Afkeuring van de longen ten gevolge van longlaesies en pneumonie draagt ook bij tot economisch verlies door deze ziekte. Het geschatte verlies door PRCv loopt op tot € 100 per karkas⁹.

Pseudorabiës virus, beter gekend als de ziekte van Aujeszky, kent grote verliezen wegens de heuse abortusstormen in alle drachtstadia. De ziekte induceert tot 100% mortaliteit in biggen. Zowel België als Nederland hebben momenteel een statuut van Pseudorabiës vrij te zijn en geldt er een meldingsplicht. Bij een nieuwe uitbraak heeft de verandering van landsstatuut ook een economische impact op de export van dieren en dierlijke producten (Nauwynck, 2018).

Transmissiebele gastroenteritis virus is een mutatievariant van PRCv en kent een hoge morbiditeit en mortaliteit. De verliezen hiervan kunnen moeilijk ingeschat worden, maar lopen hoog op.

¹⁰ [GD diergezondheid Nederland](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

¹¹ [Vitale Varkenshouderij](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

Hiernaast beschrijft Calderón Diaz et al. (2020) dat de gemiddelde verliezen significant hoger liggen bij bedrijven die medische zorg zoals vaccinatie verlenen aan hun dieren in vergelijking met bedrijven waar geen preventieve of curatieve maatregelen getroffen worden.

3.2.2 Bacteriën

In onderstaande tabel (tabel 6) worden de gerapporteerde bacteriën met economische impact weergegeven in combinatie met de oorzaak van het economisch verlies. Waar mogelijk staat hierbij ook een schatting van het verlies door de bacterie.

Tabel 6: Schatting en oorzaken van verlies van bacteriën relevant voor het varken. Bronnen: Sassu et al., 2017; Haas en Grenier, 2018; Maes et al., 2018; Calderón Diaz et al., 2020; Haesebrouck en De Witte, 2020; Neila-Ibáñez et al., 2021; Rocha et al., 2022.

Ziekte/pathogeen	Gemiddeld verlies	Oorzaak van verlies				
		Sterfte	Verhoogde voederconversie	Lager slachtgewicht	Fertiliteitsproblemen	(Gedeeltelijke) Afkeuring in slachthuis
Bacteriën						
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>		x	x	x		
<i>Bordetella bronchiseptica</i>			x	x		
<i>Brachyspira hyodysenteriae</i>		x	x	x	x	
<i>Brucella suis</i>					x	
<i>Clostridium perfringens</i>		x		x		
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>			x	x	x	x
<i>Escherichia coli</i>		x	x	x	x	
<i>Haemophilus parasuis</i>		x	x	x		
<i>Lawsonia intracellularis</i>		x	x	x		
<i>Leptospira spp.</i>			x	x	x	
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	41% lagere jaarlijkse winst	x	x	x		x
<i>Pasteurella multocida</i>			x	x		
<i>Salmonella spp.</i>		x	x	x		x
<i>Streptococcus suis</i>	€ 1 meerkost per big	(x)	x	x		

Onderstaande informatie over de gerapporteerde bacteriën komt uit de diergeneeskundige syllabi *Algemene diergeneeskunde bacteriologie en mycologie* van prof. dr. F. Haesebrouck, dr. F. Boyen en prof. dr. F. Van Immerseel uit 2019, *Bijzondere diergeneeskundige bacteriologie* van prof. dr. F. Van Immerseel en prof. dr. F. Haesebrouck uit 2019, en *Bacteriële en mycotische ziekten bij het varken en zoönosen* van prof. dr. F. Haesebrouck en dr. C. De Witte uit 2020. Deze informatie werd waar nodig aangevuld met de gerefereerde artikels.

Actinobacillus pleuropneumoniae is een gekende bacterie die ontsteking van longen en borstvlies veroorzaakt. Door fibrotische adhesies wordt de ademhalingscapaciteit ondermijnd waardoor het dier stress ervaart en hyporexie vertoont. Bij aanhoudende ontsteking wordt lager slachtgewicht en verhoogde voederconversie aangetroffen (Sassu et al., 2017). Bijkomende verliezen zijn door sterfte en afkeuring van de longen in de slacht.

Bordetella bronchiseptica is een andere ziekteverwekker van ademhalingsproblemen en is medeverantwoordelijk voor atrofische rhinitis. Hierbij wordt voornamelijk hoest, verlaagde voederopname en hogere voederconversie gezien.

Brachyspira hyodysenteriae is de gastheerspecifieke verwekker van dysenterie gekarakteriseerd door diarree en vermageren. De meest voorkomende verliezen hierdoor omvatten lager slachtgewicht, verhoogde voederconversie en sterfte. Zoals eerder aangehaald is dit een pathogeen die voornamelijk te vinden is bij varkenshouderijen waarbij de dieren toegang hebben tot een buitenbeloop⁶.

Brucella suis is een zoönotisch pathogeen met abortus en fertiliteitsproblemen die een nadelige economische impact geven.

Clostridium perfringens is een darmpathogeen die gastro-intestinale problemen zoals diarree geeft. Dit draagt opnieuw bij aan verminderd gewichtaanzet, lager slachtgewicht en verhoogde voederconversie.

Erysipelothrix rhusiopathiae, ook gekend als vlekziekte, wordt bij slachtkeuring herkend door ruitvormige erythemateuze vlekken op de huid na schroeien. Dit geeft verlies als lagere karkaswaarde.

Escherichia coli is een opportunistisch pathogene maag-darm bacterie. Bij dysbacteriose of bacteriële overgroei kan *E. coli* maag-darm klachten veroorzaken, voornamelijk diarree. Als economisch verlies wordt lager slachtgewicht en hogere voederconversie gezien. Binnen *E. coli* worden meerdere vormen onderscheiden op basis van hun pathogeniciteit.

Haemophilus parasuis veroorzaakt meningoencephalitis, polyserositis, polyarthritis en pneumonie. Hierbij worden sterke verliezen gezien door sterfte, verlaagd slachtgewicht en afkeuring in het slachthuis.

Lawsonia intracellularis is een intracellulaire enterische bacterie die op postmortem onderzoek karakteristieke hersengyri-achtige plooivorming geeft aan de maag- en darmmucosa. Door het enterisch karakter van deze bacterie geeft dit maag- en darmklachten bij het levende dier wat resulteert in verliezen door verhoogde voederconversie en verlaagd slachtgewicht.

Leptospira spp. zijn zoönotische pathogenen die acute nierpathologie kunnen veroorzaken. Afhankelijk van de geïnfecteerde diersoort worden ook thrombocytopenische veranderingen waargenomen. Bij varkens geeft dit verlies in de vorm van verhoogde voederconversie, verlaagd slachtgewicht en fertiliteitsproblemen.

Mycoplasma hyopneumoniae is een belangrijke pathogeen van het ademhalingsstelsel met sterke gastheerspecificiteit. Calderón Diaz et al. (2020) rapporteert tot 41% lagere winst in vergelijking met *M. hyopneumoniae* vrije bedrijven. De grote economische verliezen door *M. hyopneumoniae* komen volgens Maes et al. (2018) door de hoge kost van behandeling en vaccinatie, maar ook door verminderd gewichtaanzet en hogere uitval bij secundaire infecties.

Pasteurella multocida is ook een speler binnen de progressieve atrofische rhinitis en geeft dus ook ademhalingsproblemen. In het slachthuis kunnen de longen afgekeurd worden wegens letsels door deze bacterie (Rocha et al., 2022).

Salmonella spp. zijn commensale, opportunistisch pathogene bacteriën van het gastro-intestinaal stelsel. Aangezien dit een belangrijke voedselpathogeen is, worden verliezen voornamelijk gezien door afkeuring in slachthuis.

Streptococcus suis veroorzaakt algemeen malaise en ademhalingsproblemen binnen varkenshouderijen (Haas en Grenier, 2018). De grootste schade wordt berokkend tot de nest- en speenbiggen door hoge morbiditeit, maar gelukkig een eerder lage mortaliteit. De meeste verliezen hierbij worden gezien als meerkost van ongeveer € 1 per big door de medische zorgen die ze nodig hebben (Neila-Ibáñez et al., 2021).

De meeste verliezen bij bovengenoemde bacteriële infecties worden waargenomen als verhoogde kost gedurende het leven van de varkens: meerkost van voeder bij verhoogde voederconversie, meerkost van pro- en metafylactische behandelingen, etc. Voor de inschatting van de verliezen worden voornamelijk termen als “ernstige verliezen”, “significante verliezen” of “grote verliezen” aangehaald. Werkelijk cijfermateriaal wordt weinig gerapporteerd.

