



Prevalens av fotröta och smittsam digital dermatit hos svenska får – en fältstudie

Sophia Mourath

Självständigt arbete • 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Veterinärprogrammet

Uppsala 2023



Prevalens av fotröta och smittsam digital dermatit hos svenska får – en fältstudie

Prevalence of footrot and contagious ovine digital dermatitis in Swedish sheep – a field study

Sophia Mourath

Handledare: Sara Frosth, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Bitr. handledare: Anna Rosander, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Examinator: Ingrid Hansson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biomedicin och veterinär folkhälsovetenskap

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: Avancerad nivå, A2E

Kurstitel: Självständigt arbete i veterinärmedicin

Kurskod: EX0869

Program/utbildning: Veterinärprogrammet

Kursansvarig inst.: Institutionen för kliniska vetenskaper

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2023

Omslagsbild: Madeleine Nydahl

Upphovsrätt: Alla bilder används med upphovspersonens tillstånd.

Nyckelord: CODD, får, visuell bedömning, fotografering, klövar, *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum*, *Treponema* spp.

Sveriges lantbruksuniversitet
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Veterinärprogrammet

Sammanfattning

Denna studie har undersökt förekomsten av de två smittsamma klövsjukdomarna fotröta och CODD (Contagious ovine digital dermatitis) hos får i Sverige. Fotröta är vida spridd världen över och orsakar nekrotiserande inflammation i klövspaltshuden som i ett senare skede kan leda till underminering av sulhornet och klövkapselavlossning. CODD har ännu bara påvisats i ett fåtal länder och orsakar en inflammation i kronranden som sedan sprider sig distalt och kan även den resultera i att klövkapseln lossnar från underliggande vävnad.

Fotröta orsakas av den Gramnegativa, anaeroba bakterien *Dichelobacter nodosus* och en sekundär infektion av *Fusobacterium necrophorum* tros kunna förvärra klövskadorna ytterligare. Den exakta etiologin bakom CODD är ännu okänd men tre arter (*T. pedis*, *T. phagedenis* och *T. medium*) ur spiroketsläktet *Treponema* tros spela en bidragande roll i sjukdomsutvecklingen.

År 2004 upptäcktes det första fallet av fotröta i Sverige och två prevalensstudier utfördes år 2009 och 2020. Dessa studier baserades på undersökningar och provtagningar från slaktklövar från olika slakterier i landet och individprevalenserna som då framkom uppgick till 5,8 % respektive 1,8 %. År 2019 och 2020 påträffades och dokumenterades de första två fallen av CODD i Sverige. Syftet med denna studie var att göra en uppföljande prevalensstudie över båda sjukdomarna på vuxna djur i fält för att jämföra om det förelåg en skillnad i prevalens mellan vuxna djur och lamm.

Djurägare från 99 besättningar ombads att fota klövar samt ta svabbprover från djur över ett års ålder under hösten 2022 och totalt erhöles data från 297 djur. Klövfotona bedömdes visuellt utifrån kriterier för de båda sjukdomarna och proverna analyserades med hjälp av Realtids PCR med avseende på *D. nodosus*, *F. necrophorum* samt *Treponema* spp. Även virulensbestämning för *D. nodosus* och underartsbestämning för *F. necrophorum* utfördes samt en PCR för specifik detektion av tre CODD-associerade *Treponema*-arterna.

Individprevalensen för fotröta i studien var 0,7 % medan besättningsprevalensen 2,0 %. Ingen klöv med en fotrötegrad > 2 återfanns. Ingen statistisk skillnad kunde ses mellan denna studie och den som utfördes 2020 med avseende på fotröta och troligen föreligger ingen prevalensskillnad mellan vuxna får och lamm i landet. Dock bör detta resultat beaktas med försiktighet då insamlingen av material till de olika studierna skiljer sig åt. Individprevalensen för *D. nodosus* (5,7 %) skiljde sig inte mycket från den senaste studien (6,1 %). Besättningsprevalensen för bakterien uppgick till 9,1 %. Samtliga stammar av *D. nodosus* som påvisades i studien var benigna. Individ- och besättningsprevalenserna för *F. necrophorum* var också låga, 1,3 % respektive 3,0 %. Endast den mindre virulenta underarten *funduliforme* av *F. necrophorum* kunde påvisas. Individprevalensen av *Treponema* spp. var liksom i studien från år 2020 hög, 65,0 % och förekom hos samtliga djur med fotröta grad 1 och 2, samt hos majoriteten av övriga djur. Besättningsprevalensen uppgick till 83,0 % men inga av de tre CODD-associerade arterna kunde påvisas och inget fall av CODD påvisades i denna studie. Sammanfattningsvis ses i underlaget att prevalensen av fotröta, virulenta stammar av *D. nodosus* och CODD är låg i Sverige hos vuxna får. Detta, tillsammans med resultat från tidigare prevalensstudier, talar för att det råder ett gynnsamt läge i landet med avseende på fotröta och CODD.

