

A large teal circle graphic on the right side of the page, containing the text 'Environment', 'AGRO- EN BIOTECHNOLOGIE', and 'ACADEMIEJAAR 2024-2025'.

Environment

AGRO- EN BIOTECHNOLOGIE

ACADEMIEJAAR
2024-2025

Neus voor mieren

Een studie naar de haalbaarheid van de
inzet van ecologische zoekhonden

Bachelorproef voorgelegd tot het behalen van het diploma van

Bachelor in de Agro- en biotechnologie

Afstudeeroptie dierenzorg

Door Tuur Quintiens

Promotor: Hilde Vervaecke

Co-promotor: Wouter Dekoninck

Dit proefschrift is een examendocument dat niet werd gecorrigeerd voor eventueel vastgestelde fouten. Zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van zowel de promotor(en) als de auteur(s) is overnemen, kopiëren, gebruiken of realiseren van deze uitgave of gedeelten ervan verboden.

Voorwoord

Vooraleer u deze bachelorproef leest, wil ik graag enkele mensen bedanken die dit project niet alleen mogelijk hebben gemaakt, maar ook bijzonder waardevol en motiverend voor mij zijn geweest.

Allereerst wil ik alle hondenteams en andere vrijwilligers bedanken voor hun enthousiasme en de tijd die ze vrijmaakten om aan dit project mee te werken.

Specifiek wil ik Hilde bedanken voor haar aanstekelijke enthousiasme, eindeloos geduld en het klaarstaan met hulp, ideeën en bemoedigende woorden wanneer nodig. Haar inzet heeft het hele traject voor mij een stuk lichter en aangenamer gemaakt.

Een bijzonder woord van dank gaat uit naar Carina voor de trainingssessies en het delen van haar uitgebreide kennis. De professionele kijk en ervaring van Carina, maar ook Guido en Marc, met detectiehonden zijn van onschatbare waarde geweest voor dit project.

Daarnaast dank ik Wouter voor het mede mogelijk maken van dit project door de aanstelling op de zoekhonden-netwerkdag van het INBO en Odisee, het delen van zijn immense kennis over mieren, het meedenken over het verloop van het project en het aanreiken van locaties waar onze hondenteams konden groeien in hun training en ervaring.

Mijn grootste persoonlijke dank gaat uit naar mijn vriendin Glenda, voor haar onvoorwaardelijke steun, geduld en mij geestelijk gezond te houden tijdens het schrijven van deze bachelorproef, zelfs wanneer serieuze voortgang verloren is gegaan en de drang om op te geven de overhand kreeg. Haar aanwezigheid en vertrouwen hebben mij geholpen om dit project tot een einde te krijgen.

En tot slot: Obi, de meest geweldige hond die ik mij kan voorstellen, je bent een schat en hebt mij keer op keer verbaasd met jouw kunnen.

Samenvatting

Deze bachelorproef onderzoekt de haalbaarheid van het inzetten van detectiehonden voor het opsporen van nesten van de rode bosmier (*Formica rufa*) in het kader van ecologische monitoring. Het onderzoek had twee hoofddoelen: (1) nagaan of het technisch en operationeel mogelijk is om honden te trainen op deze doelgeur, en (2) opstellen van een generiek, overdraagbaar protocol voor toekomstige haalbaarheidsstudies met ecodetectiehonden.

De studie werd uitgevoerd via vijf try-outdagen met een testteam bestaande uit vrijwilligers met uiteenlopende ervaring en honden met verschillende detectieachtergronden. Tijdens deze veldmomenten werden honden geïntroduceerd aan de doelgeur in omgevingen met variërende nestdichtheid en terreincondities. De resultaten toonden aan dat honden in relatief korte tijd detectiegedrag en geurassociatie konden ontwikkelen, zelfs zonder eerdere ervaring (met mieren). Er werden duidelijke verschillen waargenomen in werkstijl, motivatie en leerprogressie, wat het belang van een geïndividualiseerde trainingsaanpak benadrukt.

Op basis van literatuur en analyse van de try-outresultaten werd een negenstappenprotocol ontwikkeld. Dit protocol biedt richtlijnen voor het volledige proces: van doelbepaling en teamselectie tot training, operationele voorbereiding, dataregistratie, evaluatie en rapportage. Hoewel de haalbaarheid werd bevestigd, wordt aanbevolen om vervolgonderzoek te richten op kwantitatieve vergelijking tussen detectiehonden en huidige zoekmethoden, inclusief meetbare vindpercentages, foutmarges, kostenanalyse etc.

De resultaten en het protocol kunnen dienen als basis voor verdere ontwikkeling van ecodetectiehondprojecten, zowel voor *Formica rufa* als voor andere ecologische doelsoorten.

Inhoudstafel

VOORWOORD	2
SAMENVATTING	3
INLEIDING	6
1 DOELSTELLINGEN	7
2 LITERATUURSTUDIE	8
2.1 HAALBAARHEIDSSTUDIES	8
2.2 DETECTIEHONDEN	9
2.2.1 Algemeen	9
2.2.2 Wildlife Detection Dogs in natuurbescherming	9
2.2.3 Toepassingen bij verschillende taxonomische groepen	9
2.2.4 Detectiehonden voor het opsporen van mieren	9
2.2.5 Selectiecriteria voor detectiehonden	10
2.2.6 Voorbereiding van geurmonsters	10
2.3 DETECTIE VAN MIEREN: METHODEN, UITDAGINGEN EN TOEPASSINGEN	11
2.3.1 Traditionele methoden voor mierdetectie	11
2.3.2 Nieuwe technologieën en benaderingen	11
2.4 SCREENING VAN DE LITERATUUR TER ONDERBOUWING VAN DE COMPONENTEN VAN EEN HAALBAARHEIDSANALYSE (TELOS-MODEL)	13
2.4.1 Samenvattende analyse en nood aan een generiek protocol	13
2.4.2 Technisch	14
2.4.3 Economisch	16
2.4.4 Juridisch	17
2.4.5 Operationeel	18
2.4.6 Sociaal	19
3 ONDERZOEKSVRAGEN	20
4 MATERIAAL EN METHODEN	21
4.1 LITERATUURONDERZOEK	21
4.2 OPZET VAN DE TRY-OUT DAGEN	21
4.3 INDIVIDUELE TRAININGSSESSIES	23
5 RESULTATEN	27
5.1 VERLOOP VAN DE TRY-OUT DAGEN	27
5.2 RUW STAPPENPLAN VOOR HAALBAARHEIDSSTUDIE VAN DETECTIE VAN <i>FORMICA RUFA</i> MET ECOLOGISCHE ZOEKHONDEN	32
6 DISCUSSIE	35
6.1 GEBRUIK VAN HET PROTOCOL EN VERDERE VERFIJNING	35
6.2 ERVARING VAN DE TRY-OUT DAGEN IN RELATIE TO DE TELOS-BENADERING	35
6.3 VERLONING EN VERZEKERING	37
6.4 ZICHTBAARHEID VAN NESTEN EN TOEGEVOEGDE WAARDE VAN HONDEN	37
6.5 GEUR EN MOGELIJKE BEPERKINGEN	37
6.6 ROL VAN CITIZEN SCIENCE	38
6.7 VARIATIE IN ERVARING EN TRAININGSDISCIPLINE	38
6.8 TERUGKOPPELING NAAR DE ONDERZOEKSVRAGEN	38
BESLUIT	39
LIJST VAN TABELLEN EN FIGUREN	40
LIJST VAN TABELLEN	40

LIJST VAN FIGUREN	40
TREFWOORDENLIJST	41
BRONNENLIJST	42

Inleiding

Detectiehonden worden al decennialang succesvol ingezet voor uiteenlopende doeleinden, zoals het opsporen van drugs, explosieven, vermiste personen, fauna en flora (Johnen et al., 2013). De inzet van honden bij conservatiebiologie en ecologische monitoring neemt de laatste jaren toe, mede door hun uitzonderlijke olfactorische capaciteiten en de mogelijkheid om doelorganismen op te sporen in complexe of slecht toegankelijke omgevingen (Beebe et al., 2016; Grimm-Seyfarth et al., 2021). Toch ontbreekt er bij innovatieve toepassingen, zoals de detectie van specifieke insectensoorten, aan systematisch onderzoek dat de inzetbaarheid van honden op een wetenschappelijk verantwoorde manier beoordeelt.

Wanneer een nieuwe detectietaak overwogen wordt, wordt doorgaans in een try-out beslist of het de moeite loont om een detectiehond in te zetten. Bestaande haalbaarheidsstudies binnen andere domeinen, zoals gezondheidszorg of industrie, steunen meestal op een combinatie van vier centrale pijlers: technische uitvoerbaarheid, economische haalbaarheid, juridische of regelgevende randvoorwaarden en sociale aanvaardbaarheid (Bowen et al., 2009; Orsmond & Cohn, 2015). In studies naar innovatieve detectietoepassingen bij honden, zoals ecologische zoekhonden, ligt de focus echter hoofdzakelijk op technische parameters zoals sensitiviteit, specificiteit en zoek efficiëntie, zonder systematische analyse van bredere randvoorwaarden zoals dierenwelzijn, economische kosten of praktische inzetbaarheid (Beebe et al., 2016; Johnen et al., 2013).

Bovendien worden dergelijke try-outs vaak uitgevoerd met een beperkt aantal honden en handlers, waardoor de generaliseerbaarheid van de resultaten onduidelijk is (Boitani, 2021). Hierdoor blijft het onduidelijk in hoeverre de uitkomsten van deze kleine experimenten kunnen veralgemeend worden naar bredere operaties of andere detectiedoelen. In de praktijk betekent dit dat er een lacune bestaat in de methodologie: hoe evalueer je op professionele en onderbouwde wijze of een detectiedoel haalbaar is, zowel op technisch vlak als op het niveau van randvoorwaarden? De combinatie van een haalbaarheidsstudie en een try-out kan helpen om hier een antwoord op te geven, en te focussen op de precieze moeilijkheden die erbij komen kijken.

1 Doelstellingen

Deze paper heeft als doel een systematische, evidence-based methode te ontwikkelen voor het uitvoeren van haalbaarheidsstudies voor innovatieve toepassingen met detectiehonden. Als casestudy worden de rode bosmieren (*Formica rufa*) onderzocht, een ecologisch relevante soort waarvoor detectie op het terrein met klassieke methodes gebeurt. In de rand van een groter Europees monitoringproject, Monitant, stelde entomoloog Wouter Dekoninck (KBIN) de specifieke vraag om te onderzoeken of het zoeken met detectiehonden een mogelijkheid zou zijn. Dit gebeurde op de Zoekhonden-netwerkdag georganiseerd door het INBO en Odisee. Deze studie zal via literatuuronderzoek nagaan welke parameters thuishoren in een haalbaarheidsevaluatie. Door het ontwikkelen van een ruw generiek stappenplan of checklist, waarbij niet alleen technische maar ook juridische, praktische, economische en welzijnsaspecten worden meegenomen, wordt geprobeerd een wetenschappelijk onderbouwd kader te bieden voor de toekomst. Dit moet toelaten om nieuwe detectiedoelen niet alleen sneller maar ook zorgvuldiger te evalueren op hun haalbaarheid.

Daarnaast wordt de reële uitvoering opgevolgd van een try-out met enkele vrijwillige hond-geleider teams. Bij de evaluatie van het resultaat van de try-out wordt de link gemaakt met het haalbaarheidsprotocol om dit verder te verfijnen. Er zijn veel factoren die een hoog of laag succes kunnen verklaren, en enkel door die complexiteit helder te stellen kan de evaluatie correct gebeuren.

2 Literatuurstudie

2.1 Haalbaarheidsstudies

Een haalbaarheidsstudie is een systematische analyse die nagaat of een project of interventie technisch, economisch, juridisch en operationeel realiseerbaar is binnen een specifieke context. In de literatuur wordt een haalbaarheidsstudie gedefinieerd als een vorm van verkennend onderzoek met als doel om onzekerheden in de voorbereidende fase van een project te reduceren (Bowen et al., 2009).

Typisch worden in dergelijke studies meerdere domeinen geëvalueerd onder het TELOS-model:

- Technische haalbaarheid (Technical): Kan het beoogde systeem of de methode daadwerkelijk functioneren in de praktijk?
- Economische haalbaarheid (Economic): Wegen de baten op tegen de kosten, en is er voldoende financiering beschikbaar?
- Juridische en ethische haalbaarheid (Legal): Is het project conform met bestaande regelgeving en ethische richtlijnen?
- Operationele haalbaarheid (Operational): Past de methode binnen de werkcontext, logistiek en tijdsbestek van het project?
- Sociale haalbaarheid (Social): Wordt het project aanvaard door betrokken stakeholders of doelgroepen?

Binnen zorgonderzoek en sociale wetenschappen worden haalbaarheidsstudies vaak uitgevoerd als voorbereidende stap voor pilootonderzoek of grootschalige implementatie (Orsmond & Cohn, 2015). Een belangrijk kenmerk van dergelijke studies is dat ze repetitief en multidimensioneel zijn: verschillende randvoorwaarden worden geëvalueerd om een genuanceerde beslissing te kunnen nemen over de voortzetting van het project.

In technische toepassingen (bv. productontwikkeling of industriële innovatie) ligt de nadruk vaak op testresultaten, validatie en kosteneffectiviteit. In gezondheidszorg en sociaal onderzoek wordt daarentegen ook veel aandacht besteed aan praktische inzetbaarheid, gebruikerservaring en ethische implicaties (Thabane et al., 2010).

Een goede haalbaarheidsstudie richt zich dus niet enkel op technische prestaties, maar beschouwt het volledige ecosysteem waarin de toepassing moet functioneren. Dit is des te belangrijker bij innovatieve toepassingen met hoge onzekerheidsgraad, zoals het inzetten van detectiehonden voor nieuwe biologische doelen. In zulke gevallen biedt een haalbaarheidsstudie de mogelijkheid om op kleine schaal, met beperkte middelen, de inzetbaarheid te testen en structurele barrières te identificeren vóór men overgaat tot grootschalige implementatie (Orsmond & Cohn, 2015).

2.2 Detectiehonden

2.2.1 Algemeen

Detectiehonden, ook bekend als speurhonden of geurdetectiehonden, worden getraind om specifieke geurprofielen op te sporen in uiteenlopende omgevingen. De doeltreffendheid van honden in detectiewerk is voornamelijk te danken aan hun uitzonderlijke olfactorische vermogens. Een hondenneus bevat tot 300 miljoen reukreceptoren, vergeleken met ongeveer 5 miljoen bij de mens, en hun hersenstructuur is bijzonder gespecialiseerd in geurverwerking (Lazarowski et al., 2020a). Deze fysiologische eigenschappen maken het mogelijk om geurcomponenten in extreem lage concentraties te onderscheiden, zelfs in dynamische en complexe omgevingscondities (Walker et al., 2006). Detectiehonden worden reeds ingezet in uiteenlopende domeinen zoals de handhaving van de openbare veiligheid (bv. bom- en drugsdetectie), medische diagnostiek, en sinds enkele decennia ook in ecologische toepassingen zoals soortmonitoring en biodiversiteitsonderzoek (Beebe et al., 2016).