3.2.3 Parasieten

Onderstaande tabel (tabel 7) geeft visueel de oorzaken van economisch verlies weer die de gerapporteerde parasieten veroorzaken. De bijhorende informatie komt uit de diergeneeskundige syllabi *Parasitaire ziekten bij huisdieren* door prof. dr. E. Claerebout uit 2016 en *Parasitaire zoönosen* door prof. dr. P. Dorny uit 2017. Deze informatie werd waar nodig aangevuld met het onderzoeken van Ózsvári (2017 en 2018).

Tabel 7: Oorzaken van verliezen door parasieten relevant bij het varken. Bronnen: Claerebout, 2016; Dorny, 2017; Ózsvári, 2017; Ózsvári, 2018.

Ziekte/pathoogeen	Oorzaak van verlies			
	Verhoogde voederconversie	Lager slachtgewicht	Fertiliteitsproblemen	(Gedeeltelijke) Afkeuring in slachthuis
Endoparasieten				
<i>Ascaris suum</i>	x	x		x
<i>Cryptosporidium</i> spp.	x	x		
<i>Hyostromylus rubidus</i>	x	x		
<i>Isospora suis</i>	x	x		
<i>Metastrongylus elongatus</i>	x	x		
<i>Oesophagostomum dentatum</i>	x	x		
<i>Taenia solium</i> (cysticercose)				x
<i>Toxoplasma gondii</i>			x	
<i>Trichinella</i> spp.				x
<i>Trichuris suis</i>	x	x		x
Ectoparasieten				
<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>suis</i>	x	x		x
<i>Haematopinus suis</i>		x		x

Ascaris suum is een parasitaire nematode die grote economische impact heeft bij het varken. Verliezen worden hierbij gezien door de hogere voederconversie, een daling van het gemiddelde slachtgewicht en afkeuring van de lever door migratieletsels; de typische “white spots”.

Cryptosporidium spp. geven typisch een daling van gewicht en een hogere voederconversie.

Hyostromylus rubidus is een parasitaire rondworm vergelijkbaar met *Ostertagia ostertagi* bij runderen. Hogere voederconversie en daling van het slachtgewicht zijn ook hierbij de grootste oorzaken van verliezen.

Isospora suis is de belangrijkste coccidium bij het varken wereldwijd. Biggen lopen hierdoor vaak groeiachterstand op, maar het geeft weinig sterfte. Verliezen worden vooral gezien door verhoogde voederconversie en verlaagd slachtgewicht.

Metastrongylus elongatus is de varkenslongworm en induceert parasitaire bronchitis. Als voornaamste verliezen worden hier ook hogere voederconversie en een daling van verwachte slachtgewicht gezien.

Oesophagostomum dentatum is een nematode die ook verliezen geeft in de vorm van lager lichaamsgewicht en hogere voederconversie.

Taenia solium is een varkenslintworm met zoönotisch karakter. Als groot verlies is er afkeuring in het slachthuis, en dus een lagere karkaswaarde, door cysticercose.

Toxoplasma gondii is een protozoaire parasiet met grote gastheerrange die alle warmbloedigen omvat. Katachtigen zijn hierbij de eindgastheer, andere diersoorten en de mens treden op als tussengastheer. Als ziektesymptomen en oorzaken van economisch verlies binnen de varkenshouderij wordt onder andere abortus gezien.

Trichinella spp. zijn parasieten van verscheidene zoogdieren. Bij de tussengastheer migreert de larve naar spieren en omkapselt zich hierin. In het slachthuis leidt dit tot afkeuring van karkas(-delen) en dus economische verliezen.

Trichuris suis is een gastheerspecifieke parasitaire nematode die verhoogde voederconversie veroorzaakt en afkeuring van spieren of volledige karkassen.

Sarcoptes scabiei var. *suis* is een dermale graafmijt die erge onrust en jeuk veroorzaakt binnen de varkenspopulatie. Als economisch verlies wordt hogere voederconversie, lagere karkaswaarde en verhoogde kost voor het opschonen van het karkas gezien.

Haematopinus suis is een bloedzuigende luis die voornamelijk leidt tot verminderde gewichtstoename. Bij grote infestaties kan er ook verlaagde karkaskwaliteit zijn door vele steektrauma.

3.2.4 Plagende invertebraten

Een verlies dat gezien wordt bij alle stekende plaagsoorten, en reeds vastgesteld werd bij de onderzochte varkenspopulatie, is de afkeuring van huid en zwoerd in het slachthuis. Dit werd reeds vastgesteld bij de varkens van het onderzochte varkensbedrijf. Als verlies werd er hierdoor minder dan € 100 per karkas gerapporteerd⁹.

Niet alleen de gevolgen van de aanwezigheid van deze plagende soorten heeft een economische impact, ook de verdelging ervan brengt een grote kost met zich mee. Hierdoor is het erg moeilijk een exacte cijferwaarde in te schatten op het verlies dat deze plagende invertebraten met zich mee brengen.

In onderstaande tabel (tabel 8) worden plagende invertebraten van varkens weergegeven in combinatie met de oorzaken van verlies die ze met zich meebrengen.

Steekvliegen zoals *Stomoxys calcitrans* brengen onrust in de stallen wat resulteert in verlaagd dierenwelzijn en stress. Door deze stress stijgt de voederconversie en daalt het gemiddeld slachtgewicht (Ózsvári, 2017 en 2018). Bij erge stress wordt ook het immuunsysteem onderdrukt waardoor de dieren vatbaarder zijn voor circulerende pathogenen. Patra et al. (2018) geeft ook aan dat *S. calcitrans* optreedt als biologische vector voor *Habronema* spp. en *Hymenolepis* spp., en mechanische vector voor verscheidene virussen, bacteriën, protozoa en helminthen. Bij erge infestaties kan er ook anemie optreden met hoge productieverliezen zoals verhoogde voederconversie of verlaagd slachtgewicht.

Muggen zoals *Culex* spp. zijn gekende vectoren van verschillende pathogenen welke op hun beurt bijkomende verliezen geven. Afhankelijk van de overgedragen pathogenen kan dit verlies komen door verhoogde voederconversie of verlaagd slachtgewicht, of sterfte.

Teken zoals *Ixodes* spp. zijn overdragers van de zogenaamde tick borne diseases welke grote economische gevolgen kunnen hebben.

Huisvliegen zoals *Musca autumnalis* in grote aantallen geven onrust in de stallen waar er door stress verhoogde voederconversie, verlaagd slachtgewicht en eventuele hogere vatbaarheid voor andere pathogenen vastgesteld kan worden (Ózsvári, 2017 en 2018).

Tabel 8: Oorzaken van verliezen door plagende invertebraten die relevant zijn bij het varken. Bronnen: Ózsvári, 2017; Ózsvári, 2018; Patra et al., 2018.

	Oorzaak van verlies				
	Onrust en irritatie	Overdracht van pathogenen	Verhoogde voederconversie	Lager slachtgewicht	(Gedeeltelijke) Afkeuring in slachthuis
Plagende invertebraten					
<i>Stomoxys calcitrans</i>	x	x	x	x	x
muggen	x	x	x	x	x
teken	x	x		x	x
<i>Musca spp.</i>	x		x	x	

3.3 Pathogeen risico: transmissie van vleermuis naar varken

Binnen dit onderzoek wordt er gekeken naar pathogenen aanwezig in het fecaal bioom van vleermuizen. Van vleermuizen is er gekend dat ze hun uitwerpselen voornamelijk laten vallen tijdens de vlucht¹². Aangezien dit onderzoek zich richt naar pathogene risico's tijdens de jacht van de vleermuizen, is de kans dus reëel dat de varkens in contact komen met vleermuisuitwerpselen wanneer deze jagen in varkensstallen. Hieronder wordt er achtereenvolgens een vergelijking gemaakt tussen economisch relevante agentia bij varkens, en de gedetecteerde en gerapporteerde agentia uit respectievelijk het beperkte onderzoek en de literatuurstudie. Volgens de gebruikelijke structuur binnen dit onderzoek wordt dit apart besproken voor de virussen, bacteriën en parasieten.

3.3.1 Virussen

Literatuur toont aan dat *M. emarginatus* een reservoirfunctie heeft voor enkele pathogene virussen die relevant zijn voor varkens. Dacheux et al. (2014) heeft onder meer Flaviviridae, Herpesviridae en Retroviridae beschreven.