Nyckelord: CODD, får, visuell bedömning, fotografering, klövar, *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum*, *Treponema* spp.

Abstract

The prevalence of the two contagious claw diseases footrot and CODD (Contagious Ovine Digital Dermatitis) in Swedish sheep have been studied. Footrot can be found worldwide and causes a necrotizing inflammation of the interdigital tissue which later can undermine the sole and eventually cause a complete separation of the hoof capsule from the underlying tissue. CODD has only been recorded in a few countries and causes an inflammation in the coronary band. From there it spreads distally and can also lead to detachment of the hoof capsule.

An infection of the Gram negative, anaerobe bacteria *Dichelobacter nodosus* causes footrot in sheep and a secondary infection of *Fusobacterium necrophorum* is believed to aggravate the foot lesions. The exact etiology of CODD is still unknown but three species (*T. pedis*, *T. phagedenis* and *T. medium*) of the genus *Treponema* are thought to play a role in the development of the disease.

The first case of footrot in Sweden was reported in 2004 and two prevalence studies were conducted in 2009 and 2020 displaying prevalences of 5.8% and 1.8%, respectively. Both studies were based on examinations of, and samples taken from feet of slaughter lambs from different slaughterhouses in the country. The first two cases of CODD in Sweden were recorded in 2019 and 2020. The purpose of this study was to examine the prevalence of both these diseases in Sweden and to determine if there is a difference between the prevalence of the diseases of adult sheep and lambs.

Pictures of claws and swab samples from 297 animals over one year of age from 99 flocks were collected by farmers during the autumn of 2022. The pictures of the claws were visually assessed and the analysis of the samples was conducted with real-time PCR-technique to detect the following bacteria: *D. nodosus*, *F. necrophorum* and *Treponema* spp. Further PCR assays were performed to determine the virulence of *D. nodosus* and to determine subspecies of the *F. necrophorum*. A PCR for specific detection of three CODD-associated *Treponema* species was also performed.

The prevalence of footrot were 0.7% on individual level and 2.0% on flock level. There were no claws found with a higher footrot score than 2. No significant difference in the prevalence of footrot was found in the study compared to the study conducted in 2020 and this probably shows that there is no difference in prevalence between adult sheep and lambs in Sweden. Although it must be considered that the collection of the material differs in the two studies. Likewise, the prevalence of *D. nodosus* on individual level (5.7%) were similar to the results of the latest study (6.1%). The prevalence of *D. nodosus* on flock level was 9.1% and only benign variants of the bacteria were found. The prevalence on *F. necrophorum* was also low in this study and measured 1.3% and 3.0% on individual- and flock level, respectively. Only the less virulent subspecies, *funduliforme*, of the bacteria was found. Similar to the previous study conducted 2020, the prevalence of *Treponema* spp. was high, showing a prevalence of 65.0% on individual level and of 83.0% on flock level. *Treponema* spp. was found on the majority of animals and all feet with footrot score 1 and 2 but the three specific species that are associated with CODD were not detected in any samples. There was no case of CODD found in this study. In the outcome of this study, the prevalence of footrot, virulent *D. nodosus* and CODD among adult sheep, is low in Sweden. In conclusion to previous results, this suggests that favorable conditions prevail in Sweden regarding footrot and CODD.

Keywords: CODD, sheep, visual assessment, photography, claws, *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum*, *Treponema* spp.