2.2.2 Wildlife Detection Dogs in natuurbescherming

In het kader van natuurbescherming hebben zogenaamde Wildlife Detection Dogs (WDD), of ecozoekhonden, een belangrijke plaats gekregen. Deze honden worden specifiek opgeleid om diersoorten, hun sporen (zoals uitwerpselen, eieren of nesten) of biologische monsters (zoals vacht of kadavers) op te sporen. De methode is efficiënt, kosteneffectief en niet-invasief, en blijkt met name superieur bij het detecteren van moeilijk waarneembare of schuwe soorten. Wereldwijd worden WDD momenteel ingezet voor het opsporen van meer dan 400 verschillende taxa, wat aantoont dat de methode breed toepasbaar en reproduceerbaar is (Grimm-Seyfarth et al., 2021). De inzet van WDD levert gegevens op over soortdistributie, populatiedichtheid en ecologische gezondheid wat cruciaal is voor het opstellen van evidence-based conservatiestrategieën (DeMatteo et al., 2019).

2.2.3 Toepassingen bij verschillende taxonomische groepen

Bij grote zoogdieren worden detectiehonden gebruikt voor het opsporen van uitwerpselen, die vervolgens geanalyseerd kunnen worden op voedselinname, hormonen, DNA of parasieten. Zo wordt het leefgebied van de grizzlybeer (*Ursus arctos*) en de Siberische tijger (*Panthera tigris altaica*) systematisch in kaart gebracht (Kerley, 2010; Wasser et al., 2004). Bij kleinere zoogdieren zoals jonge hazen (*Lepus europaeus*), waar conventionele methoden vaak falen, blijken honden dankzij hun reukvermogen wél succesvol in detectie (Karp & Gehr, 2020). Ook in het detecteren van moeilijk zichtbare vogelsoorten, zoals de kiwi (*Apteryx* spp.) of de bosuil (*Strix varia*), hebben honden hun meerwaarde bewezen (Beebe et al., 2016; Robertson & Fraser, 2009). Bij reptielen zoals de woestijnschildpad (*Gopherus agassizii*), die zich vaak schuilhouden in ontoegankelijke biotopen, bieden WDD een unieke oplossing (Nussear et al., 2008). Zelfs binnen mariene ecosystemen wordt de inzet van WDD onderzocht, bijvoorbeeld voor het lokaliseren van drijvende walvisuitwerpselen met het oog op endocrinologisch onderzoek (Rolland et al., 2023).

2.2.4 Detectiehonden voor het opsporen van mieren

WDD worden al vaker effectief ingezet bij het opsporen van miersoorten, dit vooral om invasieve soorten op te sporen zoals *Solenopsis invicta* (vuurmieren) en *Anoplolepis gracilipes* (yellow crazy

ants). Studies tonen aan dat honden in staat zijn om actieve mierennesten met een accuraatheid van meer dan 98% te detecteren (Hoffmann et al., 2022; Lin et al., 2011). Deze methode reduceert de noodzaak van chemische behandelingen en verhoogt de effectiviteit van vroegtijdige interventies. Voor training worden zowel levende mieren als geur-geabsorbeerde filterpapieren gebruikt, die tot dertien weken lang effectief blijven bij juiste opslag (Chi et al., 2021). Training bestaat uit geurassociatie, blootstelling aan niet-doelgeuren en praktijkgerichte veldtraining. Hoewel de meeste miersoorten geen bedreiging vormen voor honden, kan contact met sommige invasieve soorten, zoals de vuurmier, tijdelijke zwellingen veroorzaken. Ernstige systemische reacties komen zelden voor en vereisen slechts zelden medische interventie (Diaz, 2024).

2.2.5 Selectiecriteria voor detectiehonden

Het selecteren van honden met geschikte fysieke eigenschappen is van groot belang voor effectief veldwerk. Honden moeten een goede lichaamsbouw hebben om atletische prestaties te garanderen en het risico op blessures te minimaliseren. Rekening houden met de operationele omgeving is essentieel. Bijvoorbeeld in dichte bossen zijn honden met specifieke vachttypen en pootstructuren nodig om zich effectief te kunnen voortbewegen (Grimm-Seyfarth et al., 2021; Wilson & Winstanley, 2022).

Naast fysieke kenmerken beïnvloeden psychologische eigenschappen de geschiktheid van een hond voor detectiewerk zeer erg. Een sterk reukvermogen, hoge motivatie (zoals spel- of voedselbeloning) en het vermogen om zelfstandig te werken zijn essentieel. Temperamentkenmerken zoals zelfvertrouwen, lage angstreactions en aanpassingsvermogen aan nieuwe omgevingen verhogen de effectiviteit van de hond onder verschillende veldomstandigheden (Beebe et al., 2016; Rooney et al., 2007; Troisi et al., 2019).

Gestandaardiseerde gedragsbeoordelingen helpen bij het inschatten van het potentieel van een hond voor detectietaken. Instrumenten zoals de Canine Behavioral Assessment and Research Questionnaire (C-BARQ) geven inzicht in eigenschappen zoals taakgerichtheid, afleidbaarheid en trainbaarheid. Deze beoordelingen helpen bij het selecteren van honden met een grotere kans op succes in detectierollen (Beebe et al., 2016; Clark et al., 2020; Troisi et al., 2019).

2.2.6 Voorbereiding van geurmonsters

Nauwkeurige training in geurdetectie vereist geurmonsters van hoge kwaliteit. Voor de *Formica rufa* betekent dit het verzamelen van monsters uit nesten, om blootstelling aan het volledige spectrum van relevante geuren te garanderen. Tijdens de monstername moet besmetting zorgvuldig worden vermeden (Cablk & Heaton, 2006; DeMatteo et al., 2019).

Een correcte opslag van geurmonsters is essentieel om hun integriteit te behouden. Monsters moeten luchtdicht worden bewaard en voorzien zijn van labels met informatie over herkomst, datum en opslagomstandigheden. Dit zorgt voor consistentie en betrouwbaarheid van het trainingsmateriaal (DeMatteo et al., 2019; Johnen et al., 2013).

Om kruisbesmetting te voorkomen, moeten strikte protocollen worden gevolgd tijdens de verzameling en hantering van monsters. Het gebruik van handschoenen en gesteriliseerd gereedschap vermindert het risico op vreemde geuren, zodat honden specifiek de doelgeuren leren herkennen (DeMatteo et al., 2019; Gauthier et al., 2022; Matthew & Relton, 2021).

2.3 Detectie van mieren: methoden, uitdagingen en toepassingen

2.3.1 Traditionele methoden voor mierdetectie

Het detecteren van mieren in het veld is een zeer belangrijk onderdeel van entomologisch onderzoek, ecologische monitoring en biodiversiteitsinventarisatie. Er zijn meerdere traditionele methoden ontwikkeld om mieren te lokaliseren, identificeren en monitoren. De meest toegepaste methode is directe observatie, waarbij onderzoekers visueel zoeken naar mierenhopen, nestopeningen, looproutes, voedselbomen of gedragsindicatoren zoals aardeophoping, verhoogde vegetatiestructuren of voedseltransport (Boer, 2008).

Deze methode is relatief eenvoudig en niet-invasief, maar sterk afhankelijk van veldkennis, weersomstandigheden, tijd en seizoen. Bovendien zijn sommige soorten cryptisch of nachttactief, wat de detectiekans verkleint (Agosti et al., 2000).

Een andere veelgebruikte techniek is het inzetten van potvallen (pitfall traps), kleine bekertjes of buizen die in de grond worden geplaatst, doorgaans gevuld met een conserveermiddel zoals alcohol of glycol. Mieren die op de bodem actief zijn, vallen hierin en worden later op soort gedetermineerd. Deze methode is gestandaardiseerd en laat kwantitatieve analyse toe van activiteit en soortensamenstelling (Bestelmeyer et al., 2000).

Een variant hierop zijn lokvallen (bait traps), waarin een lokstof zoals suikerwater, honing of tonijn wordt gebruikt om mieren aan te trekken. Deze vallen worden vaak gecombineerd met observatie of bemonstering over korte tijdsintervallen en geven een beeld van actieve soorten op een bepaald moment (Andersen, 1991).

Daarnaast worden ook blaadjesmethode of stofzuigtechnieken gebruikt bij nestbemonstering: hierbij wordt met een entomologische stofzuiger mieren opgezogen van boomschors, grasland of onder stenen, waarna ze in het lab geanalyseerd worden (Agosti et al., 2000).

Traditionele methoden hebben als voordeel dat ze goedkoop, reproduceerbaar en relatief eenvoudig zijn uit te voeren. Ze leveren waardevolle gegevens op over soortensamenstelling, seizoensvariatie en habitatgebruik. Maar, deze methoden vereisen vaak herhaaldelijke bemonstering en zijn tijdsintensief. Bovendien zijn ze vaak beperkt tot een fractie van de actieve mierensoorten, met name werksters, en laten ze reproductieve of andere individuele rollen vaak buiten beschouwing (Longino & Colwell, 1997).

Omwille van deze beperkingen is er in de laatste decennia toenemende aandacht voor innovatieve methoden zoals DNA-gebaseerde technieken, eDNA, geautomatiseerde beeldherkenning en de inzet van speurhonden voor mierendetectie. Deze worden besproken in de volgende paragrafen.

2.3.2 Nieuwe technologieën en benaderingen

Hoewel traditionele methoden zoals directe observatie en potvallen waardevolle data opleveren, blijven ze tijdsintensief, arbeidsintensief en soms beperkt in detectiebereik. Moderne technologieën bieden nieuwe perspectieven voor de detectie van mieren, met name wanneer het gaat om moeilijk vindbare soorten, invasieve populaties of vroege detectie van kleine kolonies.

Een van de meest veelbelovende technieken is environmental DNA (eDNA), waarbij genetisch materiaal uit bodem, water of lucht wordt geanalyseerd om de aanwezigheid van soorten vast te

stellen zonder ze direct te observeren. In het geval van mieren is aangetoond dat eDNA-sporen in bodemstalen gebruikt kunnen worden om bijvoorbeeld de aanwezigheid van *Solenopsis invicta* (vuurmier) of *Lasius neglectus* aan te tonen (Yasashimoto et al., 2021). Deze methode is niet-invasief, snel en gevoelig, maar vereist wel goed ontwikkelde referentiedatabases en gestandaardiseerde protocollen om fout-positieven te vermijden (Cristescu & Hebert, 2018).

Een tweede opkomende benadering is het gebruik van automatische beeldherkenning en AI-gestuurde monitoring. Met behulp van camera's en algoritmen voor patroonherkenning kunnen mieren geïdentificeerd worden op basis van omtrek, beweging of groepsgedrag. Vooral in gecontroleerde omgevingen zoals laboratoria of broeikassen blijkt deze methode nuttig bij het monitoren van nestactiviteit en individuele herkenning (Bozek et al., 2021).

Ook akoestische monitoring wordt verkend bij mierendetectie, vooral bij soorten die geluid of trillingen gebruiken bij communicatie, zoals *Myrmica* en *Atta*-soorten. Sensoren kunnen deze trillingen detecteren en koppelen aan kolonies of nestactiviteit, wat bruikbaar kan zijn voor niet-invasieve opsporing in bodem of houtstructuren (Hickling & Brown, 2000). Bij mieren staat deze technologie nog in de kinderschoenen, maar de principes zijn vergelijkbaar.

Daarnaast wint de inzet van getrainde speurhonden terrein, met succes bij het opsporen van invasieve miersoorten zoals de Argentijnse mier (*Linepithema humile*) en de rode vuurmier (*Solenopsis invicta*) (Chi et al., 2021; Ward et al., 2014). Honden kunnen geursporen in lage concentraties detecteren, zelfs bij beginnende nestvorming. Dit maakt hen zeer geschikt voor vroegtijdige detectie in het kader van preventie, quarantaine of uitroeiing.

Ten slotte is er burgerwetenschap, ook bekend als citizen science. Dit verwijst naar het actief betrekken van burgers bij het verzamelen, interpreteren en rapporteren van wetenschappelijke gegevens (Bonney et al., 2009). In de context van biodiversiteitsonderzoek heeft deze benadering de voorbije decennia sterk aan belang gewonnen, mede door technologische ontwikkelingen zoals mobiele apps, GPS-functionaliteit en open databanken (Vohland et al., n.d.).

In Europa worden steeds meer monitoringprojecten mede gedragen door vrijwilligers, van vogeltellingen en vlinderobservaties tot de opvolging van exoten en bedreigde soorten (Pocock et al., 2014). In landen zoals Finland, worden gelijkaardige modellen toegepast waarbij citizen science-data worden geïntegreerd met professionele inventarisaties (Sorvari, 2022).

Innovatieve detectietechnieken zijn veelbelovend en worden steeds beter geïntegreerd in ecologisch veldwerk. Ze vereisen echter vaak hoge initiële investeringen, technische kennis en validatie via veldproeven. Een combinatie van klassieke methoden en moderne technieken lijkt momenteel de meest robuuste strategie om het volledige spectrum van mierendiversiteit en verspreiding in kaart te brengen (Van Klink et al., 2022).

2.4 Screening van de literatuur ter onderbouwing van de componenten van een haalbaarheidsanalyse (TELOS-model)

2.4.1 Samenvattende analyse en nood aan een generiek protocol

Op basis van de voorgaande literatuur wordt duidelijk dat het inzetten van detectiehonden voor mierensoorten zoals *Formica rufa* veelbelovend is, maar gepaard gaat met aanzienlijke technische, logistieke, juridische en ethische uitdagingen. Waar sommige studies sterke resultaten rapporteren over detectie van insecten zoals termieten (Brooks et al., 2003) of bedwantsen (Cooper et al., 2014), blijft de inzet voor inheemse mierensoorten onderbelicht in de wetenschappelijke literatuur. De bestaande haalbaarheidsstudies focussen meestal op een beperkt aantal variabelen, zoals sensitiviteit en detectienauwkeurigheid, maar besteden zelden aandacht aan welzijnsvoorwaarden, economische haalbaarheid of schaalbaarheid (DeMatteo et al., 2019; Grimm-Seyfarth et al., 2021).

Er is dan ook een duidelijke nood aan een generiek, systematisch evaluatiekader dat bij elke nieuwe detectievraag kan worden toegepast. Zo'n protocol moet multidimensioneel zijn, met aandacht voor:

- Technische parameters: zoals detectienauwkeurigheid, specificiteit, foutmarges en reproduceerbaarheid (Reed et al., 2011).
- Operationele factoren: waaronder trainingsduur, veldinzet, selectiekosten en beschikbaarheid van hondengeleiderteams (McKeague et al., 2024).
- Juridisch en administratief kader: inclusief wetgeving rond natuurinterventies, toegang tot beschermde gebieden en dierenwelzijnsvoorschriften (Johnen et al., 2013).
- Dierenwelzijn en duurzaamheid: training, voeding, rustmomenten, werklast per sessie, transportomstandigheden en veterinaire opvolging (Earnshaw et al., 2023).
- Economische haalbaarheid: vaste versus variabele kosten, schaalvoordelen, inzetbaarheid over meerdere projecten heen en kosteneffectiviteit ten opzichte van alternatieve methodes (Grimm-Seyfarth et al., 2021).

Het TELOS-model (Technisch, Economisch, Legaal, Operationeel, Sociaal) vormt daarbij een geschikte basis om de verschillende dimensies systematisch te analyseren (Schwalbe, 2019).

Door de toepassing van een TELOS-gebaseerde checklist kunnen onderzoekers of terreinbeheerders de haalbaarheid van nieuwe detectiedoelen beter inschatten vóór er middelen worden ingezet.