In onderstaande tabel (tabel 9) worden de virussen met significant economische impact vergeleken met virussen vastgesteld bij vleermuizen. Aanvullend hierop worden ook andere transmissieroutes aangeduid zoals uitwerpselen, wilde dieren en insecten, waarvoor de vleermuis als mechanische vector kan optreden en zo de ziekte kan binnenbrengen op het bedrijf.

Tabel 9: Overzicht van relevante virussen bij varkens en hun manieren van transmissie. Naar: Postma, M., 2016. Antimicrobial usage in pig production; check, improve and reduce in Belgium and the EU. Doctoraatsthesis, Doctor in Veterinary Sciences, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent, België. Aangevuld met Theuns et al. (2018). Deze data werd vergeleken met bovenstaande literatuurstudie en beperkt onderzoek naar mogelijke aanwezigheid van deze pathogenen bij vleermuizen.

Ziekte/pathogeen	Direct contact	Indirect contact					Vleermuizen
		Mensen	Uitwerpselen	Wilde dieren	Knaagdieren	Insecten	
Virussen							
Afrikaanse varkenspest virus	x	x	x	x		x	
Blaasjesziekte (vesicular disease)	x	x	x	x			x
Klassieke varkenspest virus	x	x	x	x		x	x
Mond-en klauwzeer	x	x	x	x			x
Porciene circovirus type 2	x		x	x	x	x	x
Porciene Epidemische Diarree virus	x	x	x	x			x
Porciene influenzavirus	x	x	x	x			x
Porciene parvovirus	x		x	x	x		x
Porciene Reproductieve en Respiratoire Syndroom virus	x	x	x	x	x	x	
Porciene Respiratoir Coronavirus	x	x	x	x		x	x
Pseudorabies virus (Aujeszky)	x		x	x	x	x	x
Transmissibele gastroenteritis virus	x	x	x	x		x	x

¹² [Mueller, M., 2021. Have you ever wondered how bats poop?. In opdracht van: Skedaddle Humane Wildlife Control Milwaukee, USA.](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

3.3.2 Bacteriën

In onderstaande tabel (tabel 10) wordt de vergelijking gemaakt tussen bacteriën met economisch relevante impact op de varkenshouderij en bacteriën aangetoond in bovenstaande literatuurstudie en beperkt onderzoek. Ook bij bacteriën wordt een overlap vastgesteld waardoor er een reëel risico geconcludeerd kan worden. Bijkomend aan een risico voor de varkens, is er ook een risico voor de verzorgers aangezien vleermuizen drager kunnen zijn van zoönotische bacteriën (Wolkers-Rooijackers et al., 2018). Van Hoek et al. (2015) rapporteert ook de aanwezigheid van een risico op verspreiding van antibioticumresistentie door de vaststelling van Extended spectrum β -Lactamases (ESBL) genen in verscheidene insectivore vleermuizen.

Tabel 10: Overzicht van relevante bacteriën bij varkens en hun manieren van transmissie. Naar: Postma, M., 2016. Antimicrobial usage in pig production; check, improve and reduce in Belgium and the EU. Doctoraatsthesis, Doctor in Veterinary Sciences, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent, België. Deze data werd vergeleken met bovenstaande literatuurstudie en beperkt onderzoek naar mogelijke aanwezigheid van deze pathogenen bij vleermuizen.

Ziekte/pathogeen	Direct contact	Indirect contact					Vleermuizen
		Mensen	Uitwerpselen	Wilde dieren	Knaagdieren	Insecten	
Bacteriën							
<i>Actinobacillus pleuropneumoniae</i>	x			x			
<i>Bordetella bronchiseptica</i>	x			x	x	x	
<i>Brachyspira hyodysenteriae</i>	x	x	x	x	x	x	
<i>Brucella suis</i>	x	x	x	x		x	
<i>Clostridium perfringens</i>	x		x			x	x
<i>Erysipelothrix rhusiopathiae</i>	x		x	x	x		
<i>Escherichia coli</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Haemophilus parasuis</i>	x			x			
<i>Lawsonia intracellularis</i>	x		x	x	x	x	
<i>Leptospira spp.</i>	x	x		x	x		x
<i>Mycoplasma hyopneumoniae</i>	x	x		x			x
<i>Pasteurella multocida</i>	x	x	x	x			x
<i>Salmonella spp.</i>	x	x	x	x	x	x	x
<i>Streptococcus suis</i>	x	x	x	x		x	x

3.3.3 Parasieten

In tegenstelling tot bacteriën en virussen worden er op eerste zicht geen significante hoeveelheid parasitaire species verwacht vanuit de vleermuispopulatie die een gevaar vormen voor de varkens. De vleermuis is immers geen gekende tussengastheer voor varkensspecifieke parasieten (persoonlijke communicatie met prof. dr. P. Geldhof, 2022). Parasieten die niet aangepast zijn aan een specifieke gastheer, zoals *Ixodes ricinus* of *Cimex dissimilis*, of parasieten met wijde gastheerrange zoals *Toxoplasma* spp. kunnen wel relevant zijn voor zowel varkens als vleermuizen. In onderstaande tabel (tabel 11) wordt een overzicht weergegeven van relevante parasieten bij varkens en hun manieren van transmissie, in vergelijking met gedetecteerde en gerapporteerde parasieten bij Europese vleermuizen.

Tabel 11: Overzicht van relevante parasieten bij varkens en hun manieren van transmissie. Bronnen: Claerebout, P., 2016; Dorny, P., 2017. Deze data werd vergeleken met bovenstaande literatuurstudie en beperkt onderzoek naar mogelijke aanwezigheid van deze pathogenen bij vleermuizen.

Ziekte/pathogeen	Direct contact	Indirect contact						Vleermuizen
		Mensen	Uitwerpselen	Wilde dieren	Knaagdieren	Insecten	Omgeving	
Endoparasieten								
<i>Ascaris suum</i>	x	x	x	x	x	x	x	
<i>Cryptosporidium</i> spp.	x		x				x	x
<i>Hyostrongylus rubidus</i>			x	x	x	x	x	
<i>Isospora suis</i>			x	x	x		x	x
<i>Metastrongylus elongatus</i>						x		
<i>Oesophagostomum dentatum</i>			x				x	
<i>Taenia solium</i> (cysticercose)		x	x	x	x		x	
<i>Toxoplasma gondii</i>		x	x	x	x		x	x
<i>Trichinella</i> spp.		x		x	x			
<i>Trichuris suis</i>		x	x	x	x	x	x	
Ectoparasieten								
<i>Sarcoptes scabiei</i> var. <i>suis</i>	x						x	
<i>Haematopinus suis</i>	x							

3.4 Praktische overwegingen

3.4.1 Voorkeursprooien

Om de efficiëntie van het inzetten van vleermuizen ter insectenbestrijding te bepalen, is er een overlap nodig in de hinderlijke insecten voor de varkens en geprefereerde prooien van de aanwezige vleermuisspecies. De prooien van *M. emarginatus* zijn voornamelijk spinnen, vliegen en vlinders¹³. Species en genera van prooien die reeds vastgesteld werden zijn volgende: *Stomoxys calcitrans*, *Musca autumnalis*, *Chrysopidae*, *Psocoptera*, *Vespoidea*, *Thysanoptera* en *Coleoptera*¹⁴. Bij *P. pipistrellus* zijn muggen zoals *Trichocera regelationis* en *Culex* spp., en vliegachtigen, inclusief Tabaniden zoals *Tabanus bromius*, vastgesteld als prooien (Galan et al., 2017; Dekeukeleire et al., 2020). Deze kunnen als (mechanische) vector optreden voor verscheidene virussen en parasieten. Door predatie via de vleermuis kan de infectiedruk van deze virussen en parasieten mogelijk laag gehouden worden, maar deze specifieke impact vaststellen valt buiten de scope van dit onderzoek.

Saikia (2007) meldt dat Microchiroptera 40% tot 100% van hun lichaamsgewicht kunnen eten aan insecten per nacht, afhankelijk van de vleermuisspecies en metabole toestand. Bij dracht of lactatie kan er zelfs meer dan 100% van het lichaamsgewicht gegeten worden (Kurta et al., 1989; Kunz en Stern, 1995; Russo et al., 2018). In onze contreien varieert het lichaamsgewicht van 4-9 gram voor de gewone dwergvleermuis (*Pipistrellus pipistrellus*) tot 41-76 gram voor de grote rosse vleermuis (*Nyctalus lasiopterus*) en kan er dus een aanzienlijke deuk gemaakt worden in de aanwezige insectpopulatie. De hier onderzochte ingekorven vleermuis (*Myotis emarginatus*) bevindt zich eerder aan de ondergrens met een gemiddeld lichaamsgewicht van 9 gram voor een adult exemplaar. De meeste prooisorten wegen slechts enkele microgrammen, dus kunnen de vleermuizen honderden tot duizenden prooien per nacht verorberen; wat kan bijdragen aan het controleren van de grootte van de aanwezige insectpopulatie.