Innehållsförteckning

1.	Inledning	9
2.	Litteraturoversikt.....	10
2.1	Allmänt om fotröta.....	10
2.1.1	Kliniska tecken.....	10
2.1.2	Patogenes och smittspridning	11
2.1.3	Behandling	13
2.1.4	Profylax	14
2.1.5	Kontrollprogram	15
2.2	Allmänt om CODD.....	16
2.2.1	Kliniska tecken.....	16
2.2.2	Etiologi och smittspridning	17
2.2.3	Behandling	18
2.2.4	Profylax	19
2.3	Mikrobiologi.....	20
2.3.1	<i>Dichelobacter nodosus</i>	20
2.3.2	<i>Treponema</i> spp.....	21
2.3.3	<i>Fusobacterium necrophorum</i>	22
2.4	Teorier om att CODD och fotröta är samma sjukdom	22
2.5	Prevalens	23
2.5.1	Prevalens av fotröta.....	23
2.5.2	Prevalens av CODD	24
3.	Material och Metoder	26
3.1	Provinsamling.....	26
3.2	Visuell bedömning av klövfoton	28
3.3	DNA-extraktion.....	28
3.4	Realtids-PCR för detektion av <i>Dichelobacter nodosus</i>	28
3.5	Realtids-PCR för virulensbestämning av <i>Dichelobacter nodosus</i>	29
3.6	Realtids-PCR för detektion av <i>Fusobacterium necrophorum</i> och underartsbestämning	29
3.7	Realtids-PCR för detektion av <i>Treponema</i> spp.	30
3.8	Realtids-PCR för artbestämning av <i>Treponema</i>	31
3.9	Analys av resultat och statistik.....	31
4.	Resultat	32
4.1	Visuell bedömning fotröta	32
4.2	<i>Dichelobacter nodosus</i>	32
4.3	<i>Fusobacterium necrophorum</i> och <i>Treponema</i> spp.....	32

5. Diskussion	34
Referenser.....	38
Populärvetenskaplig sammanfattning	51
Tack	53

1. Inledning

Hälta hos får orsakar stora ekonomiska och djurvälståndrelaterade problem i världen (Wassink *et al.* 2010b). En vanlig orsak till detta är den smittsamma klövsjukdomen fotröta. Sjukdomen orsakas av bakterien *Dichelobacter nodosus* som ofta tillsammans med *Fusobacterium necrophorum* invaderar klövspaltshuden och orsakar inflammation och underminering av sulhornet (Egerton *et al.* 1969). Fotröta har varit en känd åkomma länge (Beveridge 1941) och finns i dagsläget i alla länder där fårnäring förekommer (Clifton *et al.* 2019). Behandlingsrekommendationer varierar mellan länder men till exempel fotbad och antibiotikabehandling har visat sig vara verksamt (Abbott & Lewis 2005).

CODD (Contagious ovine digital dermatitis) är en annan klövsjukdom som först diagnosticerades i Storbritannien år 1997 (Harwood *et al.* 1997). Till skillnad från fotröta har CODD bara dokumenterats i ett fåtal länder och mycket är ännu okänt om sjukdomen (Bernhard *et al.* 2021). Spiroketer av släktet *Treponema* tros vara associerade med sjukdomsutvecklingen då dessa kunnat påvisas vid CODD-lesioner. Kliniskt kan CODD förväxlas med andra klövsjukdomar såsom fotröta men där finns skillnader (Duncan *et al.* 2018). Vid CODD affekteras kronranden initialt och inflammationen progredierar distalt under vägghornet vilket kan leda till fullständig klövkapselavlossning. Tillståndet är mycket smärtsamt och ännu finns ingen verksamt behandling.

I Sverige diagnosticerades fotröta för första gången 2004 (Olofsson *et al.* 2005) och de två första fallen av CODD dokumenterades år 2019 och 2020 (Bernhard *et al.* 2021). Tidigare prevalensstudier av fotröta har genomförts i landet baserat på provtagning och undersökningar av slaktklövar. Problemet med denna studiedesign är att klövarna som undersökts har kommit från unga, förväntat friska djur vilket inte är ett representativt urval av den svenska fårpopulationen. Detta arbete har därför baserats på prover och undersökningar av klövar från levande djur över ett års ålder för att komplettera resultat från tidigare studier.