Tot slot tonen de beperkingen van veel pilootstudies aan dat betrouwbaarheidsmarges moeilijk door te trekken zijn op basis van een klein aantal hond-geleidercombinaties. Daarom is het cruciaal om in toekomstig onderzoek gebruik te maken van gestandaardiseerde, transparante protocollen met duidelijke foutmarge-inschattingen en reproduceerbare testomstandigheden (Lazarowski et al., 2020b; Reed et al., 2011).

Een generiek en wetenschappelijk onderbouwd protocol voor haalbaarheidsstudies zou niet alleen bijdragen aan de professionele inzet van detectiehonden, maar ook de vergelijking tussen projecten en doelsoorten mogelijk maken. Dit vormt een noodzakelijke stap in de verdere professionalisering van het veld.

2.4.2 Technisch

De technische haalbaarheid van geurdetectie met honden voor de rode bosmier (*Formica rufa*) hangt nauw samen met de natuurhistorische kenmerken van de soort, zoals habitatvoorkeuren, neststructuur, geurproductie en variabiliteit van geurbronnen in tijd en ruimte.

2.4.2.1 Taxonomie en determinatie van *Formica rufa*

De rode bosmier of *Formica rufa* behoort tot de *Formica rufa*-groep, een complex van nauw verwante bosmierensoorten die morfologisch sterk op elkaar lijken. Het onderscheiden van deze soorten vereist vaak gedetailleerd morfologisch en genetisch onderzoek. Zo werd er een taxonomische revisie uitgevoerd van de Palearctische leden van deze groep, waarbij de complexiteit en de noodzaak van nauwkeurige identificatiemethoden benadrukt werden (Bernhard Seifert, 2021; Stockan et al., 2016).

In België worden vier soorten binnen deze groep onderscheiden: *Formica polycтена* (kale bosmier), *Formica pratensis* (zwartrugbosmier), *Formica truncorum* (stronkmier) en *Formica rufa* (behaarde bosmier). De focus in dit onderzoek ligt voornamelijk op de *Formica rufa* en *F. polycтена* (Vankerkhoven, n.d.).



Figuur 1. *Formica Rufa*-werkster. Foto door Michahl Kukla.

2.4.2.2 Habitatvoorkeuren en verspreiding

De rode bosmier komt voor in gematigde klimaten in Europa en Azië. De soort prefereert zonnrijke locaties met een afwisseling van loof- en naaldbomen. In België worden ze vaak aangetroffen aan een bosrand of in open plekken, bij voorkeur op zandgronden, waar het microklimaat gunstig is voor nestbouw en thermoregulatie (Dekoninck et al., 2010; Sorvari & Hakkarainen, 2007).

Burgerwetenschapsdata uit Finland toont aan dat *Formica rufa* vooral voorkomt in structuurrijke bossen met een hoge boomdekking, waarbij gemengde bossen met naalddhout de voorkeur genieten. Stabiele, weinig verstoorde habitats blijken essentieel voor succesvolle kolonisaties (Sorvari, 2022).

2.4.2.3 Neststructuur, nestecologie en thermoregulatie

De koepelvormige nesten worden gebouwd met plantaardig materiaal zoals takjes, dennennaalden en bladeren. Deze nesten hebben een complexe interne structuur en vervullen meerdere functies, waaronder klimaatregeling en bescherming van het broed. De bovenste laag van de nestkoepel dient

als zonnecollector. Door actieve aanpassing van de nestopeningen en collectieve spiercontracties kunnen de mieren de temperatuur reguleren binnen het nest (Kadochová & Frouz, 2014; Rosengren & Sundström, 1991).

De nestlocatie hangt nauw samen met de beschikbaarheid van zonlicht, vochtbalans en hellingsgraad van het terrein. Daarnaast speelt de neststructuur een belangrijke rol in de bodemecologie door nutriëntenverrijking en habitatvorming voor andere organismen (Yilmaz et al., 2023).



Figuur 2. Nest *Formica rufa*. Foto door Tuur Quintiens

2.4.2.4 Ecologische rol

Formica rufa functioneert als sleutelsoort binnen bosesystemen. Ze controleren populaties van herbivore insecten zoals bladluizen, helpen bij zaadverspreiding, en beïnvloeden de vegetatiestructuur rond hun nesten. Daarnaast bieden hun nesten habitat aan meer dan 130 soorten ongewervelden en micro-organismen (Del Toro et al., 2012; Parmentier et al., 2014).

Ook wordt hun rol als biologische bestrijders van schadelijke bosinsecten zoals bastkevers onderzocht (Trigos-Peral et al., 2021).

2.4.2.5 Geurverspreiding en detecteerbaarheid

De detecteerbaarheid van nesten is onder andere afhankelijk van de aard en concentratie van feromonen die de mieren gebruiken voor communicatie en verdediging. De geur afkomstig van het nestmateriaal en de mieren zelf kan in wisselende mate waarneembaar zijn, afhankelijk van weersomstandigheden, tijdstip, bodemtype en ventilatie van het nest (Hölldobler & Wilson, 1990; Johnen et al., 2013).

2.4.2.6 Technische kenmerken van de detectietaak

Het correct identificeren van nesten via geur vereist dat honden onderscheid kunnen maken tussen doelgeuren en afleidende geuren van andere bodembewonende soorten, nestmateriaal of menselijke geursporen. Ook de seizoensgebonden aanwezigheid van geurcomponenten zoals vluchtige feromonen en metabolieten speelt een rol in de detecteerbaarheid (DeMatteo et al., 2019; Sutherland et al., 2004).

2.4.2.7 Trainingsprincipes: geurherkenning en contextuele generalisatie

Effectieve detectie vereist dat honden eerst worden getraind op geurherkenning met zuivere stalen. Vervolgens moeten ze leren deze geur te generaliseren naar verschillende contexten, Bijvoorbeeld variaties in nestmateriaal, ondergronden of weersomstandigheden. Ook het toevoegen van afleidingsgeuren speelt een rol in het versterken van de discriminatiecapaciteit van de hond (Fischer-Tenhagen et al., 2017; Glen & Veltman, 2018).

2.4.2.8 Sensorisch vermogen van honden

De reukzin van honden is uitzonderlijk. Afhankelijk van het ras bevatten hun neuzen tussen de 220 en 300 miljoen geurreceptoren, vergeleken met ongeveer 5 miljoen bij mensen. Dit maakt hen geschikt voor het detecteren van zelfs minimale concentraties aan feromonen of andere geurcomponenten, ook onder complexe omgevingscondities (Angle et al., 2016; Hall & Wynne, 2012).

2.4.3 Economisch

Bij de evaluatie van nieuwe detectietoepassingen is een economische analyse onmisbaar om de uitvoerbaarheid en schaalbaarheid in kaart te brengen. Dit omvat zowel de initiële investeringen als de structurele kosten die gepaard gaan met de inzet van detectiehonden, evenals de kosteneffectiviteit ten opzichte van alternatieve methoden.

2.4.3.1 Vaste en variabele kosten

Detectiehondenprojecten vereisen een combinatie van vaste kosten, zoals de initiële selectie, training van hond en geleider, en certificatie, en variabele kosten, waaronder transport, vergoedingen, voeding, verzorging en materiaalverbruik. De kost van training varieert sterk afhankelijk van methodologie, ervaring van de trainers, en de complexiteit van het detectiedoel (Goodwin et al., 2010; McKeague et al., 2024).

Voor langdurige projecten worden schaalvoordelen mogelijk indien meerdere detectiedoelen gecombineerd kunnen worden binnen één operationeel team (Gadbois & Reeve, 2016; Helton, 2009).

2.4.3.2 Kostenvergelijking met alternatieve detectiemethoden

Het inzetten van honden voor ecologische detectie wordt vaak vergeleken met alternatieve methodes zoals visuele surveys, eDNA-analyse of valmethoden. Hoewel de initiële investering bij hondenteams hoger kan liggen, kunnen ze op lange termijn voordeliger blijken omwille van hogere sensitiviteit, snellere zoekcapaciteit en brede inzetbaarheid (Beebe et al., 2016; Reed et al., 2011).

Een kosten-batenanalyse moet rekening houden met de aard van het doelorganisme, terreincondities, benodigde detectienauwkeurigheid en logistieke haalbaarheid (Johnen et al., 2013; Smith et al., 2005).

2.4.3.3 Kostenefficiëntie en samenwerking

Projecten kunnen goedkoper en efficiënter verlopen door samenwerking tussen organisaties, gedeelde infrastructuur of gecombineerde trainingsprogramma's. Zo kunnen bijvoorbeeld geurboxen, trainingsruimtes en opgeleide honden gedeeld worden tussen projecten die op gelijkaardige doelsoorten werken (Grimm-Seyfarth et al., 2021; Wasser et al., 2004).

Bovendien is de economische haalbaarheid sterk afhankelijk van externe financiering, beschikbare expertise en beleidsmatige erkenning van detectiehonden als volwaardige monitoringtool (Rutter et al., 2022).

2.4.4 Juridisch

2.4.4.1 Wettelijke bescherming en internationale richtlijnen

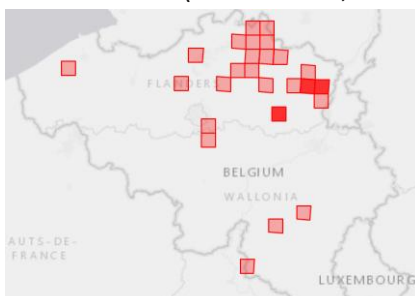
In België en veel andere Europese landen worden de rode bosmieren (*Formica rufa* en verwante soorten) in meer of mindere mate beschermd, hoewel de juridische bescherming sterk varieert tussen regio's. In Vlaanderen geniet de soort expliciete bescherming via de Vlaamse soortenlijst, terwijl ze in andere landen, zoals Duitsland of Oostenrijk, onder strengere beschermingsmaatregelen vallen (Balzani et al., 2022; Van Buggenum, 2022).

Internationaal vallen *Formica rufa*-soorten niet onder de habitatrichtlijn (92/43/EEG) of de vogelrichtlijn (2009/147/EG), en ze zijn ook niet opgenomen op de CITES-lijst. Toch erkennen tal van onderzoekers en instellingen de ecologische waarde en kwetsbaarheid van deze soortengroep, wat aangeeft dat een actualisering van de beschermingsstatus gewenst is (Balzani et al., 2022; Dekoninck et al., 2010; Gößwald & Gößwald, 1989).

2.4.4.2 Bescherming van nestlocaties

In de praktijk zijn nesten van *Formica rufa* vaak niet expliciet wettelijk beschermd, wat problematisch is aangezien nestverplaatsing, -vernietiging of verstoring belangrijke schade kan aanrichten aan hele kolonies. Vanuit een juridisch standpunt dringt zich dan ook de nood op tot uniforme richtlijnen of bescherming van neststructuren, zoals ook aanbevolen in verschillende Europese studies (Balzani et al., 2022; Seifert, 2018).

Daarnaast is het belangrijk dat bij toepassing van detectiehonden en nestmarkering voor monitoringdoeleinden, juridische richtlijnen worden gevolgd rond data-anonimisatie. Zo worden waarnemingen via platformen zoals waarnemingen.be bij bepaalde soorten automatisch 'geblurd', om stroperij, verstoring of misbruik van gevoelige data te vermijden. Dit kan ook van toepassing zijn op mieren, bijvoorbeeld wanneer nesten doelwit worden van hobbyverzamelaars of illegale formicicultuur (Balzani et al., 2022; Gadotti et al., 2024).



Figuur 3. Voorbeeld van de 'geblurde' locaties op waarnemingen.be. Screenshot van op de website.

2.4.4.3 Formicicultuur en juridische kaders

De wettelijkheid van het houden van rode bosmieren in een formicarium verschilt per land en regio. In Vlaanderen vallen de soorten van de *Formica rufa*-groep onder categorie 1 van bijlage 1 van het Soortenbesluit (Vlaamse Regering, 2019). Hierdoor is het opzettelijk vangen, bezitten, verhandelen, houden of verstoren van individuen of nesten uit het wild verboden zonder vergunning, ongeacht de locatie, dus ook buiten Natura 2000-gebieden en natuureservaten.

Ook in buurlanden zoals Duitsland is de *Formica rufa*-groep beschermd, waar dit valt onder de Bundesartenschutzverordnung (BArtSchV, Anlage 1). Voor het houden, verplaatsen of verstoren van nesten of dieren een vergunning is vereist (*Bundesartenschutzverordnung – Anlage 1*, 2023; Seifert, 2018). In Zwitserland is de soort federaal beschermd onder de Verordnung über den Natur- und Heimatschutz (NHV, Anhang 3), met een vergelijkbaar verbod zonder vergunning (*Verordnung über den Natur- und Heimatschutz*, n.d.).

Vanuit ethisch oogpunt pleiten biologen ervoor dat formicicultuur bij beschermde soorten enkel plaatsvindt voor educatieve of wetenschappelijke doeleinden, met minimale verstoring van kolonie en habitat en naleving van de wettelijke kaders (Balzani et al., 2022).

2.4.5 Operationeel

2.4.5.1 Detectieomgeving en veldomstandigheden

De praktische inzetbaarheid van speurhonden voor het opsporen van *Formica rufa*-nesten hangt sterk af van de omgeving waarin de detectie plaatsvindt. Bosrijke omgevingen, waarin de rode bosmier vaak voorkomt, brengen specifieke uitdagingen met zich mee zoals moeilijk begaanbaar terrein, wisselende ondergrond, vegetatiedichtheid en variabele weersomstandigheden. Windrichting, temperatuur, luchtvochtigheid en neerslag beïnvloeden rechtstreeks de verspreiding van geurstoffen in de omgeving, wat cruciaal is voor de detecteerbaarheid door honden (Glen & Veltman, 2018; Johnen et al., 2013).

Tijdens natte of extreem droge periodes kunnen geursporen respectievelijk overspoeld of onderdrukt worden, wat leidt tot prestatieverlies bij detectiehonden (Angle et al., 2016; Wohlfahrt et al., 2023). Training onder uiteenlopende omstandigheden is daarom essentieel om generalisatie te bevorderen.

2.4.5.2 Training aan de lijn versus los werken

In beboste habitats is het niet altijd mogelijk om honden los te laten werken. Training aan de lijn is daarom een noodzakelijke voorbereiding op inzet in beschermde of moeilijk toegankelijke gebieden. Honden die ook getraind worden in zelfstandig zoeken (zoals volgens het ‘vapor wake’-principe¹) kunnen in sommige gevallen efficiënter omgaan met geurverspreiding in complexe landschappen, maar vereisen dan wel een verhoogd niveau van zelfstandigheid en specifieke begeleiding (Cablak & Heaton, 2006; Grimm-Seyfarth et al., 2021).

¹ Het “Vapor Wake” of luchtpluim-principe is een dynamische geurvolgtechniek waarbij detectiehonden getraind zijn om geuren in bewegende luchtstromen op te pikken en te volgen naar hun bron, vaak terwijl doelwitten zich nog bewegen.

2.4.5.3 Operationele beperkingen bij vrijwilligerswerk

De inzet van vrijwilligers voor detectietraining biedt kansen tot brede participatie, maar brengt ook operationele uitdagingen met zich mee. Variaties in ervaring, beschikbaarheid en trainingsdiscipline kunnen leiden tot inconsistente vooruitgang tussen hondenteams. Daarnaast vereist een duurzaam vrijwilligersmodel voldoende coördinatie, ondersteuning en motivatie (Beebe et al., 2016; Rutter et al., 2022).