3.4.2 Voorkeur in jaaglandschap

Afhankelijk van de species is er voorkeur voor een ander soort jaaglandschap. *P. pipistrellus* jaagt voornamelijk onder de beschutting van bomen, terwijl *M. emarginatus* hoogstaand weidegras en beboste oevers verkiest¹³. Algemeen voor de Microchiroptera stellen Downs et al. (2006) en Law en Chidel (2006) dat er preferentie is voor open ruimten langs en tussen bomen om te jagen.

In onderzoek van Lentini et al. (2012) wordt geconcludeerd dat wijde, lineaire weidelopen, niet-verharde lanen, en plaatsen met inheems, onbewerkt weiland het meeste variatie in vleermuisspecies kan lokken. Verschillende bronnen tonen ook aan dat velden met verspreide bomen van minstens 70 cm in diameter, bomen met holten en kreupelhout meer vleermuizen kan aantrekken (Lunney et al., 1988; Lumsden et al., 2002; Lumsden en Bennett, 2005; Fischer et al., 2010).

Het onderzoek van Lentini et al. (2012) geeft ook aan dat de aanwezigheid van verharde wegen meer impact heeft op de afwezigheid van vleermuizen dan het effectieve verkeer dat zich hierop begeeft. Maar niet alle door de mens gemaakte structuren hebben een negatieve invloed op het jaaggedrag van vleermuizen. Zo leerde *P. pipistrellus* bijvoorbeeld gebruik te maken van straatlantaarns bij hun jachtmethode. Vele insecten zoals motten worden aangetrokken door het licht en zo kan *P. pipistrellus* hier efficiënt grote hoeveelheden motten vangen (Kahnonitch et al., 2018).

Naast bovenstaande voorkeuren in het landschap is het logisch dat er prooispecies aanwezig moeten zijn. Door het gebruik van pesticiden te verminderen, kunnen de prooispecies terugkeren naar weilanden en akkers, waardoor vleermuizen hier meer voedsel kunnen vinden (Lentini et al., 2012). Ook de aanwezigheid van een waterbron zoals een stroom of beek, of stilstaand water zoals een vijver in het landschap maakt het een meer aantrekkelijk jachtgebied voor vleermuizen. Dit enerzijds om zelf van te kunnen drinken en anderzijds omdat dit prooispecies zoals muggen lokt.

¹³ [Soortenbeschermingsprogramma vleermuizen](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

¹⁴ Instituut voor Natuur- en bosonderzoek

3.4.3 Precedent in agricultuur

De rol die vleermuizen hebben in insectenbestrijding is voornamelijk gekend in de agricultuur. Initieel werd de onderdrukking van pestsoorten voornamelijk toegeschreven aan vogels, maar het onderzoek van Kunz et al. (2011) toont aan dat vleermuizen eigenlijk een groot aandeel van deze populatiecontrole uitvoeren. De insectenbestrijding door vleermuizen is onder andere beschreven bij de rijstteelt (Puig-Montserrat et al., 2015), wijngaarden (Charbonnier et al., 2021) en Belgische boomgaarden (Dekeukelaire et al., 2020). Hier worden ze ingezet om pestsoorten van de planten onder controle te houden. Als gevolg hiervan kunnen de telers minder pesticiden gebruiken, wat een ecologisch en economisch voordeel is. Binnen de agricultuur werd er reeds positieve impact gezien op de insectenbestrijding door het installeren van vleermuiskasten om de vleermuizen bewuster in te zetten (Ricucci en Lanza, 2014).

3.4.4 Vleermuizen bij rundvee

De aanwezigheid van vleermuizen in runderstallen is al meerdermaals beschreven door verschillende auteurs (Krull et al., 1991; Kervyn et al., 2012; Siemers et al., 2012; Russo et al., 2018). Krull et al. (1991) beschrijft hierbij dat er bij het jagen in gebouwen dezelfde jachtmethodes toegepast worden als in de natuurlijke omgeving, nl. vangen van prooien in vlucht of het opnemen van prooien op oppervlakten zoals de bodem of muren. Kervyn et al. (2012) rapporteert hierbij een grote hoeveelheid aan *Stomoxys calcitrans* en *Musca autumnalis* in het dieet van *Myotis emarginatus*. Aangezien beide species pestsoorten bij rundvee (en varkens) zijn, heeft dit een positieve invloed op het dierenwelzijn van het vee. Een studie van Ghanem en Voigt (2012) toont aan dat *Myotis* spp. een significante impact hebben op onderdrukking van muggenpopulaties. Ze beschrijven dat er tot 1/3 minder eieren gelegd worden door *Culex* muggen wanneer er gepredateerd wordt op de adulten. Op deze manier wordt de populatiegroei van de muggen onderdrukt. Dit heeft een positief effect op zowel de directe overlast van muggen, namelijk het steken en bloedzuigen, maar ook de introductie van pathogenen.

Een onderzoek van Ancillotto et al. uit 2017 toont aan dat *Pipistrellus pipistrellus* een voorkeur heeft om te jagen boven en rond rundvee. Dit onderzoek geeft ook aan dat de aanwezigheid van runderen een belangrijkere factor is dan de aanwezigheid van runderfaeces. De runderen zelf trekken namelijk vliegen aan zoals *Stomoxys* spp. en *Musca* spp., maar ook muggen zoals *Culicidae* en *Simuliidae*, en bijtende knutten zoals *Ceratopogonidae*. Al deze insecten behoren tot potentiële prooisorten van verscheidene vleermuissoorten. Vanuit dit standpunt suggereert deze studie dat er een mutualistische relatie is tussen vleermuizen en rundvee waarbij de runderen prooisorten aantrekken en de vleermuizen de overlast wegnemen.

Russo et al. (2018) bevestigt dat de aanwezigheid van vee in de directe omgeving van verblijfplaatsen bijdraagt aan de voedselvoorziening voor vleermuizen. Concreet worden er (half-) open runderstallen en veeschuilplaatsen in weilanden beschreven, maar mogelijks kunnen de buitenbelopen van het varkensbedrijf, waar binnen dit onderzoek op gefocust werd, dezelfde voordelen bieden.

3.4.5 Conservatie van vleermuizen

Het inzetten van de vleermuizen ter insectenbestrijding kan bijdragen aan de conservatie van *M. emarginatus* en *P. pipistrellus* door het voorzien in voedselbronnen en deze dieren te accepteren als nuttige diersoort. In 1996 kreeg *M. emarginatus* door IUCN het statuut van kwetsbaar en werd deze vleermuis ook opgenomen als beschermde diersoort binnen de Europese Unie. In 2008 werd het IUCN-statuut herzien en veranderd naar veilig¹⁵. Aangezien er in Nederland slechts twee kraamkolonies gekend zijn, wordt *M. emarginatus* hier wel nog als kwetsbaar beschouwd (Dekker et al., 2013). In België behoren alle inheemse zoogdieren tot beschermde diersoorten en dus zijn alle vleermuizen opgenomen in het soortenbeschermingsprogramma¹³.

De stad Rotterdam heeft intussen in de lokale vleermuizenpopulatie een duurzame bestrijding van de eikenprocessierupsen gevonden¹⁶ waardoor dit tegelijkertijd bestrijding van een pestsoort is en conservatie van inheemse fauna.

¹⁵ [IUCN Red List assessment van *M. emarginatus*](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

¹⁶ [Duurzame bestrijding van de eikenprocessierups](#) (laatst geconsulteerd op 19 mei 2023)

4 Discussie

Bij vergelijking van het uitgevoerde beperkte onderzoek en de literatuurstudie komen enkele interessante punten op de voorgrond. Zoals eerder aangehaald werden de meest gedetecteerde pathogenen teruggebracht naar de prooien van de vleermuizen. Hieruit kan er gesuggereerd worden welke prooien bejaagd worden door de kolonie aan vleermuizen. De vaststelling van een virus van *Haematobia irritans* is een zeer gunstig teken aangezien dit de sterke suggestie geeft dat *H. irritans* bejaagd wordt door de aanwezige kolonie vleermuizen. Van dit plagend invertebraat is er geweten dat het circuleert bij de onderzochte varkenshouderij en hier ook schade berokkent. Deze vaststelling geeft aan dat de vleermuizen wel degelijk een efficiënte en duurzame manier van insectenbestrijding kunnen zijn.