Syftet med denna studie är att göra en prevalensstudie av fotröta samt CODD hos vuxna får i svenska fårbesättningar. Förekomsten av bakterierna *D. nodosus*, *F. necrophorum* och *Treponema* spp. kommer undersökas och i de fall de påvisas kommer även virulensbestämning och artbestämning utföras med hjälp av PCR-teknik. Resultatet kommer jämföras med tidigare prevalensstudier från 2009 och 2020 för att studera eventuella skillnader i prevalens för dessa sjukdomar mellan vuxna får och lamm.

2. Litteraturöversikt

2.1 Allmänt om fotröta

2.1.1 Kliniska tecken

I olika länder har olika termer använts för att beskriva den kliniska bilden av fotröta (Green & George 2008). I Australien (Egerton & Parsonson 1969) används begreppen virulent och benign fotröta medan brittisk litteratur (Witcomb *et al.* 2014) delar upp mellan den mildare formen "ID" (interdigital dermatit) och den allvarligare "fotröta". Andra forskare har även beskrivet en intermediär form placerad mellan ID och fotröta (Stewart & Claxton 1993). I detta arbete kommer termerna virulent- och benign fotröta att användas för de kliniska beskrivningarna.

Fotröta är en smittsam sjukdom som orsakar hälta och avmagring hos får och genererar stora ekonomiska konsekvenser för djurägaren (Beveridge 1941). Tidigt i sjukdomsförloppet ses mild hälta och klövarna kan kännas varmare än normalt. Allteftersom sjukdomen utvecklas uppkommer kraftigare hälta och om två eller fler klövar är påverkade magrar djuren av eftersom de ligger ner den mesta tiden.

Benign fotröta orsakar en inflammation i klövspaltshuden men avancerar i regel inte vidare ut i klöven (Stewart & Claxton 1993). Oftast ses bara en mild hälta som kan försvinna efter topikal behandling eller exponering för torr miljö. I grövre fall kan en unken lukt kännas och en gråvit beläggning synas i klövspaltshuden. Den virulenta formen av fotröta är av en mer kronisk natur men inflammationen i klövspaltshuden liknar till en början den benigna. Dock sprids den virulenta inflammationen vidare till övergången mellan hud och horn på ena eller båda klövarnas axiala (inre) delar. Inflammationen orsakar sedan en separation mellan det mjuka sulhornet och underliggande epitel med början från trakten i riktning mot tån och inom 5–10 dagar kan hela sulan vara affekterad. Till sist kan vägghornet undermineras så pass att klövkapseln lossnar från köttklöven. Virulent fotröta har en distinkt unken lukt och ett gråvitt, nekrotiskt exsudat kan ses mellan vävnadslagren. Har sjukdomen pågått under veckor till månader kan de affekterade klövarna bli långa och deformerade.

Diagnosen fotröta ställs i huvudsak på den kliniska bilden och för att underlätta bedömningen använder man sig av graderingssystem. Stewart och Claxton presenterade år 1993 ett graderingssystem som används i Sverige. Lesionerna klassas i en skala från 0 - 5 där 0 representerar en normal klöv medan 5 en kraftigt affekterad klöv (Tabell 1). Grad 1 - 2 motsvarar benign fotröta medan grad 3 - 5 motsvarar virulent fotröta. I Sverige ställs den kliniska diagnosen när minst en klöv är affekterad med fotröta $\geq$ grad 2 eftersom grad 1 ger så lindriga besvär att det kan vara svårt att avgöra om det är faktisk fotröta.