2.4.5.4 Teamdynamiek en continuïteit

Een goede relatie tussen geleider en hond blijkt doorslaggevend voor succesvolle inzet. Regelmatige en gezamenlijke training is noodzakelijk om een vlotte communicatie en afstemming tijdens het zoekproces te garanderen (McKeague et al., 2024; Wilson & Winstanley, 2022). De afhankelijkheid van vrijwilligers betekent wel dat langdurige continuïteit van specifieke teams niet gegarandeerd is, wat gevolgen heeft voor inzetbaarheid op lange termijn (Orkin et al., 2016).

2.4.6 Sociaal

De sociale dimensie van een haalbaarheidsstudie rond de inzet van speurhonden voor het detecteren van *Formica rufa* met vrijwilligers vereist kennis van natuurbeheerders over deze methode, een positieve attitude hiertegenover en bereidheid om teams met zoekhonden tot de verspreidingsgebieden toe te laten (Rutter et al., 2021, 2022). Maar ook aandacht voor de participatie van burgers, maatschappelijke actoren en veldprofessionals. Burgerwetenschap of citizen science wordt immers steeds belangrijker binnen ecologisch onderzoek en monitoring. Het biedt niet alleen mogelijkheden tot dataverzameling op grote schaal, maar bevordert ook bewustwording en betrokkenheid bij biodiversiteitsvraagstukken (Bonney et al., 2014; Theobald et al., 2015a).

In België bestaat een goed uitgebouwd netwerk voor burgerobservaties via digitale platformen zoals waarnemingen.be, beheerd door Natuurpunt in samenwerking met andere partners. Invoergegevens worden gevalideerd door experts en vormen een belangrijke bron voor verspreidingsmodellen en beleidsadvies (Observation.org, n.d.). Binnen het kader van mierendetectie werden in het verleden ook meldingscampagnes georganiseerd waarbij burgers gevraagd werden locaties van nesten van rode bosmieren door te geven, onder andere voor karteringsdoeleinden en het opvolgen van kolonies in beheerzones (Dekoninck et al., 2010; E et al., 2012).

Een aan dit project gerelateerd Europees initiatief, is het project MonitAnt, gecoördineerd door het Senckenberg Museum für Naturkunde Görlitz. Dit internationale samenwerkingsverband ontwikkelt een Europese monitoringsstrategie voor heuvelbouwende bosmieren van het *Formica rufa*-complex, met specifieke aandacht voor genetische diversiteit, habitatfragmentatie, populatiegrenzen en nestdetectie. Binnen dit project speelt citizen science een centrale rol. Burgers verzamelen gestandaardiseerde gegevens over nestlocaties, habitattypes en bijhorende soorten via platforms zoals iNaturalist en gestructureerde veldmetingen. Parallel wordt gewerkt aan geautomatiseerde detectiemethoden met behulp van drones, thermografie en satellietbeelden. De resultaten moeten leiden tot beleidsaanbevelingen op Europees niveau, met input van onder andere IUCN voor een eventuele update van de bedreigingsstatus van MBF-soorten (mound-building *Formica*) (Biodiversa+, n.d.; MonitAnt, n.d.).

Het huidige onderzoek naar de inzet van speurhonden past binnen deze context. Door innovatieve detectietechnologieën te combineren met burgerparticipatie, ontstaat een krachtig hybride monitoringsmodel. In de toekomst zou dit type detectiewerk zelfs een rol kunnen spelen in apps of systemen voor nestregistratie, waarbij honden dan ingezet worden om nestlocaties te bevestigen of te lokaliseren ter verificatie van burgers die meldingen doen (August et al., 2015; Balzani et al., 2022).

3 Onderzoeksvragen

- Hoe verloopt de try-out van training met een kleine groep vrijwilligers en hun honden, gericht op detectie van nesten van de *Formica rufa*?
- Op basis van de try-out ervaringen wordt het in de literatuurstudie algemeen beschreven TELOS-protocol specifieker uitgewerkt. Hoe verwerken we de bevindingen van de try-outfase naar een verfijnd en toepasbaar haalbaarheidsprotocol voor toekomstige ecodetectieprojecten?

4 Materiaal en methoden

4.1 Literatuuronderzoek

Voor deze bachelorproef werd een gericht literatuuronderzoek uitgevoerd met als doel inzicht te krijgen in het gebruik van speurhonden binnen natuurbehoudstoepassingen, de ecologie en biologie van de rode bosmier (*Formica rufa*), en de relevante parameters voor het opstellen van een protocol met als basis een haalbaarheidsanalyse volgens het TELOS-model. De zoekstrategie combineerde zowel wetenschappelijke als praktijkgerichte bronnen.

Er werd gezocht in internationale wetenschappelijke databanken, waaronder bijvoorbeeld Web of Science, Scopus, Google Scholar en PubMed, met zoektermen in het Nederlands, Engels of Duits zoals bijvoorbeeld 'Detectie *formica rufa*' 'ecologische zoekhonden', 'haalbaarheidsanalyse', 'conservation detection dogs', '*Formica rufa* detection', 'red wood ants', 'ant monitoring', 'feasibility study', en andere relevante combinaties. Daarnaast werd gebruikgemaakt van grijze literatuur en technische rapporten afkomstig van onder andere het Instituut voor Natuur- en Bosonderzoek (INBO), het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen (KBIN) en relevante NGO's. En gezocht naar beleidsdocumenten, beschermingsstatussen, en protocollen uit binnen- en buitenland met betrekking tot zowel speurhondendetectie als mierenmonitoring.

ChatGPT werd gebruikt als ondersteunend hulpmiddel voor het controleren van de opbouw en samenhang van de tekst, het zoeken van synoniemen, het vertalen van anderstalige teksten, en het structureren van informatie volgens academische standaarden.

4.2 Opzet van de try-out dagen

De try-out dagen werden opgezet als een verkennende stap binnen deze haalbaarheidsstudie, met als doel de praktische inzetbaarheid van detectiehonden, voor het speuren naar nesten van de rode bosmier, in kaart te brengen. In tegenstelling tot een volledig operationele veldstudie lag de nadruk in deze fase niet op het kwantificeren van detectiesucces, maar op het observeren van het proces en de vooruitgang die gemaakt werd met de startende hond-geleider teams. De try-outs waren in de eerste plaats verkennende oefenmomenten om technische en operationele uitdagingen te identificeren.

Alle try-outs werden uitgevoerd met vrijwillige deelnemers, op basis van beschikbaarheid en bereidheid om deel te nemen aan een haalbaarheidsexperiment zonder langdurige verplichtingen. De meeste teamleden raakten betrokken bij dit project na deelname aan de zoekhonden-netwerkdag of de INBO-meting die daarop gevolgd heeft. Dit zorgde voor de mogelijkheid om met een diverse groep honden en geleiders te werken, maar ook dat er variatie bestond in ervaring, trainingsdiscipline en beschikbaarheid. Leeftijd, ras of geslacht van de honden werd in deze fase van het project niet als selectie criterium gehanteerd. In plaats daarvan werd geprobeerd om zoveel mogelijk beschikbare honden in te schakelen om de haalbaarheid in brede zin te testen. Binnen het team bevinden zich zowel jonge als oudere honden, verschillende rassen en kruisingen, en honden met een gevarieerde ervaring in detectiewerk. Hierdoor kon worden geobserveerd hoe snel de honden met verschillende achtergrond geurassociatie en zoekgedrag konden ontwikkelen voor de doelgeur. De verzamelde gegevens zijn kwalitatief en beschrijven de evolutie van individuele hondenteams onder verschillende omstandigheden.

Try-outtrainingen werden uitgevoerd op verschillende locaties, met uiteenlopende honden en geleiders (zie Tabel 1). De trainingsdagen werden ingepland, in functie van de beschikbaarheid van

de deelnemers en met oog op de weersomstandigheden om de kans op een effectieve training te vergroten (zie Tabel 2). De try-out locaties werden geselecteerd op basis van nestlocaties die door Wouter Dekoninck (KBIN) waren doorgegeven, of op aanwijzing van een geleider die zelf actieve nesten in de buurt had gevonden en vooraf had gecontroleerd. Tijdens één van de try-outsessies werd ook een kleine blinde test uitgevoerd om een eerste indruk te krijgen van het verschil in zoekresultaten tussen werken met en zonder hond (zie Tabel 4).

Tijdens de try-outs werd aandacht besteed aan:

- Het aanleren en versterken van de geurassociatie met de rode bosmier en nestmateriaal.
- De reactie van de honden op de mieren en bosrijke omgeving
- De invloed van terrein en weersomstandigheden op zoekgedrag.
- Logistieke en praktische aspecten, zoals verplaatsing, veiligheid en materiaal.

Tabel 1. Kenmerken van de honden die deelnamen aan de try-outs (naam, naam geleider, ras, leeftijd, geslacht en ervaring)

Naam	Geleider	Ras	Leeftijd	Geslacht	Ervaring
Obi	Tuur, geen ervaring	Mix teckel en stafford	7 jaar	Reu	Geen
Rafale	Hilde, ervaring maar geen hondentrainer	Pyreneese herdershond	4 jaar	Teef	Glimwormlarven, geweien
Bosse	Carina, detectie-trainer	Working cocker	2 jaar en half	Reu	Kong, Larven Vliegend Hert
Tux	Lien, detectie-trainer	Mix Mechelse herder	4 jaar en half	Reu	Kong
Kiki	Guido, detectie-trainer	Spaniel	8 jaar	Teef	Kong, hamster, hazelmuis, wolvenmest
Pheline	Manon, ervaring maar geen hondentrainer	Mix poedel en labrador	1 jaar 8 maanden	Teef	Koffie

Tabel 2: Try-outs met de detectieteams (data, locatie, aanwezige personen).

Datum	Locatie	Aanwezige personen/teams	Weersomstandigheden
01/05/2025	Berismenil	Hilde, Carina met Bosse en Tuur met Obi	23°C, wind 8 km/u, luchtvochtigheid 29%
04/06/2025	Brugge	Hilde met Rafale, Carina met Bosse, Lien met Tux, Wouter, Bert en Tuur	20°C, wind 22km/h, 74% luchtvochtigheid
18/06/2025	Turnhout	Hilde met Rafale, Carina met Bosse, Lien met Tux, Tuur met Obi en Guido met Kiki	24°C, wind 15km/u, luchtvochtigheid 71%
03/07/2025	Oudsbergen	Hilde met Rafale, Carina met Bosse, Guido met Kiki, Tuur met Obi, Manon met Pheline, Marc en Leen	25°, 6km/u wind, 70% luchtvochtigheid
10/07/2025	Oudsbergen	Hilde met Rafale, Guido met Kiki, Leen Wouter en Bert	20°C, wind 15km/u, luchtvochtigheid 71%

4.3 Individuele trainingssessies

Naast de gezamenlijke try-outdagen vonden ook individuele trainingssessies plaats, bedoeld om de honden verder op te leiden en hen te laten werken aan geurbronnen, al dan niet de rode bosmier, en detectietechnieken. Deze momenten boden de mogelijkheid om training op maat te geven, afgestemd op de ervaring en het niveau van de hond, en om in een gecontroleerde setting te werken aan specifieke aandachtspunten.

Elke geleider werkte zelfstandig met zijn of haar hond, doorgaans in de thuissituatie of in het veld, waarbij de invulling van de training bij elke geleider wel varieerde. Voor de meeste deelnemers betekende dit het onderhouden van bestaande detectievaardigheden en het verfijnen van het zoekgedrag in situaties die vergelijkbaar zijn met veldomstandigheden. Zo traint Carina met Bosse in haar professionele setting, met toegang tot gespecialiseerd materiaal, of in het veld en werkt Hilde met Rafale meestal tijdens reguliere wandelingen, waarbij Rafale beloond wordt bij het vinden of reageren op miernesten in de omgeving.

Voor Obi, een hond zonder voorafgaande ervaring in detectiewerk, werden de individuele trainingen ingezet als testcase om te evalueren hoever een onervaren hond binnen het project kan komen in vergelijking met honden met detectie-ervaring (zie Tabel 3). Deze trainingen vonden op twee manieren plaats. Ten eerste bij Carina thuis, waar gebruik werd gemaakt van haar professioneel materiaal zoals geurboxen en een automatische feeder. De training gebeurde in een gecontroleerde omgeving, met als doel het aanleren van basisgeurherkenning en verwijsgedrag, waarbij Kong diende als doelgeur. Ten tweede werd Obi ook thuis verder getraind. Daar werd gewerkt met zelfgemaakte geurboxen, clickertraining en korte oefeningen met Kong om de geurassociatie verder te versterken. Kong is een veelgebruikte methode in detectiehondentraining als eerste geur, dit rubber materiaal biedt een duidelijk herkenbare en consistente referentie. Honden die deze geur eerst leren, leren na afloop sneller nieuwe en specifieke geurdoelen herkennen, wat wijst op een leertransfer en versnelde trainingsprogressie (Maughan et al., 2024).



Figuur 5. Geurboxen bij Carina. Foto door Tuur Quintiens.



Figuur 4. Automatic feeder bij Carina. Foto door Tuur Quintiens.

Getxent-tubes zijn kleine, herbruikbare buisjes die met gepatenteerde 'Polymer Odor Capture and Release-technologie' 100% echte geur kunnen opnemen en gecontroleerd afgeven. Hierdoor kunnen honden in veilige, gestandaardiseerde omstandigheden getraind worden, zonder afhankelijkheid van de nesten, weersomstandigheden etc. In dit project werd geen gebruik gemaakt van Getxent-tubes, maar ze zouden in de toekomst kunnen dienen als geurbron om in gecontroleerde setting verder te kunnen trainen wanneer seizoen- of weersomstandigheden dat niet toelaten in het veld (GetXent, n.d.).



Figuur 6. GetXent geurdragers op een mierennest. Foto door Hilde Vervaecke.

Tabel 3. Details over de individuele training van eigen hond Obi (datum, plaats, soort training, duur en opmerkingen).

Datum	Plaats	Soort training	Duur	Opmerkingen
05/05/2025	Thuis	Clickertraining	15-20min	Introductie clicker. Basiscommando's en gewenning aan beloningsmoment.
10/05/2025	Thuis	Clickertraining	30min	Na deze training werd clicker in dagdagelijkse leven verder gebruikt zonder specifieke trainingsmomenten
14/05/2025	Carina	Geurboxen	50min	Begonnen met één geurbox met Kong, opgebouwd naar drie (met maar 1 Kong). Automatische feeder gebruikt. Ook tips van Carina voor geleider. Goede focus en interesse van Obi maar tegen einde moe en minder concentratie. Over het algemeen goed voor een eerste training. Een aantal vals positieven werden aangeduid.
17/05/2025	Thuis	DIY Geurboxen	40min	3 zelfgemaakte geurboxen gebruikt. Goede respons bij juiste box maar vaker vals positieven dan correct positieven (door geurcontaminatie?).
24/05/2025	Thuis	DIY Geurboxen	1u	Voorzichtiger 3 geurboxen voorbereid. Minder concentratie en meer afleiding bij Obi vandaag. Werkt niet goed mee en duidt vooral vals positieven aan.
30/05/2025	Thuis	DIY Geurboxen	1u	Goede training met 3 geurboxen, Obi heeft juiste reacties maar nog steeds wat twijfel en een aantal fout positieve aanduidingen.
07/06/2025	Thuis	DIY Geurboxen	40min	Veel afleiding en overal minder goede training, 3

				geurboxen maar veel vals positieven en deze keer ook vals negatieve aanduidingen.
21/06/2025	Thuis	DIY Geurboxen	50min	Betere training met meer concentratie en drive. Tot hiertoe nog steeds met 3 geurboxen. Weinig fout positieve aanduidingen en geen fout negatieve deze dag.
24/06/2025	Carina	Geurboxen	1u10min	Opgewerkt naar vier boxen. Variatie in aanwezigheid van Kong. Goede motivatie, en snellere herkenning. Af en toe duidt hij nog zowel vals negatief als vals positief aan.
02/07/2025	Thuis	DIY Geurboxen	50min	Terug 3 geurboxen gebruikt. Training verloopt redelijk vlot en Obi toont meer zekerheid. Veel correct positieve aanduidingen en correct negeren van de boxen zonder of foute geurbron.