Er werden in het zelf uitgevoerde onderzoek verschillende pathogenen gedetecteerd die ook gerapporteerd werden in recente literatuur. Van de 14 gedetecteerde pathogenen uit het beperkte onderzoek werden er 9 ook gerapporteerd in recente literatuur. Deze pathogenen zijn volgende: rotavirussen, reovirussen, parvovirussen, picornavirussen, *Escherichia coli*, *Rahnella* sp., mijten en cestoden. De bedenking hierbij is wel dat vele van de gedetecteerde virussen niet de vleermuizen, maar hun prooien als gastheer hadden. De relevantie van deze virussen van invertebraten is dus verwaarloosbaar in het grotere kader van dit onderzoek. De pathogenen die relevant lijken, zijn rotavirus A, *E.coli* en *Rahnella* sp. Deze pathogenen hebben een significante impact op het productieproces in de varkenshouderij, of voor *Rahnella* sp.; deze bacterie speelt een rol in voedselbederf. Vanuit deze kennis kan deze bacterie relevant zijn met oog op voedselveiligheid. Aangezien rotavirus A via de Pathosense analyse bij zowel de specifieke vleermuiskolonie als varkenspopulatie vastgesteld werd, kan dit een aanwijzing zijn dat er reeds pathogene transmissie heeft plaatsgevonden. Als dit met zekerheid vastgesteld zou worden, geeft dit weer dat er een reëel risico op overdracht is. Zonder deze zekerheid stelt deze auteur dat er een matig risico op pathogene overdracht is wegens de lage pathogene load aanwezig in de faeces. Dit is vast te stellen dankzij het semi-kwantitatief weergegeven van de pathogenen binnen een Pathosense analyse. De hoge aanwezigheid van *E.coli* bij de vleermuizen en de afwezigheid ervan bij de varkens, suggereert dat er geen volledige of constante besmetting van de varkens door de vleermuizen is.

Het was helaas niet mogelijk binnen dit onderzoek om het gedetecteerde mijten-ei en cestode-ei tot op speciesniveau te determineren. Er kan dan ook niet met zekerheid geconcludeerd worden dat de in de literatuur gerapporteerde species in overeenstemming zijn met de gedetecteerde species.

In het onderdeel met beperkt onderzoek had het interessant geweest om de bekomen resultaten via de Pathosense analyse te vergelijken met PCR testen. Door NPS in te zetten als monitoringstool, kwamen de pathogenen boven die in grootste mate aanwezig waren. Helaas waren dit vooral minder relevante resultaten, namelijk de virussen van invertebraten. Een combinatie in aanpak van NPS met PCR had mogelijks interessante resultaten gegeven, maar woog niet op tegen de financiële last. Door te kiezen voor NPS kon een interessante eerste screening van de vleermuispopulatie gebeuren dewelke in de toekomst zeker uitgebreid kan worden door andere matrices zoals bloed, urine, speeksel of de volledige dieren te bemonsteren.

De resultaten van het parasitair coprologisch onderzoek waren erg opmerkelijk aangezien er zeer weinig parasieten gedetecteerd werden hoewel er gekozen was voor een hoog sensitieve test en deze driemaal per staal herhaald werd. Er werd verwacht dat de besmetting bij zowel de vleermuizen als de varkens hoger ging zijn dan uiteindelijk vastgesteld.

Binnen de literatuurstudie waren er ook interessante ontdekkingen. Zo was er een opvallende hoeveelheid aan literatuur uit België en Nederland welke aangeven dat hun gedetecteerde pathogenen in contradictie staan met de gerapporteerde literatuur uit andere landen. Door deze veelvoudige opmerking lijken België en Nederland unieke kolonies te hebben op vlak van pathogene reservoirfunctie.

Na volledige analyse van alle resultaten van het beperkte onderzoek en de literatuurstudie konden alle mogelijkheden en risico's vastgesteld worden:

De grootste mogelijkheden of voordelen aan het inzetten van vleermuizen als insectenbestrijders in varkensstallen, die via dit onderzoek vastgesteld werden, zijn volgende: de vleermuizen jagen wel

degelijk op de plaagsoorten en het is economisch interessanter dan inzetten op traditionele pestverdelging. Aangezien de vleermuispopulatie hierdoor mee in stand gehouden wordt, is dit een oplossing die dus gedurende lange tijd kan doorgaan zonder schade toe te brengen aan de aarde of de levenskwaliteit van komende generaties, wat het een duurzame oplossing maakt.

Als nadelen of risico's werd er binnen dit onderzoek voornamelijk toegespitst op pathogenen. Als grote nadeel van het inzetten van vleermuizen als insectenbestrijders in varkensstallen is er het feit dat de bioveiligheid doorbroken wordt als de vleermuizen toegang krijgen tot de stallen. Andere diersoorten kunnen via dezelfde wegen ook hun weg naar binnen vinden en hier zijn ook weer risico's aan verbonden. Anderzijds zijn de stallen niet het geprefereerde jachtterrein van de vleermuizen en zullen ze spontaner geneigd zijn om te jagen aan de buitenbelopen. Op deze manier kan de bioveiligheid in de stallen wel gewaarborgd blijven. Als tweede reëel risico is er de mogelijkheid tot pathogeentransmissie. In de onderzochte vleermuispopulatie kwamen voornamelijk pathogenen aan het licht met milde tot matige impact op de varkenshouderij zoals rotavirus A en *E.coli*. Hiernaast kan er bij introductie van de vleermuizen in varkensstallen als insectenbestrijders niet uitgesloten worden dat ze gaan optreden als mechanische vector van pathogenen uit prooien, uit de stalomgeving, of introductie van pathogenen van wildlevende varkensachtigen zoals everzwijnen. Als er toegang wordt verleend tot alle varkensstallen kunnen de vleermuizen ook bijdragen aan versleep van pathogenen doorheen verschillende delen van het bedrijf. Hoewel de vleermuispopulatie in dit geval geen pathogene risico's introduceert uit het eigen reservoir, draagt deze vectorfunctie wel bij aan pathogene risico's voor de gehouden varkens.

Een extra bedenking hierbij is wel dat de pathogeniciteit van deze pathogenen na passage doorheen het maag- en darmstelsel van de vleermuizen niet vastgesteld is. Indien de pathogeniciteit significant zou dalen na vertering, is het reële risico ook significant lager.

Als derde reëel risico is er de gerapporteerde antibioticum resistentie die circuleert in vleermuispopulaties. Door de reeds strenge wetgeving rond antibioticum gebruik in de varkenshouderij (en andere veesectoren) kan een extra route van antibioticum resistentie transmissie introduceren grote gevolgen hebben. De gevoeligheid van bepaalde bacteriën naar de laatste producten die binnen de varkenshouderij nog ingezet mogen worden, kan hiermee ondermijnd worden.

Wegens beperkt cijfermateriaal van de economische impact van pathogenen in vergelijking met plagende invertebraten kunnen er geen exacte conclusies gemaakt worden over welke aanleiding geeft tot groter economisch verlies. Aangezien er minder sterfte vastgesteld wordt door plagende invertebraten, kan er gesuggereerd worden dat er minder economisch verlies is door plagende invertebraten dan pathogenen. Hierbij moet men wel bewust zijn dat sommige plagende invertebraten vector zijn voor de pathogenen en zo op twee manieren impact hebben op economische verliezen.

Berustend op dit onderzoek is er zeker nog ruimte om hierop verder te bouwen. Er zijn nog andere matrices te onderzoeken zoals urine, bloed, speeksel of aerosol geproduceerd bij echolocatie, etc. Een onderzoek naar het volledige pathogene reservoir van vleermuizen kan aantonen welke pathogenen overgedragen kunnen worden bij predatie van vleermuizen door varkens.

De mogelijke rol van de vleermuizen als mechanische vector wordt in dit onderzoek meerdermaals aangehaald, maar het werkelijk onderzoeken in welke mate deze rol impact heeft, dient nog onderzocht te worden.

Een bedenking die hierboven aangehaald werd in verband met de pathogeniciteit van de gedetecteerde pathogenen na passage doorheen het spijsverteringsstelsel van de vleermuizen, zou ook een interessante aanvulling op deze studie zijn.

Een laatste interessant onderzoek berustend op deze studie zou zijn om andere kolonies te bemonsteren. Een jacht van een vleermuis kan tot 15 km ver van de verblijfplaats gaan. Het is dus aannemelijk dat er ook andere kolonies aan vleermuizen jagen in de buitenverblijven van de onderzochte varkens.