Tabell 1. Graderingssystem för fotröta (Stewart & Claxton 1993)

Grad	Beskrivning
0	Normal klöv med frisk klövspalt och distinkt utlinjering mellan hud och horn
1	Mild till måttlig inflammation av klövspalten med erosion av epitel
2	Nekrotiserande inflammation av klövspaltshuden som involverar delar eller allt mjukt horn fram till axialfåran
3	Nekrotiserande inflammation med underminering av delar eller allt axiellt mjukt horn samt sulhorn utan att involvera de abaxiala (yttre) klövkanterna
4	Underminering som involverar de abaxiala klövkanterna
5	Djupare nekrotiserande inflammation som även involverar klövväggen

2.1.2 Patogenes och smittspridning

Redan 1941 fastslog Beveridge att fotröta på får orsakas av bakterien *Dichelobacter nodosus*. Beveridge (1941) undersökte flertalet bakterier som i regel förekommer vid fotröta men endast *D. nodosus* kunde påvisas i renkultur, om än bara milda lesioner av fotröta. *D. nodosus* orsakar inte på egen hand mycket inflammation eller vävnadsskada, utan för att lesionerna ska bli allvarliga krävs sekundärinfektioner av andra patogener (Beveridge 1941; Egerton *et al.* 1969). Fotröta uppstår genom en initial infektion av *D. nodosus* som genom att använda sina proteolytiska egenskaper kan skada det epidermala matrixet i klöven och därmed bana väg för infektion av andra sekundärpatogener. Beveridge (1941) ansåg spiroketer vara de viktigaste sekundärpatogenerna för att orsaka allvarligare lesioner av fotröta medan Roberts & Egerton senare hävdade att bakterien *F. necrophorum* förmodligen spelar en mer avgörande roll än spiroketer (Roberts & Egerton 1969). Det är nämligen mycket vanligt att *F. necrophorum* påträffas i

samband med infektion av *D. nodosus* (Egerton *et al.* 1969), men det har diskuterats huruvida *F. necrophorum* endast varit en opportunist i samband med utvecklingen av fotröta (Beveridge 1941; Witcomb *et al.* 2014; Clifton *et al.* 2019) eller om närvaron av bakterien är nödvändig för utvecklingen av fotröta (Roberts & Egerton 1969; Bennett *et al.* 2009).

Fullt frisk, intakt hud är inte mottaglig för en fotröteinfektion, utan det krävs att djurets motståndskraft på något vis sänks (Beveridge 1941). Detta kan ske exempelvis genom trauma mot huden eller att djur utsätts för fuktiga miljöer där klövspaltshuden lätt kan luckras upp och bli mer mottaglig för infektioner. Men fukt enbart kan inte föra smittan vidare utan där krävs närvaro av infekterade djur.

Både *D. nodosus* och *F. necrophorum* kan påvisas i klövar infekterade med fotröta och smittrisen ökar i samband med högre belägningsgrad (Beveridge 1941; Clifton *et al.* 2019). Klövar är den huvudsakliga reservoaren för *D. nodosus* och djur som endast utvecklar subklinisk sjukdom kan lätt sprida smitta i besättningen utan att de upptäcks (Kimberling & Ellis 1990). Smittspridningen kan ske både via direktkontakt med infekterade djur (Beveridge 1941) och via indirekt kontakt med marker och miljöer där infekterade djur varit (Whittington 1995; Muzafar *et al.* 2015) samt redskap som klövsaxar (Locher *et al.* 2018). Smittan kan snabbt överföras mellan individer och i en studie visades att nyfödda lamm kan smittas redan efter några timmars vistelse på en ströbädd kontaminerad med *D. nodosus* (Muzafar *et al.* 2015). Efter att ha exponerats för smitta eller efter genomgången sjukdom blir djuren inte immuna länge utan kan lätt återinfekteras igen (Beveridge 1941; Egerton & Roberts 1971).

Tidigare har det antagits att *F. necrophorum* varit allmänt förekommande i jord och faeces från idisslare (Roberts & Egerton 1969; Green & George 2008) men en nyligen publicerad studie visar att så inte är fallet, utan bakterien tvärtom högst sällan återfinns i jord, och bara undantagsvis utsöndras via faeces samt att bakterien troligen är väldigt värd-bunden (Clifton *et al.* 2019). *D. nodosus* anses ha en bättre förmåga att överleva på betet än *F. necrophorum* men frågan hur länge *D. nodosus* faktiskt överlever i miljön är inte helt klarlagd. *In vitro* har levande celler av *D. nodosus* kunnat påvisas efter 40 d (Muzafar *et al.* 2016) men om dessa då var infektiösa är dock ovisst. Tidigare studier har visat att *D. nodosus* bara varit infektiös i en vecka utanför värddjuret, varför rekommendationen att låta marker vila i 14 d efter att djur med fotröta har vistats där har funnits (Beveridge 1941).