5 Resultaten

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd voor het opstellen van een ruw protocol voor de inzet van detectiehonden bij het monitoren van *Formica rufa*. Het protocol is opgesteld op basis van literatuuronderzoek en de praktijkervaringen van het testteam tijdens try-outtrainingen. De try-outs waren bedoeld om de praktische legale en logistieke toepasbaarheid van het protocol te evalueren, met focus op voortgang en leerpunten.

5.1 Verloop van de try-out dagen

Dag 1 – Try-out Berismenil (01/05/2025)

De eerste try-out vond plaats nabij Berismenil, in een bosrijke omgeving met gemengde loof- en naaldbomen. De sessie startte om 12:00 uur onder zonnige omstandigheden (23°C, wind 8 km/u, luchtvochtigheid 29%) en is geëindigd rond 16u.

Aanwezig waren Hilde, Carina en Tuur met Bosse en Obi, beide honden zonder eerdere ervaring met het detecteren van mieren. Doel van deze eerste sessie was om te observeren hoe de honden reageerden op de geurbron en het werken in een nieuwe omgeving, zonder directe druk op prestaties.

De training verliep in korte zoekblokken maar op één lange wandeling, waarbij per hond werd gekeken naar motivatie, concentratie en eerste herkenning van de geur. Obi toonde interesse, maar had tijd nodig om te wennen aan de omgeving en na een eerste beet van een mier was hij een stuk voorzichtiger bij benadering van volgende nesten. Bosse liet meteen een gefocuste zoekhouding zien, dankzij eerdere detectie-ervaring met andere doelgeuren. Bosse was veel minder voorzichtig en de aanwezigheid van de mieren zorgde voor geen problemen. Bosse leek de eerste tekenen van herkenning van de geur te vertonen, hij reageerde met lichaamshouding of door te kijken naar Carina positief op sommige nesten, nadat hij voor eerdere al beloond was. Beide honden werden met snoepjes beloond. In totaal zijn we een stuk of 12 nesten tegengekomen, waarvan sommigen nog niet gekend bij de voorafgaande verkenning door Hilde.

Er werden geen formele metingen gedaan. De nadruk lag op reacties van de honden bij de geurbron, de interactie tussen geleider en hond, en de mate waarin de honden zich lieten afleiden door omgevingsprikkels. De bevindingen van deze eerste dag vormden een belangrijke basis voor de verdere try-out dagen.



Figuur 7. Bosse voor een gevonden mierenest in Berismenil. Foto door Tuur Quintiens.

Dag 2 – Try-out Brugge (04/06/2025)

De tweede try-out vond plaats in Brugge, in samenwerking met Wouter Dekoninck (KBIN) en een student, Bert. Er werd gewerkt op twee locaties: een gracht langs een parking en autoweg, en een meer bosrijk terrein. De training startte om 11.30 uur onder zonnige omstandigheden (20°C, wind 22km/h, 74% luchtvochtigheid).

Aanwezig waren Hilde met Rafale, Lien met Tux, Carina met Bosse, Tuur Wouter en Bert. Wouter gaf vooraf achtergrondinformatie over nestherkenning en veldomstandigheden, en bracht ons naar de nestlocaties. De honden kregen per locatie korte zoekopdrachten waarbij het doel was om te wennen aan het veldwerk, te oefenen met geurherkenning van de nesten en de samenwerking met de geleider te versterken.

Op de eerste locatie toonde Rafale meteen positieve signalen en vond een van de nesten uit zichzelf. Ze werd verder getraind op de andere nesten. Voor Tux was dit een eerste kennismaking in het veld met de rode bosmier als doelgeur. Lien gebruikte Kong bij de nesten om Tux te leren associëren met de nesten van de rode bosmier. Bosse was weer energiek aan het zoeken en werd verder getraind op de nesten.

De tweede locatie was in een meer bosrijke omgeving en een stuk naast de snelweg. Hier zijn we zonder honden heengegaan en hebben we gezocht met Wouter die ons nog meer info gaf en we over het algemeen over het project enthousiast ideeën uitwisselden voor komende oefenmomenten en andere mogelijkheden. Alle honden trainden een 30 à 45 minuten en werden beloond naast de nesten en er werd vermeden dat ze op een nest stonden. De duur om het nest aan te duiden werd zo kort mogelijk gehouden om beten door de mieren en negatieve associaties te voorkomen.



Figuur 8. Hilde met Rafale aan het werk in Brugge. Foto door Tuur Quintiens.

Dag 3 – Try-out Turnhout (18/6/2025)

De derde try-out is op twee locaties niet heel ver van elkaar doorgegaan. Er werd afgesproken om 7u om de warmte te ontlopen. Er is dan ook getraind tot het te warm werd rond 12u (24°C, wind 15km/u, luchtvochtigheid 71%). Op de eerste locatie, een kleine parking en het begin van een wandelpad werden twee bekende nesten gebruikt om op te trainen. Iedere geleider werkte met zijn of haar hond aan beide nesten, voor sommigen zoals Guido en Kiki is dit de eerste kennismaking met de geur.

Kiki werkte onder begeleiding van Guido al snel met veel precisie en enthousiasme, Guido gebruikt een clicker en beloont Kiki met een bal als primaire motivatie. Guido gebruikt Kong aan de nesten als associatie. Bosse toonde opnieuw veel energie en bleef positieve gedragingen vertonen in de directe omgeving van de nesten, waarop hij werd beloond met voeding.

Voor Obi en Tux bleef het een uitdaging. Obi toonde beperkte interesse, maar probeerde wel verschillende gedragingen uit in de hoop beloond te worden. Tux werkte opnieuw zeer actief en kreeg via de Kong-methode extra bekrachtiging bij het nest. Rafale wist op eigen initiatief een nest aan te duiden en vond met wat begeleiding ook het tweede nest.

Na een goed uur getraind te hebben is er verplaatst naar een tweede locatie, een mix van bos en heidelandschap, waar geen exacte nestlocaties bekend waren maar er wel een vermoeden van mogelijke aanwezigheid was. Uiteindelijk werden meerdere nieuwe nesten gevonden, die vervolgens gebruikt werden voor individuele oefeningen. Rafale vond opnieuw zelfstandig twee nieuwe nesten, waarvan één in een zeer dichtbegroeid gebied. Kiki begon ook in dit terrein al snel nesten aan te duiden, wat bevestigde dat de geurassociatie bij haar heel snel werkt. Tux bleef achter in de auto voor dit tweede deel. Obi en Bosse bleven goede reactie vertonen bij de nesten en werden daarvoor beloond. Obi, vermoedelijk door de warmte en weining werkervaring, was sneller dan de andere honden ongeïnteresseerd en zichtbaar moe. Ook hier werd een goed uur getraind.



Figuur 10. Guido toont Kiki een stukje Kong aan zijn sleutelbos tot amusement van Hilde en Carina. Foto door Tuur Quintiens.



Figuur 9. Obi, Bosse en Kiki in Turnhout na een warme dag zoeken. Foto door Tuur Quintiens.

Dag 4 – Try-out Oudsbergen 1 (03/07/2025)

De vierde try-out vond plaats in de bosrijke omgeving van Oudsbergen, met een mix van naald- en loofbos, open stukken met hoge vegetatie en opvallend veel mieractiviteit, de training startte rond 9u Met Guido, Marc, Manon en Hilde en Leen waarna Carina en Tuur om 10u zijn begonnen. Een warme start van de dag (25°, 6km/u wind, 70% luchtvochtigheid). Aanwezig waren Bosse (Carina), Obi (Tuur), Kiki (Guido), Pheline (Manon) en Rafale (Hilde), met daarnaast Marc en Leen als extra ondersteuning.

De honden werden in duo's op pad gestuurd om elkaar niet in de weg te lopen, waarna het bleek dat de omgeving vol met nesten van de rode bosmier zat. Dit maakte de locatie ideaal voor training met veel herhaling bij elk nest dat de associatie met de doelgeur erg kan versterken. Alle honden werkten voor ongeveer 45 minuten, enkel Kiki wat langer.

Rafale bleef consistent en doelgericht werken, en duidde zelfstandig meerdere nesten aan. Kiki toonde eveneens sterke vooruitgang en leek de geurassociatie steeds beter onder de knie te krijgen. Bosse werkte gretig, maar bouwde zijn tempo rustiger op dan de honden die er iets sneller mee weg waren.

Voor Pheline was dit de eerste kennismaking met de rode bosmier als doelgeur. Haar geleider, Manon, gebruikte koffie, waarop Pheline eerder getraind was, bij de nesten om de link met de nestgeur te maken. Obi bleef in eerste instantie traag reageren, maar gaf af en toe duidelijk positieve signalen bij nesten. Na even trainen werd er geprobeerd hem los in te zetten, waarbij hij sneller beloond werd in de nabijheid van nesten. Ondanks enkele goede momenten heeft Obi nog veel training nodig.

Als afsluiting werd een eerste blinde test uitgevoerd op een bospad van ongeveer 500 meter door Guido met Kiki. Manon, Tuur, Hilde en Leen hebben het pad zonder honden afgewandeld, één voor één, visueel scannend naar nesten van de rode bosmier. Tijdens deze test werd gezocht naar nesten zonder voorafgaande kennis van exacte locaties. Kiki en twee mensen vonden hetzelfde aantal nesten. Door één van de menselijke zoekers werd een derde nest gerapporteerd, wat achteraf een oude wortelstronk bleek, maar geen nest. Een andere menselijke zoeker vond maar één nest.

Tabel 4. Resultaten van de blinde test (deelnemer, tijd, aantal gevonden nesten)

Deelnemer	Tijd (min:sec)	Aantal gevonden nesten
Guido met Kiki	6:45	2/2
Leen	7:23	3/2
Hilde	7:02	2/2
Manon	7:15	2/2
Tuur	7:08	1/2

Dag 5 – Try-out Oudsbergen 2 (10/07/2025)

De vijfde try-out vond op dezelfde bosrijke omgeving van plaats in Oudsbergen, start van de dag was om 9u (20°C, wind 15km/u, luchtvochtigheid 71%). Op sommige plekken opvallend grote aantallen mieren op de boswegen. Een voedselboom (beuk) werd waargenomen met talrijke mieren op de stam, waarvan er meerdere vielen.

Aanwezigen waren Guido met Kiki, Hilde met Rafale, Leen, Wouter en Bert. De ochtend begon met een korte briefing voor Hilde, Guido en Leen. Vanaf 11:00 uur kwamen Wouter en Bert nesten samplen voor bijkomend genetisch onderzoek.

De eerste trainingssessie vond plaats tussen 9:15 en 10:15 uur met Rafale, ze werkte loslopend op een traject met naar schatting twintig nesten. Ze nam tijdens het lopen duidelijk geur op en keek daarbij regelmatig naar haar geleider, waaruit die een geurherkenning kon afleiden. Bij aanmoediging, zoals “wat is er?”, bewoog ze zich doelgericht door het bos of hoog gras naar de vermoedelijke bron. Rafale vond meerdere (3 à 4) nesten die niet zichtbaar waren vanaf het pad, gelegen op 10 tot 30 meter in het bos. Opvallend was dat ze twee duidelijk zichtbare, relatief grote nesten negeerde, maar een groot nest daarachter (op ca. 6 meter afstand) wel aanwees. Wanneer meerdere nesten dicht bij elkaar lagen, duidde ze er doorgaans één of twee aan, niet allemaal.

De tweede sessie, van 10:30 tot 11:00 uur, werd uitgevoerd met Kiki, ze volgde een deel van hetzelfde traject en gaf ongeveer vijftien nesten aan. Ze werkte sneller dan Rafale en met meer ‘drive’, waarbij ze geur oppikte en direct naar het nest ging, of geur oppikte en naar haar geleider keek. Na het commando “neus” bewoog ze zich snel door dichte vegetatie naar de bron. Net als Rafale sloeg Kiki de eerste paar nesten aan het begin van het pad over en gaf ze meerdere onzichtbare nesten op 10 tot 30 meter in het bos aan. Ook zij duidde niet spontaan alle nesten aan wanneer er meerdere dicht bij elkaar lagen. Vermoedelijk kwam dit doordat de windrichting en geurverspreiding de geur van een bepaald nest eerder naar de honden bracht. Daarnaast wees ze een oud, omheind nest aan en vond ze een zeer klein, beginnend nest van minder dan 10 cm hoog.



Figuur 11. Guido met Kiki aan het werk in het bos in Oudsbergen. Foto door Tuur Quintiens.

5.2 Ruw stappenplan voor haalbaarheidsstudie van detectie van *Formica rufa* met ecologische zoekhonden

Hieronder volgt een ontwerp van een haalbaarheidsprotocol, volgens een stapsgewijze aanpak, waarbij over de diverse fasen aandacht is voor de vijf TELOS-domeinen.

Het protocol kan een leidraad zijn om haalbaarheid te testen voor volgende projecten met ecodetectiehonden. Het protocol is opgesteld op basis van de voorgaande literatuur en, praktijkervaring met het testteam. Hoewel het is toegepast op *Formica rufa*, kunnen de vragen op andere soorten toegepast worden.

Stap 1 – Doelbepaling en eerste technische haalbaarheidsanalyse

Doel: Bepaal nauwkeurig wat gedetecteerd moet worden en onder welke omstandigheden.

- Plan een overleg met de vragende partij en bespreek volgende aspecten:
- Formuleer de onderzoeksvraag: Welke soort, spoor of geurbron? Welke schaal (lokaal, regionaal)?
- Onderzoek geurprofiel, habitat, detecteerbaarheid en seizoensinvloeden via literatuur.
- Documenteer alternatieve methoden om in functie hiervan te kunnen bepalen of detectiehonden daadwerkelijk meerwaarde hebben.
- Is er een verantwoordelijke onderzoeker die expertise heeft over de soort en als aanspreekpunt kan fungeren?
- Is er budget beschikbaar?
- Verken het sociale draagvlak van de inzet van zoekhonden (zullen ze in de relevante locaties toegelaten worden?).
- Wat zijn de tijdlimieten van het project?
- Beslis pas over doorgaan van het project na een eerste haalbaarheidsinschatting.

Stap 2 – Ethische en wettelijke naleving

Doel: Werk altijd binnen de juiste kaders.