5 Conclusie

Hoewel dit onderzoek veelbelovende resultaten toont, kan er niet met zekerheid geconcludeerd worden dat het veilig is om de vleermuizen in te zetten als insectenbestrijding in varkensstallen, dit wegens beperkt uitgevoerd onderzoek wat niet met de literatuur instemt. Volgens het zelf uitgevoerde onderzoek zouden de onderzochte vleermuizen geen reëel pathogeen reservoirfunctie vervullen voor de nabije varkens. Berustend op alleen dit deel van het onderzoek, zijn de vleermuizen de ideale duurzame manier van insectenbestrijding voor in en rond de varkensstallen. In combinatie met de literatuurstudie lijkt er een reëler risico op vlak van pathogenen te bestaan. Het verschil in economisch verlies tussen eventuele pathogenen aangebracht door de vleermuizen en schade door stekende insecten, en de eventuele ziekten die invertebraten kunnen aanbrengen is moeilijk in te schatten. Verder onderzoek is zeker aangewezen, hetzij via analyse van andere staaltypen zoals bloed of organen, hetzij door gericht naar pathogenen te zoeken met behulp van andere technieken zoals PCR.

6 Referentielijst

- Afonso, E., Goyadain, A., 2018. Molecular detection of *Anaplasma phagocytophilum* DNA in the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros*) guano. *Epidemiology and Infection* 146,1253–1258. D.o.i.: 10.1017/s0950268818001279.
- Alarcon, P., Rushton, J., Wieland, B., 2013. Cost of post-weaning multi-systemic wasting syndrome and porcine circovirus type-2 subclinical infection in England – An economic disease model. *Preventive Veterinary Medicine* 110, 88-102. D.o.i.: 10.1016/j.prevetmed.2013.02.010.
- Ampe, F., 2019. The use of nanopore sequencing in ecotoxicology. Masterproef, Master of Science in Biochemical Engineering Technology, Faculteit bio-ingenieurswetenschappen, Universiteit Gent, België.
- Ancillotto, L., Ariano, A., Nardone, V., Budinski, I., Rydell, J., Russo, D., 2017. Effects of free-ranging cattle and landscape complexity on bat foraging: Implications for bat conservation and livestock management. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 241, 54-61. D.o.i.: 10.1016/j.agee.2017.03.001.
- Barda, B.D., Rinaldi, L., Ianniello, D., Zepherine, H., Salvo, F., Sadutshang, T., Cringoli, G., Clementi, M., Albonico, M., 2013. Mini-FLOTAC, an innovative direct diagnostic technique for intestinal parasitic infections: experience from the field. *PLoS Neglected Tropical Diseases* 7. D.o.i.: 10.1371/journal.pntd.0002344
- Bokma, J., Vereecke, N., Pas, M.L., Chantillon, L., Vahl, M., Weesendorp, E., Deurenberg, R.H., Nauwynck, H., Haesebrouck, F., Theuns, S. et al, 2021. Evaluation of Nanopore Sequencing as a Diagnostic Tool for the Rapid Identification of *Mycoplasma bovis* from Individual and Pooled Respiratory Tract Samples. *Journal of Clinical Microbiology* 59. D.o.i.: 10.1128/JCM.01110-21.
- Calderón Díaz, J.A., Fitzgerald, R.M., Shaloo, L., Rodrigues da Costa, M., Niemi, J., Leonard, F.C., Kyriazakis, I., García Manzanilla, E., 2020. Financial analysis of herd status and vaccination practices for Porcine Reproductive and Respiratory Syndrome Virus, Swine Influenza Virus, and *Mycoplasma hyopneumoniae* in farrow-to-finish pig farms using a bio-economic simulation model. *Frontiers in Veterinary Sciences* 7. D.o.i.: 10.3389/fvets.2020.556674.
- Charbonnier, Y., Papura, D., Touzot, O., Rhouy, N., Sentenac, G., Rusch, A., 2021. Pest control services provided by bats in vineyard landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 306. D.o.i.: 10.1016/j.agee.2020.107207.
- Churko, J.M., Mantalas, G.L., Snyder, M.P., Wu, J.C., 2013. Overview of high throughput sequencing technologies to elucidate molecular pathways in cardiovascular diseases. *Circulation Research* 112, 1613-1623. D.o.i.: 10.1161/CIRCRESAHA.113.300939.
- Claerebout, P., 2016. Parasitaire ziekten bij huisdieren. Syllabus, 1^e master diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.
- Clavier, V., Patigny, X., 2019. Opkomende dierziekten: informatiebrochure voor veehouders. In opdracht van FAVV.
- Colunga-Salas, P., Hernández-Canchola, G., Grostieta, E., Becker, I., 2021. Bats as hosts of important unicellular endoparasites. In: Lim, B.K., Fenton, M.B., Brigham, R.M., Mistry, S., Kurta, A., Gillam, E.H., Russell, A., Ortega, J. (editors), 50 Years of Bat Research. Fascinating Life Sciences. Springer, Cham. D.o.i.: 10.1007/978-3-030-54727-1_20.
- Dacheux, L., Cervantes-Gonzalez, M., Guigon, G., Thiberge, J.-M., Vandenbogaert, M., Maufrais, C., Caro, V., Bourhy, H., 2014. A preliminary study of viral metagenomics of French bat species in contacts with humans: identification of new mammalian viruses. *PloS One* 9. D.o.i.: 10.1371/journal.pone.0087194.
- Dekeukeleire, D., Janssen, R., Delbroek, R., Raymaekers, S., Batsleer, F., Belien, T., Vesterinen, E.J., 2020. First molecular evidence of an invasive agricultural pest, *Drosophila suzukii*, in the diet of a

- common bat, *Pipistrellus pipistrellus*, in Belgian orchards. *Journal of Bat Research & Conservation* 13, 109-115. D.o.i.: 10.14709/BarbJ.13.1.2020.18.
- Dekker, J.J.A., Regelink, J.R., Jansen, E.A., Brinkmann, R., Limpens, H.J.G.A., 2013. Habitat use by female Geoffroy's bats (*Myotis emarginatus*) at its two northernmost maternity roosts and the implications for their conservation. *Lutra* 56, 111-120.
- Delsart, M., Pol, F., Dufour, B., Rose, N., Fablet, C., 2020. Pig Farming in Alternative Systems: Strengths and Challenges in Terms of Animal Welfare, Biosecurity, Animal Health and Pork Safety. *Agriculture* 10, 261. D.o.i.: 10.3390/agriculture10070261.
- Dimkić, I., Fira, D., Janakiev, T., Kabić, J., Stupar, M., Nenadić, M., Unković, N., Grbić, M.L., 2020. The microbiome of bat guano: for what is this knowledge important?. *Applied Microbiology and Biotechnology* 105, 1407-1419. D.o.i.: 10.1007/s00253-021-11143-y.
- Dimkić, I., Stanković, S., Kabić, J., Stupar, M., Nenadić, M., Ljaljević-Grbić, M., Žikić, V., Vujisić, L., Tešević, V., Vesović, N. et al, 2020. Bat guano-dwelling microbes and antimicrobial properties of the pygidial gland secretion of a troglophilic ground beetle against them. *Applied Microbiology and Biotechnology* 104, 4109-4126. D.o.i.: 10.1007/s00253-020-10498-y.
- Dorny, P., 2017. Parasitaire zoönosen. Syllabus, 1^e master diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.
- Downs, N.C. en Racey, P.A., 2006. The use by bats of habitat features in mixed farmland in Scotland. *Acta Chiropterologica* 8, 169–185.
- Fischer, J., Stott, J., Law, B.S., 2010. The disproportionate value of scattered trees. *Biological Conservation* 143, 1564–1567.
- Frank, R., Kuhn, T., Werblow, A., Liston, A., Kochmann, J., Klimpel, S., 2015. Parasite diversity of European *Myotis* species with special emphasis on *Myotis myotis* (Microchiroptera, Vespertilionidae) from a typical nursery roost. *Parasites & Vectors* 8. D.o.i.: 10.1186/s13071-015-0707-7.
- Galan, M., Pons, J. B., Tournayre, O., Pierre, É., Leuchtman, M., Pontier, D., Charbonnel, N., 2018. Metabarcoding for the parallel identification of several hundred predators and their prey: Application to bat species diet analysis. *Molecular Ecology Resources* 18, 474-489. D.o.i.: 10.1111/1755-0998.12749.
- Ganesh, B., Bányai, K., Kanungo, S., Sur, D., Singh Malik, Y., Kobayashi, N., 2012. Detection and Molecular Characterization of Porcine Picobirnavirus in Feces of Domestic Pigs from Kolkata, India. *Indian Journal of Virology* 23, 387-391. D.o.i.: 10.1007/s13337-012-0106-z.
- Ghanem, S.J. en Voigt, C.C., 2012. Increasing awareness of ecosystem services provided by bats. *Advances in the study of behavior* 44. D.o.i.: 10.1016/B978-0-12-394288-3.00007-1.
- Haas, B. en Grenier, D., 2018. Understanding the virulence of *Streptococcus suis*: A veterinary, medical, and economic challenge. *Médecine et maladies infectieuses* 48, 159-166. D.o.i.: 10.1016/j.medmal.2017.10.001.
- Haesebrouck, F. en De Witte, C., 2020. Bacteriële en mycotische ziekten bij het varken en zoönosen. Syllabus, 1^e master diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.
- Haesebrouck, F., Boyen, F., Van Immerseel, F., 2019. Algemene diergeneeskunde bacteriologie en mycologie. Syllabus, 3^e bachelor diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.
- Hornok, S., Szőke, K., Estók, P., Krawczyk, A., Haarsma, A.J., Kováts, D., Boldogh, S.A., Morandini, P., Szekeres, S., Takács, N. et al., 2018. Assessing bat droppings and predatory bird pellets for vector-borne bacteria: molecular evidence of bat-associated *Neorickettsia* sp. in Europe. *Antonie Van Leeuwenhoek* 111,1707–1717. D.o.i.: 10.1007/s10482-018-1043-7.
- Janssen, R. en Kranstauber, B., 2006. Ingekorven vleermuis: niet luisteren maar vangen. *Zoogdier* 17, 3-5.

- Kahnonitch, I., Lubin, Y., Korine, C., 2018. Insectivorous bats in semi-arid agroecosystems – effects on foraging activity and implications for insect pest control. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 261, 80-92. D.o.i.: 10.1016/j.agee.2017.11.003.
- Kervyn, T., Godin, M-C., Jocqué, R., Grootaert, P., Libois, R., 2012. Web-building spiders and blood-feeding flies as prey of the notch-eared bat (*Myotis emarginatus*). *Belgian Journal of Zoology* 142, 59-67.
- Kohl, C., Brinkmann, A., Radonić, A., Dabrowski, P.W., Mühldorfer, K., Nitsche, A., Wibbelt, G., Kurth, A., 2021. The virome of German bats: comparing virus discovery approaches. *Scientific Reports* 11. D.o.i.: 10.1038/s41598-021-86435-4.
- Krull, D., Schumm, A., Metzner, W., Neuweiler, G., 1991. Foraging areas and foraging behavior in the notch-eared bat, *Myotis emarginatus* (Vespertilionidae). *Behavioral Ecology and Sociobiology* 28, 247-253. D.o.i.: 10.1007/BF00175097.
- Kunz, T.H., Stern, A.A., 1995. Maternal investment and post-natal growth in bats. *Symposia of the Zoological Society of London* 67, 123–138.
- Kunz, T.H., Braun de Torrez, E., Bauer, D., Lobova, T., Fleming, T.H., 2011. Ecosystem services provided by bats. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1223, 1-38. D.o.i.: 10.1111/j.1749-6632.2011.06004.x.
- Kurta, A., Bell, G., Nagy, K., Kunz, T.H., 1989. Energetics of pregnancy and lactation in free-ranging little brown bats (*Myotis lucifugus*). *Physiological Zoology* 62, 804–818.
- Kurth, A., Kohl, C., Brinkmann, A., Ebinger, A., Harper, J.A., Wang, L., Mühldorfer, K., Wibbelt, G., 2012. Novel paramyxoviruses in free-ranging European bats. *PloS ONE* 7. D.o.i.: 10.1371/journal.pone.0038688.
- Law, B.S. en Chidel, M., 2006. Eucalypt plantings on farms: Use by insectivorous bats in south-eastern Australia. *Biological Conservation* 133: 236–249.
- Lazov, C.M., Chriél, M., Baagøe, H.J., Fjederholt, E., Deng, Y., Kooi, E.A., Belsham, G.J., Bøtner, A., Rasmussen, T.B., 2018. Detection and Characterization of Distinct Alphacoronaviruses in Five Different Bat Species in Denmark. *Viruses* 10. D.o.i.: 10.3390/v10090486.
- Lentini, P.E., Gibbons, P., Fischer, J., Law, B., Hanspach, J., Martin, T.G., 2012. Bats in a Farming Landscape Benefit from Linear Remnants and Unimproved Pastures. *PloS ONE* 7. D.o.i.:10.1371/journal.pone.0048201.
- Lord, J.S. en Brooks, D.R., 2013. Bat endoparasites: a UK perspective. In: Klimpel, S., Mehlhorn, H. (editors), *Bats (Chiroptera) as vectors of diseases and parasites. Parasitology Research Monographs*, vol 5. Springer, Berlin, Heidelberg. D.o.i.: 10.1007/978-3-642-39333-4_4.
- Lumsden, L.F. en Bennett, A.F., 2005. Scattered trees in rural landscapes: foraging habitat for insectivorous bats in south-eastern Australia. *Biological Conservation* 122, 205–222.
- Lumsden, L.F., Bennett, A.F., Silins, J.E., 2002. Selection of roost sites by the lesser long-eared bat (*Nyctophilus geoffroyi*) and Gould's wattled bat (*Chalinolobus gouldii*) in south-eastern Australia. *Journal of Zoology* 257: 207–218.
- Lunney, D., Barker, J., Priddel, D., Oconnell, M., 1988. Roost selection by Goulds long-eared bat, *Nyctophilus gouldi* Tomes (Chiroptera, Vespertilionidae), in logged forest on the south coast of New South-Wales. *Wildlife Research* 15: 375–384.
- Lwande, O.W., Thalín, T., de Jong, J., Sjödin, A., Näslund, J., Evander, M., Ecke, F., 2022. Alphacoronavirus in a Daubenton's Myotis Bat (*Myotis daubentonii*) in Sweden. *Viruses* 14. D.o.i.: 10.3390/v14030556.
- Maes, D., Sibila, M., Kuhnert, P., Segalés, J., Haesebrouck, F., Pieters, M., 2018. Update on *Mycoplasma hyopneumoniae* infections in pigs: Knowledge gaps for improved disease control. *Transboundary and Emerging Diseases* 65, 110– 124. D.o.i.: 10.1111/tbed.12677.