- Controleer wetgeving rond bescherming van de doelsoort en het gebruik van dieren in veldonderzoek.
- Onderzoek welke administratieve toelatingen nodig zijn.
- Zorg voor verzekering van alle activiteiten.
- Denk op voorhand na over het minimaliseren van de verstoring van de doelsoort en habitat.
- Waarborg het welzijn van de hond: Hou rekening met temperaturen bij de timing van trainingen, zorg voor voldoende pauzes, water, schaduw en veiligheid.

Stap 3 – Selectie van teamleden

Doel: Stel een geschikt team van honden en geleiders samen.

- Hond: motivatie, doorzettingsvermogen en 'drive' zijn belangrijker dan leeftijd of ras, al is fysiek uithoudingsvermogen vereist.
- Geleider: moet de hond goed kunnen lezen, basisdetectietraining hebben of bereid zijn die te volgen. Meer ervaren geleiders en honden kunnen uiteraard voor snellere resultaten zorgen.
- Team-synergie en samenwerking tussen de verschillende combinaties zijn belangrijk voor het succes.
- Vrijwilligers kunnen ingezet worden, maar houd rekening met complicaties die daarbij komen kijken.
- Documenteer achtergrond, ervaring en motivatie van elk teamlid.
- Creëer een communicatieforum voor de groep (bvb. Whatsapp-groep).

Stap 4 – Keuze en voorbereiding van de geurbron

Doel: Zorg voor betrouwbare, representatieve geurbronnen.

- Verzamel doelgeur (bijvoorbeeld nestmateriaal) volgens wettelijke en ethische richtlijnen. Er kan gewerkt worden met geurdragers die in een nest geïmpregneerd worden met de geur zodat er geen nestmateriaal vereist is voor de training.
- Vermijd contaminatie: gebruik poedervrije handschoenen en steriele potjes.
- Bewaar monsters koel en donker, of ingevroren indien nodig.
- Maak indien mogelijk trainingssets met variatie in geurconcentratie, ligduur en bronmateriaal.

Stap 5 – Trainingsopzet

Doel: Conditioneer de hond op de doelgeur.

- Associatiefase: koppel geurbron direct aan een beloning. Dit kan ofwel meteen op de nesten in het veld gebeuren, of eerst op nestgeur in een gecontroleerde setting met geurdragers.
- Opbouwfase: train op verschillende afstanden, met meer en meer geurboxen waarbij je soms een ronde zonder doelgeur gebruikt om de honden te leren dat er niet altijd aangewezen moet worden.
- Generaliseringsfase: gebruik variatie in geurbronnen wanneer beschikbaar. Bijvoorbeeld geursamples van: grote, kleine, beginnende, actieve of oude nesten, gemaakt van verschillend organisch materiaal.
- Wissel locaties om te voorkomen dat de hond context gebonden geuren leert.

Wanneer veldwerk direct mogelijk is, kan een uitgebreide trainingsopbouw in een gecontroleerde setting (al dan niet met geurdragers) deels of volledig worden overgeslagen. De generalisatiefase houdt dan in dat er op verschillende plaatsen getraind wordt waar de nesten uit verschillend materiaal zijn opgebouwd. Toch geeft voorafgaande training vaak meer consistentie, zeker bij beginnende teams. Het voordeel is ook dat er regelmatig kan getraind worden, zelfs wanneer de zoekdoelen in het veld niet zomaar beschikbaar zijn.

Stap 6 – Try-outfase

Doel: Test honden in realistische omstandigheden zonder prestatiedruk.

- Kies locaties met bekende geurbronnen om leerervaring te garanderen.
- Werk in korte sessies met veel herhaling en directe beloning.
- Observeer motivatie, concentratie, signaalgedrag en gevoeligheid voor afleiding.
- Noteer weersomstandigheden, terreinsoort en reacties.

In deze fase ligt de nadruk op leerprogressie, niet op kwantitatieve prestaties.

Stap 7 – Dataregistratie en veldprotocol

Doel: Verzekeren reproduceerbaarheid en bruikbaarheid van resultaten.

- Registreer per zoekactie: hond & geleider, datum/tijd, GPS-locatie, weersomstandigheden, type vondst, vals-positieven of hit/miss-ratio of andere relevante data voor het onderzoek en zorg dat de data gebruikt kan worden voor latere analyse.
- Noteer bijzonderheden zoals afleiding of afwijkend gedrag.
- Fotografeer en/of markeer vindplaatsen.
- Gebruik gestandaardiseerde formulieren of digitale apps om data bij te houden.
- Maak inschatting van alle gemaakte onkosten.

Stap 8 – Evaluatie en kwaliteitsborging

Doel: Houd de prestaties betrouwbaar.

- Doe periodieke blinde testen, eens de honden op voldoende hoog niveau staan.
- Vergelijk resultaten van verschillende honden en andere detectiemethoden.
- Pas training aan bij inconsistenties of prestatieverlies.
- Gebruik kruisvalidatie om betrouwbaarheid te verhogen, wat betekent dat meerdere honden hetzelfde zoekgebied onafhankelijk van elkaar afzoeken ter vergelijking van resultaten.

Stap 9 – Rapportering en kennisdeling

Doel: Zorg dat de opgedane kennis benut kan worden door anderen.

- Rapporteer methoden, resultaten (bvb. ingave op Waarnemingen.be) en beperkingen transparant.
- Deel ervaringen via workshops, publicaties of samenwerkingsverbanden.
- Denk na over de continuïteit van het project. Hoe kunnen de gemaakte investeringen (trainingen, omkadering,...) het beste renderen? Geef aanbevelingen voor opschaling voor het specifieke zoekdoel of toepassing op andere gelijkaardige zoekdoelen.

6 Discussie

6.1 Gebruik van het protocol en verdere verfijning

Een vernieuwend aspect van dit onderzoek is dat de bevindingen uit de try-outdagen rechtstreeks hebben geleid tot het opstellen van een generiek, overdraagbaar protocol voor haalbaarheidsstudies met ecodetectiehonden. De try-outs geven aan dat detectiehonden succesvol kunnen worden ingezet voor het opsporen van *Formica rufa*-nesten. Tijdens de try-out kwamen de teams tot een fase waarbij de nesten konden gevonden worden door de honden, maar ze nog niet op een voldoende niveau zaten om een systematische vergelijking uit te voeren met de visuele zoekmethode door mensen. Hiervoor was meer training nodig. Verdere verfijning van het protocol op basis van extra praktijkdata kan bijdragen aan een hogere toepasbaarheid, zowel voor de rode bosmier als voor andere ecologische detectiedoelen (McKeague et al., 2024).

6.2 Ervaring van de try-out dagen in relatie tot de TELOS-benadering

Het uiteindelijke doel van dit onderzoek was naast het aantonen dat het haalbaar is om honden op te leiden voor de doelgeur (*Formica rufa*), om een generiek en overdraagbaar protocol voor het uitvoeren van haalbaarheidsstudies naar het inzetten van detectiehonden bij ecologische monitoring te ontwikkelen, met in dit geval specifieke toepassing op de rode bosmier. Vooraleer dit te ontwerpen, worden de ervaringen van de try-outdagen teruggekoppeld aan het brede TELOS-model.

Technisch

- De try-outs maakten duidelijk dat de detectiedoelstelling goed moet worden afgebakend: Wordt er enkel gezocht naar de rode bosmieren (bv hun massale aanwezigheid op voedselbomen) of enkel naar de nesten/nestmateriaal? Is het meest belangrijk om de aan- of afwezigheid van nesten in bepaald gebied te tonen? Of eerder de exacte locatie van elk nest? Moet er gediscrimineerd worden tussen de verschillende miersoorten of is de mier en zijn nesten voldoende en identificatie gebeurt pas bij het vinden?
- De overgang van trainingsmomenten met Kong of dergelijke naar nestgeur blijkt mogelijk maar vraagt intensieve training in het veld. Om te werken met nestmateriaal zijn vergunningen nodig omdat het een beschermde soort is volgens het Vlaams Soortenbesluit.
- Complex terrein (dichte vegetatie, hellingen) beïnvloedt zoekpatronen.
- Weersomstandigheden moeten in rekening gebracht worden, want dit kan de geur beïnvloeden. Bij warm weer, zoals tijdens de try-outdagen, zijn de mieren actiever en verspreiden ze meer geur. Hogere temperaturen versnellen de verdamping, waardoor de geurpluimen sterker zijn, sneller stijgen en turbulenter worden. De geurpluimen reiken verder, maar zijn minder stabiel op neushoogte, waardoor exacte lokalisatie lastiger wordt. Bij koude omstandigheden blijft de geurzone compacter en dichter bij het nest, wat het op afstand moeilijker maakt om de geur op te pikken. Deze verklaring draagt bij aan waarom honden tijdens warme try-outdagen in staat waren nesten aan tientallen meters van het pad te detecteren, maar moeite hadden om exacte locaties aan te duiden wanneer meerdere nesten dicht bij elkaar lagen (Osterkamp, 2020).

Economisch

- Vrijwillige deelname maakte het mogelijk om veel verschillende honden te testen, maar trage vooruitgang bij onervaren combinaties verhoogt de benodigde trainingstijd om effectief naar nesten te kunnen zoeken.
- Verplaatsingen gebeurden op eigen kosten, wat voor sommige deelnemers een aanzienlijke investering betekende.
- Delen van materiaal (boxen, geurmonsters, automatic feeder) kan kosten reduceren, maar vraagt om logistieke coördinatie.

Operationeel

- Door te werken met vrijwilligers kunnen afwezigheden door werkverplichtingen, ziekte of persoonlijke omstandigheden de continuïteit van training met de doelgeur van bepaalde teams beïnvloeden.
- Vrijwilligers varieerden in ervaring, wat leidde tot verschillen in trainingsdiscipline en consistentie.
- Honden die zelfstandig kunnen zoeken (bv. volgens “vapor wake”-principe) bieden grote mogelijkheden om in ruime gebieden en moeilijk begaanbaar terrein te kunnen werken. Afhankelijk van het terrein kan een keuze van hond -geleider gemaakt worden.
- De duurzaamheid van de inzet door vrijwilligers met zoekhonden is een aandachtspunt. Idealiter is er een coördinerende instantie zoals een overheid of onderzoeksinstelling die kan zorgen dat de opgebouwde expertise voor andere noden kan ingezet worden. Momenteel wordt er een dergelijk coördinerend project gedurende één jaar uitgevoerd door Ellen Van Krunkelsven vanuit het INBO.

Juridisch

- De trainingen werden uitgevoerd op voor honden publiek toegankelijke plaatsen, zonder vereiste toelatingen door terreinbeheerders.
- In Vlaanderen is de rode bosmier wettelijk beschermd, nestlocaties kunnen gevoelig zijn voor verstoring. Dat de aanduiding door de honden niet op het nest gebeurt, zorgt ervoor dat ze niet verstoord worden.
- Op waarnemingen.be worden exacte locaties ‘geblurd’. Dit is noodzakelijk om de habitats te beschermen en nestroof te voorkomen.
- Toestemming van terreinbeheerders en of overheidsinstanties is vereist voor training en monitoring in bepaalde gebieden.

Sociaal

- Try-outs met gemotiveerde vrijwilligers dragen bij aan bewustwording over het ecologisch belang van *Formica rufa*.
- Het sociale draagvlak bij dit project was groot, met sterke ondersteuning en aanmoediging van de betrokken onderzoeker uit het KBIN.

Hoewel het TELOS-model al toegepast werd in de haalbaarheidsanalyse, blijkt uit dit onderzoek dat verdere verfijning waardevol kan zijn. Vooral de technische en operationele parameters zouden voordelen hebben bij meer meetbare criteria, zoals minimale trainingsuren en prestatienormen bij blinde testen. Bij sommige doelen kan het nuttig zijn om een vastgelegde marge te hebben tijdens de trainingen voor vals positieve aanduidingen. Dit zou toekomstige haalbaarheidsstudies nog transparanter en beter reproduceerbaar maken (Gregory et al., 2012).

6.3 Verloning en verzekering

Het werken met vrijwilligers is kostenefficiënt en maakt het mogelijk om een breed netwerk van gemotiveerde mensen te betrekken bij het project. In dit project waren vrij snel een viertal mensen bereid om hun honden te trainen en verdubbelde het aantal geïnteresseerden vrij snel. Maar deze aanpak heeft ook nadelen: de beschikbaarheid van vrijwilligers is vaak beperkt en onvoorspelbaar, en de trainingsconsistentie kan hierdoor variëren. Wanneer er een vorm van onkostenvergoeding of eventueel verloning wordt voorzien, kan dit leiden tot een stabielere en meer voorspelbare aanwezigheid van teamleden, wat de continuïteit en kwaliteit van de trainingen beter maakt (Sextus et al., 2025).

Daarnaast is het essentieel om duidelijke afspraken te maken over verzekering van zowel honden als geleiders. Detectiewerk in het veld brengt risico's met zich mee, zoals ongevallen, blessures of schade aan materiaal. Een collectieve verzekering die specifiek afgestemd is op zoek- en detectiewerk kan hiervoor de nodige bescherming bieden en verhoogt de professionaliteit van het project.

6.4 Zichtbaarheid van nesten en toegevoegde waarde van honden

Nesten van de rode bosmier zijn vaak visueel zichtbaar voor de mens, zeker grotere koepels in open terrein. Toch hebben de try-outdagen aangetoond dat honden ook kleinere of verborgen nesten vinden die door het menselijk oog gemakkelijk over het hoofd worden gezien. Dit maakt een vergelijking van vindpercentages tussen honden en mensen een interessante vervolgstap. Wanneer honden consistent goed getraind zijn, kan hun detectievermogen een waardevolle aanvulling of vervanging zijn van menselijke waarnemingen, vooral in dichtbegroeide of moeilijk toegankelijke gebieden. We verwachten dat er een hoger percentage nesten zal gevonden worden dan bij een visuele inspectie door enkel mensen. Bij een project op de Oostelijke doosschildpad vond men bijvoorbeeld na 9 uur zoeken met honden evenveel schildpadden als gedurende 100 uur zoeken door mensen (Kapfer et al., 2012). Bij de bosmieren zal het verschil allicht minder spectaculair zijn gezien de grootte van de nesten, maar allicht zullen kleine nesten, nesten verder van een pad of nesten verstopt achter vegetatie, voor de honden sneller te vinden zijn.

6.5 Geur en mogelijke beperkingen

Tijdens de try-outs bleek dat geur zich soms over een grotere afstand verspreidt, wat kan leiden tot het aanduiden van een nest dat verder weg ligt dan een dichterbij, uit de wind. Dit roept vragen op over de optimale inzetstrategie: is het gunstiger dat honden ver van de bron signaleren, of kan dit juist leiden tot het missen van dichterbij gelegen nesten? Als de hond op de bron zelf aanduidt,

wordt het nest dan weer verstoord. Het belonen van de hond moet enkel gebeuren wanneer de geleider zeker is dat de aanduiding correct is (DeMatteo et al., 2019). Het is doorgaans heel snel mogelijk voor de geleider om te verifiëren of de hond inderdaad een nest aanduidt en dus een correct positieve melding geeft. Sommige zoekdoelen bemoeilijken de training aanzienlijk door hun onzichtbaarheid, bijvoorbeeld bij het zoeken naar larven onder de grond. In dat opzicht is het trainen op detectie van bosmiernesten gemakkelijker (Jezierski et al., 2016).