- Manigandan, V., Karthik, R., Ramachandran, S., Rajagopal, S., 2018. Chapter 15 - Chitosan Applications in Food Industry. Editors: Grumezescu, A.M., Holban, A.M. In: Handbook of Food Bioengineering: Biopolymers for Food Design, Academic Press, pp. 469-491. D.o.i.: 10.1016/B978-0-12-811449-0.00015-3.
- McKee, C.D., Krawczyk, A.I., Sándor, A.D., Görföl, T., Földvári, M., Földvári, G., Dekeukeleire, D., Haarsma, A.-J., Kosoy, M.Y., Webb, C.T. et al, 2019. Host phylogeny, geographic overlap, and roost sharing shape parasite communities in European bats. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 7. doi: 10.3389/fevo.2019.00069.
- Mehlhorn, H., 2016. *Animal Parasites: Diagnosis, Treatment, Prevention*. Springer International Publishing, Cham, Switzerland. D.o.i.: 10.1007/978-3-319-46403-9.
- Mühdorfer, K., Speck, S., Kurth, A., Lesnik, R., Freuling, C., Müller, T., Kramer-Schadt, S., Wibbelt, G., 2011. Diseases and causes of death in European bats: Dynamics in disease susceptibility and infection rates. *PLoS ONE* 6. D.o.i.: 10.1371/journal.pone.0029773
- Mühdorfer, K., Speck, S., Wibbelt, G., 2011. Diseases in free-ranging bats from Germany. *BMC Veterinary Research* 7. D.o.i.: 10.1186/1746-6148-7-61
- Mühdorfer, K., 2013. Bats and bacterial pathogens: a review. *Zoonoses and Public Health* 60, 93-103. D.o.i.: 10.1111/j.1863-2378.2012.01536.x
- Nauwynck, H., 2018. *Virale ziekten. Syllabus, 1^e master diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.*
- Neila-Ibáñez, C., Casal, J., Hennig-Pauka, I., Stockhofe-Zurwieden, N., Gottschalk, M., Migura-García, L., Pailler-García, L., Napp, S., 2021. Stochastic Assessment of the Economic Impact of *Streptococcus suis*-Associated Disease in German, Dutch and Spanish Swine Farms. *Frontiers in Veterinary Science* 8. D.o.i.: 10.3389/fvets.2021.676002.
- Neumann, E.J., Kliebenstein, J.B., Johnson, C.D., Mabry, J.W., Bush, E.J., Seitzinger, A.H., Green, A.L., Zimmerman, J.J., 2005. Assessment of the economic impact of porcine reproductive and respiratory syndrome on swine production in the United States. *Journal of the American Veterinary Medical Association* 227, 385-392.
- Nieuwenhuis, N., Duinhof, T.F., van Nes, A., 2012. Economic analysis of outbreaks of porcine reproductive and respiratory syndrome virus in nine sow herds. *Veterinary Record* 170, 225-225. D.o.i.: 10.1136/vr.100101.
- Ózsvári, L., 2017. Economic significance of swine dysentery control. Short communication. *Magyar Állatorvosok Lapja* 139, p. 271-275.
- Ózsvári, L., 2018. Production impact of parasitisms and coccidiosis in swine. *Journal of Dairy, Veterinary & Animal Research* 7, 217-222. D.o.i.: 10.15406/jdvar.2018.07.00214.
- Patra, G., Behera, P., Kumar Das, S., Saikia, B., Ghosh, S., Biswas, P., Kumar, A., Sahanawaz Alam, S., Kawlani, L., Lalnunpuia, C., et al., 2018. *Stomoxys calcitrans* and its importance in livestock: a review. *International Journal of Advance Agricultural Research* 6, 30-37.
- Postma, M., 2016. *Antimicrobial usage in pig production; check, improve and reduce in Belgium and the EU. Doctoraatsthesis, Doctor in Veterinary Sciences, Faculteit Diergeneeskunde, Universiteit Gent, België.*
- Proietto, S., Killioran, K., Leedom Larson, K.R., 2017. *Porcine Astrovirus*. Swine Health Information Center and Center for Food Security and Public Health, College of Veterinary Medicine, Iowa State University, USA, IA. <http://www.cfsph.iastate.edu/pdf/shic-factsheet-porcine-astrovirus>.
- Puig-Montserrat, X., Torre, I., López-Baucells, A., Guerrieri, E., Monti, M.M., Ràfols-García, R., Ferrer, X., Gisbert, D., Flaquer, C., 2015. Pest control service provided by bats in Mediterranean rice paddies: linking agroecosystems structure to ecological functions. *Mammalian Biology* 80, 237–245. D.o.i.: 10.1016/j.mambio.2015.03.008.

- Reusken, C.B.E.M., Lina, P.H.C., Pielaat, A., de Vries, A., Dam-Deisz, C., Adema, J., Drexler, J.F., Drosten, C., Kooi, E.A., 2010. Circulation of Group 2 coronaviruses in a bat species common to urban areas in Western Europe. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases* 10, 785-791. D.o.i.: 10.1089/vbz.2009.0173.
- Riccucci, M. en Lanza, B., 2014. Bats and insect pest control: a review. *Vespertilio* 17, 161-169.
- Rocha, N., Mores, M.A.Z., Dezen, D., Mores, N., Coldebella, A., Rebelatto, R., Kich, J.D., 2022. Economic impact of chronic pleural lesions and consequent disqualification of carcasses for export during inspection in swine slaughterhouses. *Livestock Diseases. Pesquisa Veterinária Brasileira* 42. D.o.i.: 10.1590/1678-5150-PVB-7118.
- Russo, D., Bosso, L., Ancillotto, L., 2018. Novel perspectives on bat insectivory highlight the value of this ecosystem service in farmland: Research frontiers and management implications. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 266, 31-38. D.o.i.: 10.1016/j.agee.2018.07.024.
- Saikia, U., 2007. Wings of the night: The natural history of bats. *Resonance* 12: 63–76.
- Sándor, A.D., Corduneanu, A., Péter, Á., Mihalca, A.D., Barti, L., Csósz, I., Szőke, K., Hornok, S., 2019. Bats and ticks: host selection and seasonality of bat-specialist ticks in eastern Europe. *Parasites & Vectors* 12. D.o.i.: 10.1186/s13071-019-3861-5.
- Sassu, E.L., Ladinig, A., Talker, S.C., Stadler, M., Knecht, C., Stein, H., Frömbling, J., Richter, B., Spargser, J., Ehling-Schulz, M., et al., 2017. Frequency of Th17 cells correlates with the presence of lung lesions in pigs chronically infected with *Actinobacillus pleuropneumoniae*. *Veterinary Research* 48. D.o.i.: 10.1186/s13567-017-0411-z.
- Siemers, B.M., Kriner, E., Kaipf, I., Simon, M., Greif, S., 2012. Bats eavesdrop on the sound of copulating flies, *Current Biology* 22, 563-564. D.o.i.: 10.1016/j.cub.2012.06.030.
- Terriere, N., 2023. Zoönosen bij wilde dieren, Lezing in opdracht van AcVetMed, Department of pathobiology, pharmacology and zoological medicine, Universiteit Gent, België.
- Theuns, S., Vanmechelen, B., Bernaert, Q., Deboutte, W., Vandenhole, M., Beller, L., Matthijssens, J., Maes, P., Nauwynck, H.J., 2018. Nanopore sequencing as a revolutionary diagnostic tool for porcine viral enteric disease complexes identifies porcine kobuvirus as an important enteric virus. *Scientific Reports* 8. D.o.i.: 10.1038/s41598-018-28180-9.
- Van de Putte, N., Claerebout, E., Levecke, B., 2016. Evaluatie van de mini-FLOTAC-methode voor de detectie van gastro-intestinale parasieten bij grote huisdieren. *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift* 85, 15-22.
- Van Gucht, S., Nazé, F., El Kadaani, K., Bauwens, D., Francart, A., Brochier, B., Guillaume, F., Thomas, I., 2014. No evidence of coronavirus infection by reverse transcriptase-PCR in bats in Belgium. *Journal of Wildlife Diseases* 50, 969-971. D.o.i.: 10.7589/2013-10-269.
- Van Gucht, S., 2016. Rabies in bats and wolves in Europe, lezing in opdracht van BWDS & DSWH symposium: Wildlife crossing borders, Scientific Institute of Public Health, NRL Rabies, België.
- Van Hoek, A.H.A.M., Veenman, C., van Overbeek, W.M., Lynch, G., de Roda Husman, A.M., Blaak, H., 2015. Prevalence and characterization of ESBL- and AmpC-producing Enterobacteriaceae on retail vegetables. *International Journal of Food Microbiology* 204, 1-8. D.o.i.: 10.1016/j.ijfoodmicro.2015.03.014.
- Van Immerseel, F. en Haesebrouck, F., 2019. Bijzondere diergeneeskundige bacteriologie. Syllabus, 3^e bachelor diergeneeskunde, Faculteit Merelbeke, Universiteit Gent, België.
- Vengust, M., Knapic, T., Weese, J.S., 2018. The fecal bacterial microbiota of bats; Slovenia. *PLoS One* 13. D.o.i.: doi.org/10.1371/journal.pone.0196728.
- Walther, B., Wieler, L.H., Friedrich, A.W., Hanssen, A.-M., Kohn, B., Brunner, L., Lübke-Becker, A., 2008. Methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA) isolated from small and exotic animals at a

university hospital during routine microbiological examinations. *Veterinary Microbiology* 127, 171-178. D.o.i.: 10.1016/j.vetmic.2007.07.018.

Webster, C.L., Longdon, B., Lewis, S.H., Obbard, D.J., 2016. Twenty-five new viruses associated with the Drosophilidae (Diptera). *Evolutionary Bioinformatics* 12, 13–25. D.o.i.: 10.4137/EBO.S39454.

Wolkers-Rooijackers, J., Rebmann, K., Bosch, T., Hazeleger, W., 2018. Fecal bacterial communities in insectivorous bats from the Netherlands and their role as a possible vector for foodborne diseases. *Acta Chiropterologica* 20,475. D.o.i.: 10.3161/15081109acc2018.20.2.017.

Xia, H., Wang, Y., Shi, C., Atoni, E., Zhao, L., Yuan, Z., 2018. Comparative metagenomic profiling of viromes associated with four common mosquito species in China. *Virologica Sinica* 33, 59-66. D.o.i.: 10.1007/s12250-018-0015-4.

Yousefi, S., Najafi, N., Mehdizadeh, R., Eghbali, H., Sharifi, M., 2018. Postnatal variation in ectoparasite (*Spinturnix emarginata*) load in neonates of Geoffroy's bat (*Myotis emarginatus*): How fast do young bats become infested with ectoparasites?. *Acta Chiropterologica* 20, 187-194. D.o.i.: 10.3161/15081109ACC2018.20.1.014.