6.6 Rol van citizen science

De samenwerking tussen burgerwetenschap en detectiehonden biedt interessante mogelijkheden. Door burgers gemelde nesten van *Formica rufa* kunnen dienen als trainingslocaties voor detectiehonden of gebruikt worden bij blinde tests. Omgekeerd kunnen detectiehonden helpen om meldingen van burgers te controleren of moeilijk detecteerbare nesten te lokaliseren. Daarmee zou citizen science niet enkel een monitoringsmiddel zijn, maar ook een praktische schakel in een 'professioneel' detectieprotocol (Theobald et al., 2015b).

6.7 Variatie in ervaring en trainingsdiscipline

De try-outdagen toonden aan dat de ervaring van de geleiders sterk varieerde. Vrijwillige geleiders met weinig of geen detectieachtergrond werken vaak met een andere intensiteit en discipline dan professionele detectietrainers. Dit heeft invloed op het tempo waarin honden vooruitgang boeken. Een individueel aangepast trainingsplan, gekoppeld aan vaste oefenmomenten, kan helpen om deze verschillen te verkleinen. Een centrale trainingslocatie met de juiste faciliteiten en geurmateriaal zou de consistentie in training aanzienlijk kunnen verbeteren (Williams & Johnston, 2002).

6.8 Terugkoppeling naar de onderzoeksvragen

De oorspronkelijke vraag of het haalbaar is om honden te trainen voor detectie van de rode bosmier kan positief worden beantwoord. De try-outdagen hebben aangetoond dat zelfs honden zonder eerdere ervaring binnen relatief korte tijd de doelgeur leren herkennen. De grootste verbeterpunten liggen in trainingsconsistentie, administratieve omkadering en vergoeding van de onkosten. Voor toekomstige projecten kan het opgestelde protocol als leidraad dienen, zo lang er ruimte blijft voor soort-specifieke aanpassingen (McKeague et al., 2024).

Besluit

De resultaten van de vijf try-outdagen tonen overtuigend aan dat het trainen van speurhonden op de rode bosmier (*Formica rufa*) technisch en operationeel haalbaar is. Binnen korte trainingssessies op locaties met voldoende nestdichtheid ontwikkelden de meeste honden detectiegedrag en geurassociatie, ongeacht hun eerdere ervaring. Hoewel individuele verschillen in leerproces en werkstijl duidelijk aanwezig bleven, kon in alle gevallen vooruitgang worden vastgesteld.

Het inzetten van detectiehonden voor het opsporen van *Formica rufa*-nesten binnen een vrijwilligerskader blijkt realistisch uitvoerbaar, zo lang er rekening wordt gehouden met enkele aandachtspunten. De consistentie van training kan sterk worden verbeterd door vaste oefenmomenten en indien haalbaar, werken met een vaste kern van getrainde geleiders. Daarnaast is het van belang dat randzaken zoals een onkostenvergoeding en verzekering goed geregeld zijn.

Hoewel veel nesten voor mensen visueel detecteerbaar zijn, hebben de try-outs aangetoond dat honden een duidelijke meerwaarde bieden door kleinere of verborgen nesten te vinden. Dit maakt het interessant om in vervolgonderzoek vindpercentages van honden en mensen systematisch te vergelijken, en om beter te begrijpen hoe geurverspreiding het zoekgedrag beïnvloedt.

Het onderzoek toont dus aan dat detectiehonden potentieel bieden en een waardevolle aanvulling kunnen zijn op bestaande opsporingsmethoden. Tegelijkertijd is het nuttig om dit onderzoek verder te zetten met kwantitatieve metingen en directe vergelijkingen met huidige zoekmethoden.

Het opgestelde haalbaarheidsprotocol zorgt ervoor dat er aandacht gaat naar de relevante technische, economische, wettelijke, operationele en sociale aspecten. Door het stappenplan te koppelen aan de ervaringen uit de praktijk is gebleken dat vooral de technische en operationele onderdelen nood hebben aan duidelijkere, meetbare criteria. De haalbaarheid van een ecologisch zoekdoel wordt namelijk bepaald door een complex samenspel van factoren. Enkel door deze systematisch in kaart te brengen, kan een correcte evaluatie plaatsvinden. Met dit protocol wordt die complexiteit hanteerbaar gemaakt en worden onzekerheden tot een minimum beperkt, waardoor een haalbaar plan kan worden gemaakt.

Lijst van tabellen en figuren

Lijst van tabellen

Tabel 1. Kenmerken van de honden die deelnamen aan de try-outs (naam, naam geleider, ras, leeftijd, geslacht en ervaring).....	22
Tabel 2: Try-outs met de detectieteams (data, locatie, aanwezige personen).....	23
Tabel 3. Details over de individuele training van eigen hond Obi (datum, plaats, soort training, duur en opmerkingen.	25
Tabel 4. Resultaten van de blinde test (deelnemer, tijd, aantal gevonden nesten	30

Lijst van figuren

Figuur 1. Formica Rufa-werkster. Foto door Michahl Kukla.	14
Figuur 2. Nest Formica Rufa. Foto door Tuur Quintiens	15
Figuur 3. Voorbeeld van de 'geblurde' locaties op waarnemingen.be. Screenshot van op de website.	17
Figuur 5. Automatic feeder bij Carina. Foto door Tuur Quintiens.	24
Figuur 4. Geurboxen bij Carina. Foto door Tuur Quintiens.....	24
Figuur 6. GetXent geurdragers op een mierennest. Foto door Hilde Vervaecke.....	24
Figuur 7. Bosse voor een gevonden mierennest in Berismenil. Foto door Tuur Quintiens.	27
Figuur 8. Hilde met Rafale aan het werk in Brugge. Foto door Tuur Quintiens.....	28
Figuur 9. Obi, Bosse en Kiki in Turnhout na een warme dag zoeken. Foto door Tuur Quintiens.	29
Figuur 10. Guido toont Kiki een stukje Kong aan zijn sleutelbos tot amusement van Hilde en Carina. Foto door Tuur Quintiens.....	29
Figuur 11. Guido met Kiki aan het werk in het bos in Oudsbergen. Foto door Tuur Quintiens.	31

Trefwoordenlijst

blinde test, 22, 30
citizen science, 12, 19, 38
detectiehonden, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 13, 16, 17, 18, 21, 27, 32, 35, 38, 39
ecologische monitoring, 3, 6, 11
Formica rufa, 3, 7, 10, 13, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 27, 32, 35, 36, 38, 39
geurassociatie, 3, 10, 21, 22, 24, 29, 30, 39
geurdetectie, 10, 14
Geurverspreiding, 15
haalbaarheidsstudie, 6, 8, 19, 21, 32
nestdetectie, 19
Operationele haalbaarheid, 8
rode bosmier, 3, 14, 18, 21, 22, 23, 28, 30, 35, 36, 37, 38, 39
speurhonden, 9, 11, 12, 18, 19, 21, 39
TELOS, 8, 13, 20, 21, 35, 37
training, 2, 3, 10, 13, 16, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 30, 33, 34, 35, 36, 38, 39
vrijwilligerswerk, 19

Bronnenlijst

- Agosti, D., Majer, J. D., Alonso, L. E., & Schultz, T. R. (2000). *Ants: Standard Methods For Measuring And Monitoring Biodiversity*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.11736>
- Andersen, A. N. (1991). Sampling communities of ground-foraging ants: Pitfall catches compared with quadrat counts in an Australian tropical savanna. *Australian Journal of Ecology*, 16(3), 273–279. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9993.1991.tb01054.x>
- Angle, C., Waggoner, L. P., Ferrando, A., Haney, P., & Passler, T. (2016). Canine Detection of the Volatilome: A Review of Implications for Pathogen and Disease Detection. *Frontiers in Veterinary Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00047>
- August, T., Harvey, M., Lightfoot, P., Kilbey, D., Papadopoulos, T., & Jepson, P. (2015). Emerging technologies for biological recording: Emerging Technologies for Biological Recording. *Biological Journal of the Linnean Society*, 115(3), 731–749. <https://doi.org/10.1111/bij.12534>
- Balzani, P., Dekoninck, W., Feldhaar, H., Freitag, A., Frizzi, F., Frouz, J., Masoni, A., Robinson, E., Sorvari, J., & Santini, G. (2022). Challenges and a call to action for protecting European red wood ants. *Conservation Biology*, 36(6), e13959. <https://doi.org/10.1111/cobi.13959>
- Beebe, S. C., Howell, T. J., & Bennett, P. C. (2016). Using Scent Detection Dogs in Conservation Settings: A Review of Scientific Literature Regarding Their Selection. *Frontiers in Veterinary Science*, 3. <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00096>
- Bernhard Seifert. (2021). *A taxonomic revision of the Palaearctic members of the Formica rufa group (Hymenoptera: Formicidae) – the famous mound-building red wood ants*. https://doi.org/10.25849/MYRMECOL.NEWS_031:133
- Bestelmeyer, B. T., Agosti, D., Alonso, L. E., Silvestre, R., Brandão, C. R. F., Brown Jr, W. L., & Delabie, J. H. C. (2000). Field Techniques for the Study of Ground-Dwelling Ants: An Overview, Description and Evaluation. In *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Smithsonian Institution Press.
- Biodiversa+. (n.d.). *MonitAnt*. Developing a European-Level Monitoring Strategy for Mound-Building Formica Ants and Symbiont Communities Residing in Nest Mounds. <https://www.biodiversa.eu/2024/04/15/monitant/>
- Boer, P. (2008). *Het inventariseren en monitoren van mieren (Hymenoptera: Formicidae)*. 28, 17–34.
- Boitani, L. (2021). Book review. *Biological Conservation*, 257, 109142. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109142>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2009). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J., & Parrish, J. K. (2014). Next Steps for Citizen Science. *Science*, 343(6178), 1436–1437. <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Bowen, D. J., Kreuter, M., Spring, B., Cofta-Woerpel, L., Linnan, L., Weiner, D., Bakken, S., Kaplan, C. P., Squiers, L., Fabrizio, C., & Fernandez, M. (2009). How We Design Feasibility Studies. *American Journal of Preventive Medicine*, 36(5), 452–457. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.02.002>

Bozek, K., Hebert, L., Portugal, Y., Mikheyev, A. S., & Stephens, G. J. (2021). Markerless tracking of an entire honey bee colony. *Nature Communications*, 12(1), 1733. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-21769-1>

Bundesartenschutzverordnung – Anlage 1. (2023). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV). https://www.gesetze-im-internet.de/bartschv_2005/anlage_1.html

Cablk, M. E., & Heaton, J. S. (2006). ACCURACY AND RELIABILITY OF DOGS IN SURVEYING FOR DESERT TORTOISE (GOPHERUS AGASSIZII). *Ecological Applications*, 16(5), 1926–1935. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2006\)016%255B1926:AARODI%255D2.O.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2006)016%255B1926:AARODI%255D2.O.CO;2)

Chi, W.-L., Chen, C.-H., Lin, H.-M., Lin, C.-C., Chen, W.-T., Chen, Y.-C., Lien, Y.-Y., & Tsai, Y.-L. (2021). Utilizing Odor-Adsorbed Filter Papers for Detection Canine Training and Off-Site Fire Ant Indications. *Animals*, 11(8), 2204. <https://doi.org/10.3390/ani11082204>

Clark, C. C. A., Sibbald, N. J., & Rooney, N. J. (2020). Search Dog Handlers Show Positive Bias When Scoring Their Own Dog's Performance. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 612. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00612>

Cristescu, M. E., & Hebert, P. D. N. (2018). Uses and Misuses of Environmental DNA in Biodiversity Science and Conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49(1), 209–230. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062306>

Dekoninck, W., Hendrickx, F., Grootaert, P., & Maelfait, J.-P. (2010). Present conservation status of red wood ants in north-western Belgium: Worse than previously, but not a lost cause. *European Journal of Entomology*, 107(2), 209–218. <https://doi.org/10.14411/eje.2010.028>

Del Toro, I., Ribbons, R., & Pelini, S. (2012). The little things that run the world revisited: A review of ant-mediated ecosystem services and disservices (Hymenoptera: Formicidae). *Myrmecological News*, 17, 133–146.

DeMatteo, K. E., Davenport, B., & Wilson, L. E. (2019). Back to the basics with conservation detection dogs: Fundamentals for success. *Wildlife Biology*, 2019(1). <https://doi.org/10.2981/wlb.00584>

Diaz, S. (2024). Insect Bite Dermatitis in Dogs, Cats, Horses, and Rabbits. *MSD Manual*. <https://www.msdvetmanual.com/ear-disorders/diseases-of-the-pinna/insect-bite-dermatitis-in-dogs-cats-horses-and-rabbits>

E, R. H., O, P. M. J., D, P. C., B, R. D., J, S., & J.C, T. (2012). *Understanding citizen science and environmental monitoring: Final report on behalf of UK Environmental Observation Framework*. NERC/Centre for Ecology & Hydrology.

Earnshaw, N., Anderson, N., Mackay, J., & Parker, M. (2023). The health of working dogs in conservation in Africa. *Frontiers in Veterinary Science*, 10, 1179278. <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1179278>

Fischer-Tenhagen, C., Johnen, D., Heuwieser, W., Becker, R., Schallschmidt, K., & Nehls, I. (2017). Odor Perception by Dogs: Evaluating Two Training Approaches for Odor Learning of Sniffer Dogs. *Chemical Senses*, 42(5), 435–441. <https://doi.org/10.1093/chemse/bjx020>

Gadbois, S., & Reeve, C. (2016). The semiotic canine: Scent processing dogs as research assistants in biomedical and environmental research. *Dog Behavior*, 2(3), 26–32. <https://doi.org/10.4454/db.v2i3.43>

- Gadotti, A., Rocher, L., Houssiau, F., Crețu, A.-M., & De Montjoye, Y.-A. (2024). Anonymization: The imperfect science of using data while preserving privacy. *Science Advances*, 10(29), eadn7053. <https://doi.org/10.1126/sciadv.adn7053>
- Gauthier, Q. T., Riley, P., & Simon, A. G. (2022). Permeation of human scent through laboratory examination gloves. *Journal of Forensic Sciences*, 67(6), 2308–2320. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15123>
- GetXent. (n.d.). *We sell well beyond a tube, we contribute to a better future: Healthier, greener and safer*. <https://getxent.com/pages/about-us>
- Glen, A. S., & Veltman, C. J. (2018). Search strategies for conservation detection dogs. *Wildlife Biology*, 2018(1), 1–9. <https://doi.org/10.2981/wlb.00393>
- Goodwin, K. M., Engel, R. E., & Weaver, D. K. (2010). Trained Dogs Outperform Human Surveyors in the Detection of Rare Spotted Knapweed (*Centaurea stoebe*). *Invasive Plant Science and Management*, 3(2), 113–121. <https://doi.org/10.1614/IPSM-D-09-00025.1>
- Gößwald, K., & Gößwald, K. (1989). *Biologische Grundlagen, Ökologie und Verhalten*. Verlag nicht ermittelbar.
- Gregory, R., Failing, L., Harstone, M., Long, G., McDaniels, T., & Ohlson, D. (2012). *Structured Decision Making: A Practical Guide to Environmental Management Choices* (1st ed.). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781444398557>
- Grimm-Seyfarth, A., Harms, W., & Berger, A. (2021). Detection dogs in nature conservation: A database on their world-wide deployment with a review on breeds used and their performance compared to other methods. *Methods in Ecology and Evolution*, 12(4), 568–579. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13560>
- Hall, N. J., & Wynne, C. D. L. (2012). The canid genome: Behavioral geneticists' best friend? *Genes, Brain and Behavior*, 11(8), 889–902. <https://doi.org/10.1111/j.1601-183X.2012.00851.x>
- Helton, W. (Ed.). (2009). *Canine Ergonomics: The Science of Working Dogs*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420079920>
- Hickling, R., & Brown, R. L. (2000). Analysis of acoustic communication by ants. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 108(4), 1920–1929. <https://doi.org/10.1121/1.1290515>
- Hoffmann, B. D., Faulkner, C., Brewington, L., & Lawton, F. (2022). Field quantifications of probability of detection and search patterns to form protocols for the use of detector dogs for eradication assessments. *Ecology and Evolution*, 12(6), e8987. <https://doi.org/10.1002/ece3.8987>
- Hölldobler, B., & Wilson, E. O. (1990). *The ants*. Belknap Press of Harvard University Press.
- Jezierski, T., Ensminger, J., & Papet, L. E. (Eds.). (2016). *Canine Olfaction Science and Law: Advances in Forensic Science, Medicine, Conservation, and Environmental Remediation* (0 ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b20027>
- Johnen, D., Heuwieser, W., & Fischer-Tenhagen, C. (2013). Canine scent detection—Fact or fiction? *Applied Animal Behaviour Science*, 148(3–4), 201–208. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2013.09.002>

- Kadochová, Š., & Frouz, J. (2014). Thermoregulation strategies in ants in comparison to other social insects, with a focus on red wood ants (*Formica rufa* group). *F1000Research*, 2, 280. <https://doi.org/10.12688/f1000research.2-280.v2>
- Kapfer, J., Muñoz, D., & Tomasek, T. (2012). Use of wildlife detector dogs to study Eastern Box Turtle (*Terrapene carolina carolina*) populations. *Herpetological Conservation and Biology*, 7, 169–175.
- Karp, D., & Gehr, B. (2020). Bad hare day: Very low survival rate in brown hare leverets. *Wildlife Biology*, 2020(2). <https://doi.org/10.2981/wlb.00645>
- Kerley, L. L. (2010). Using dogs for tiger conservation and research. *Integrative Zoology*, 5(4), 390–396. <https://doi.org/10.1111/j.1749-4877.2010.00217.x>
- Lazarowski, L., Krichbaum, S., DeGreeff, L. E., Simon, A., Singletary, M., Angle, C., & Waggoner, L. P. (2020a). Methodological Considerations in Canine Olfactory Detection Research. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 408. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00408>
- Lazarowski, L., Krichbaum, S., DeGreeff, L. E., Simon, A., Singletary, M., Angle, C., & Waggoner, L. P. (2020b). Methodological Considerations in Canine Olfactory Detection Research. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 408. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.00408>
- Lin, H.-M., Chi, W.-L., Lin, C.-C., Tseng, Y.-C., Chen, W.-T., Kung, Y.-L., Lien, Y.-Y., & Chen, Y.-Y. (2011). Fire Ant-Detecting Canines: A Complementary Method in Detecting Red Imported Fire Ants. *Journal of Economic Entomology*, 104(1), 225–231. <https://doi.org/10.1603/EC10298>
- Longino, J. T., & Colwell, R. K. (1997). BIODIVERSITY ASSESSMENT USING STRUCTURED INVENTORY: CAPTURING THE ANT FAUNA OF A TROPICAL RAIN FOREST. *Ecological Applications*, 7(4), 1263–1277. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(1997\)007%255B1263:BAUSIC%255D2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(1997)007%255B1263:BAUSIC%255D2.0.CO;2)
- Matthew, E. E., & Relton, C. E. (2021). Training methodology for canine scent detection of a critically endangered lagomorph: A conservation case study. *Journal of Vertebrate Biology*, 69(3). <https://doi.org/10.25225/jvb.20092>
- Maughan, M. N., Gadberry, J. D., Sharpes, C. E., Buckley, P. E., Miklos, A. E., Furton, K. G., DeGreeff, L. E., Hall, N. J., Greubel, R. R., & Sloan, K. B. (2024). Calibrating canines—A universal detector calibrant for detection dogs. *Frontiers in Allergy*, 5, 1366596. <https://doi.org/10.3389/falgy.2024.1366596>
- McKeague, B., Finlay, C., & Rooney, N. (2024). Conservation detection dogs: A critical review of efficacy and methodology. *Ecology and Evolution*, 14(2), e10866. <https://doi.org/10.1002/ece3.10866>
- MonitAnt. (n.d.). Developing a European-Level Monitoring Strategy for Mound-Building Formica Ants and Symbiont Communities Residing in Nest Mounds. <https://www.monitant.de/project/>
- Nussear, K. E., Esque, T. C., Heaton, J. S., Cablk, M., Drake, K. K., Valentin, C., Yee, J. L., & Medica, P. A. (2008). Are wildlife detector dogs or people better at finding Desert Tortoises (*Gopherus agassizii*)? *Herpetological Conservation and Biology*, 3(1), 103–115. USGS Publications Warehouse.
- Observation.org. (n.d.). *Waarnemingen.be*. <https://waarnemingen.be/pages/about/>
- Orkin, J. D., Yang, Y., Yang, C., Yu, D. W., & Jiang, X. (2016). Cost-effective scat-detection dogs: Unleashing a powerful new tool for international mammalian conservation biology. *Scientific Reports*, 6(1), 34758. <https://doi.org/10.1038/srep34758>

- Orsmond, G. I., & Cohn, E. S. (2015). The Distinctive Features of a Feasibility Study: Objectives and Guiding Questions. *OTJR: Occupational Therapy Journal of Research*, 35(3), 169–177. <https://doi.org/10.1177/1539449215578649>
- Osterkamp, T. (2020). *Detector Dogs and Scent Movement: How Weather, Terrain, and Vegetation Influence Search Strategies* (1st ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.4324/9780429020704>
- Parmentier, T., Dekoninck, W., & Wenseleers, T. (2014). A highly diverse microcosm in a hostile world: A review on the associates of red wood ants (*Formica rufa* group). *Insectes Sociaux*, 61(3), 229–237. <https://doi.org/10.1007/s00040-014-0357-3>
- Pocock, M. J. O., Chapman, D. S., Sheppard, L. J., & Roy, H. E. (2014). *Choosing and using citizen science: A guide to when and how to use citizen science to monitor biodiversity and the environment*. Centre for Ecology & Hydrology.
- Reed, S. E., Bidlack, A. L., Hurt, A., & Getz, W. M. (2011). Detection distance and environmental factors in conservation detection dog surveys. *The Journal of Wildlife Management*, 75(1), 243–251. <https://doi.org/10.1002/jwmg.8>
- Robertson, H. A., & Fraser, J. R. (2009). Use of trained dogs to determine the age structure and conservation status of kiwi *Apteryx* spp. Populations. *Bird Conservation International*, 19(2), 121–129. <https://doi.org/10.1017/S0959270908007673>
- Rolland, R. M., Hamilton, P. K., Kraus, S. D., Davenport, B., Gillett, R. M., & Wasser, S. K. (2023). Faecal sampling using detection dogs to study reproduction and health in North Atlantic right whales (*Eubalaena glacialis*). *J. Cetacean Res. Manage.*, 8(2), 121–125. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v8i2.708>
- Rooney, N. J., Gaines, S. A., Bradshaw, J. W. S., & Penman, S. (2007). Validation of a method for assessing the ability of trainee specialist search dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 103(1–2), 90–104. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2006.03.016>
- Rosengren, R., & Sundström, L. (1991). The interaction between red wood ants *Cinara* aphids and pines: - A ghost of a mutualism past? In D. F. Cutler & C. R. Huxley (Eds.), *Interaction between ants and plants* (pp. 80–92). Oxford University Press.
- Rutter, N. J., Howell, T. J., Stukas, A. A., Pascoe, J. H., & Bennett, P. C. (2021). Diving in Nose First: The Influence of Unfamiliar Search Scale and Environmental Context on the Search Performance of Volunteer Conservation Detection Dog–Handler Teams. *Animals*, 11(4), 1177. <https://doi.org/10.3390/ani11041177>
- Rutter, N. J., Stukas, A. A., Howell, T. J., Pascoe, J. H., & Bennett, P. C. (2022). Improving access to conservation detection dogs: Identifying motivations and understanding satisfaction in volunteer handlers. *Wildlife Research*, 49(7), 624–636. <https://doi.org/10.1071/WR21113>
- Schwalbe, K. (2019). *Information technology project management* (Ninth edition). Cengage.
- Seifert, B. (2018). *The ants of Central and North Europe* (E. J. H. Robinson, Trans.; 1. Auflage). Iutra.
- Sextus, C. P., Hytten, K. F., & Perry, P. (2025). Volunteer commitment and longevity in community-based conservation in Aotearoa New Zealand. *Kōtuitui: New Zealand Journal of Social Sciences Online*, 20(1), 25–45. <https://doi.org/10.1080/1177083X.2024.2335995>

Smith, D. A., Ralls, K., Cypher, B. L., & Maldonado, J. E. (2005). Assessment of Scat-Detection Dog Surveys to Determine Kit Fox Distribution. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 33(3), 897–904. JSTOR.

Sorvari, J. (2022). Biogeography and habitat preferences of red wood ants of the *Formica rufa* group (Hymenoptera: Formicidae) in Finland, based on citizen science data. *European Journal of Entomology*, 119, 92–98. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.010>

Sorvari, J., & Hakkarainen, H. (2007). Wood ants are wood ants: Deforestation causes population declines in the polydomous wood ant *Formica aquilonia*. *Ecological Entomology*, 32(6), 707–711. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2311.2007.00921.x>

Stockan, J. A., Robinson, E. J. H., Trager, J. C., Yao, I., & Seifert, B. (2016). Introducing wood ants: Evolution, phylogeny, identification and distribution. In J. A. Stockan & E. J. H. Robinson (Eds.), *Wood Ant Ecology and Conservation* (1st ed., pp. 1–36). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107261402.002>

Sutherland, W. J., Newton, I., & Green, R. (2004). *Bird Ecology and Conservation*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780198520863.001.0001>

Thabane, L., Ma, J., Chu, R., Cheng, J., Ismaila, A., Rios, L. P., Robson, R., Thabane, M., Giangregorio, L., & Goldsmith, C. H. (2010). A tutorial on pilot studies: The what, why and how. *BMC Medical Research Methodology*, 10(1), 1. <https://doi.org/10.1186/1471-2288-10-1>

Theobald, E. J., Ettinger, A. K., Burgess, H. K., DeBey, L. B., Schmidt, N. R., Froehlich, H. E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M. A., & Parrish, J. K. (2015a). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>

Theobald, E. J., Ettinger, A. K., Burgess, H. K., DeBey, L. B., Schmidt, N. R., Froehlich, H. E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M. A., & Parrish, J. K. (2015b). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>

Trigos-Peral, G., Juhász, O., Kiss, P. J., Módra, G., Tenyér, A., & Maák, I. (2021). Wood ants as biological control of the forest pest beetles *Ips* spp. *Scientific Reports*, 11(1), 17931. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-96990-5>

Troisi, C. A., Mills, D. S., Wilkinson, A., & Zulch, H. E. (2019). Behavioral and Cognitive Factors That Affect the Success of Scent Detection Dogs. *Comparative Cognition & Behavior Reviews*, 14, 51–76. <https://doi.org/10.3819/CCBR.2019.140007>

Van Buggenum, H. J. M. (2022). Presence after three decades of red wood ants (*Formica rufa* group; Hymenoptera: Formicidae) in forests in an agricultural landscape. *European Journal of Entomology*, 119, 85–91. <https://doi.org/10.14411/eje.2022.009>

Van Klink, R., August, T., Bas, Y., Bodesheim, P., Bonn, A., Fossøy, F., Høye, T. T., Jongejans, E., Menz, M. H. M., Miraldo, A., Roslin, T., Roy, H. E., Ruczyński, I., Schigel, D., Schäffler, L., Sheard, J. K., Svenningsen, C., Tschan, G. F., Wäldchen, J., ... Bowler, D. E. (2022). Emerging technologies revolutionise insect ecology and monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(10), 872–885. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2022.06.001>

Vankerkhoven, F. (n.d.). *De mieren (Formicidae) van Vlaanderen*. <https://www.formicidae.be/bosmieren.htm>

Verordnung über den Natur- und Heimatschutz. (n.d.). Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).
https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/1991/249_249_249/de

Vlaamse Regering. (2019, May 15). *Besluit van de Vlaamse Regering betreffende soortenbescherming en soortenbeheer ("het Soortenbesluit")*. Vlaamse overheid.
<https://codex.vlaanderen.be/Portals/Codex/documenten/1018227.html>

Vohland, K., Dörler, D., Heigl, F., Aristeidou, M., Butkevičienė, E., Göbel, C., Haklay, M., Höhener, O., Kieslinger, B., Klimczuk, A., Kragh, G., Müller, M., Ostermann, F., Piera, J., Prüse, B., Remmers, G., Schade, S., Tönsmann, S., Trojan, J., & Willis, K. (Eds.). (n.d.). *Change – The transformative power of citizen science*.

Walker, D. B., Walker, J. C., Cavnar, P. J., Taylor, J. L., Pickel, D. H., Hall, S. B., & Suarez, J. C. (2006). Naturalistic quantification of canine olfactory sensitivity. *Applied Animal Behaviour Science*, 97(2–4), 241–254. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2005.07.009>

Ward, D., Toft, R., J. C., B. S., R. J., & Waipara, N. (2014). A “sniffer” dog to detect Argentine ants. *Protect, Spring*, 15–16.

Wasser, S. K., Davenport, B., Ramage, E. R., Hunt, K. E., Parker, M., Clarke, C., & Stenhouse, G. (2004). Scat detection dogs in wildlife research and management: Application to grizzly and black bears in the Yellowhead Ecosystem, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Zoology*, 82(3), 475–492.
<https://doi.org/10.1139/z04-020>

Williams, M., & Johnston, J. M. (2002). Training and maintaining the performance of dogs (*Canis familiaris*) on an increasing number of odor discriminations in a controlled setting. *Applied Animal Behaviour Science*, 78(1), 55–65. [https://doi.org/10.1016/S0168-1591\(02\)00081-3](https://doi.org/10.1016/S0168-1591(02)00081-3)

Wilson, L., & Winstanley, A. (2022). Conservation detection dogs: Searching for best practice. *CIEEM*.

Wohlfahrt, G., Schmitt, M., Zeller, L., Hörand, A., Spittel-Schnell, K., Wulms, T., Schnell, R., & Bültge, M. (2023). Air temperature and humidity effects on the performance of conservation detection dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, 262, 105909. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2023.105909>

Yasashimoto, T., Sakata, M. K., Sakita, T., Nakajima, S., Ozaki, M., & Minamoto, T. (2021). Environmental DNA detection of an invasive ant species (*Linepithema humile*) from soil samples. *Scientific Reports*, 11(1), 10712. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-89993-9>

Yilmaz, M., Özcan, G. E., Sivrikaya, F., & Enez, K. (2023). Investigation of some factors affecting habitat selection and nest size of *Formica rufa*. *Forest Ecology and Management*, 545, 121244. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121244>