Väderförhållanden spelar en viktig roll för smittspridningen av fotröta och Clifton *et al.* visade att fuktiga miljöer gynnar överlevnaden av både *F. necrophorum* och *D. nodosus* i jord, medan torr mark har en starkt hämmande inverkan (Clifton *et al.*

2019). Detta överensstämmer väl med tidigare studier som hävdar att fuktig miljö varit en stor riskfaktor (Beveridge 1941; Graham & Egerton 1968). Andra studier indikerar att omgivande medeltemperaturen bör överstiga 10°C för att smittspridning ska gynnas (Graham & Egerton 1968; Stewart & Claxton 1993).

D. nodosus har kunnat påvisas hos andra idisslare än får och get, till exempel nötkreatur och kronhjort (Moore-Jones *et al.* 2020)(Egerton & Parsonson 1966a). Får infekterade med fotröta kan indirekt smitta nötkreatur som går på samma bete (Knappe-Poindecker *et al.* 2014a) och man har även visat att *D. nodosus* från nötkreatur kan överföras till får under experimentella förhållanden (Knappe-Poindecker *et al.* 2014b).

2.1.3 Behandling

Det finns olika metoder för att behandla fotröta, däribland fotbad, vaccination och antibiotikabehandling.

Fotbad

Topikal behandling mot fotröta i form av fotbad är vanlig och har använts i många år (Beveridge 1941; Winter 2011). Det har dock ingen stor effekt mot allvarigare lesioner av fotröta utan är mer användbart vid utbrottsbekämpning eller som förebyggande kontrollåtgärd (Green & Clifton 2018). Generellt bör djuren först gå igenom ett rent vattenbad för att rengöra klövarna så att desinfektionsmedel senare kommer åt klövhornet (Zanolari *et al.* 2021) och efter behandlingen bör djuren ha möjlighet att stå på en torr, ren yta tills klövarna har torkat (Reed & Alley 1996; Winter 2009). Där finns dock ingen fastställd optimal tid som klövarna skall vara i kontakt med desinfektionsmedlet. (Abbott & Lewis 2005; Zanolari *et al.* 2021). Effekten av behandlingen är beroende av flertalet faktorer såsom behandlingsintervall och hur torra markerna är som djuren skall återvända till (Jelinek *et al.* 2001; Abbott & Lewis 2005). I Sverige används fotbad med 10 % zinksulfatlösning (Gård & Djurhälsan & Eriksson 2021) medan i andra länder används även formalin och kopparsulfat (Winter 2011). Zinksulfat irriterar inte huden och föredras av många men det är dyrare än de andra alternativen och kräver att djuren står i badet upp till 20 minuter. Fördelen med formalin är att det är billigt och det räcker att djuren bara går genom badet för att effekt ska uppnås. Det är dock starkt retande och obehagligt för både djur och människor. Kopparsulfat kan även användas men görs sällan då det missfärgar ullen dessutom kan djuren utveckla koppartoxikos (Ortolani *et al.* 2004; Abbott & Lewis 2005). Hidber *et al.* (2020) har nyligen identifierat biociden Desintec som ett potentiellt likvärdigt desinfektionsalternativ som kan användas för att behandla fotröta eftersom formalin är cancerogent och både zinksulfat och kopparsulfat ackumuleras i miljön (Hidber *et al.* 2020).

Vaccin

Vaccin mot fotröta tillverkades första gången 1969 baserat på hela celler av *D. nodosus* (Egerton 1970) och olika vacciner har tillverkats sedan dess. Idag finns bara ett kommersiellt tillgängligt vaccin kallat "Footvax" (MSD Animal Health UK 2021). Det är ett multivalent vaccin som innehåller pili från nio olika serogrupper av *D. nodosus*. Att vaccinet riktar sig mot flertalet serogrupper har visat sig medföra en reducerad immunologisk respons vid användning, vilket troligen beror på att det uppstår konkurrens mellan antigener (Schwartzkoff *et al.* 1993; Hunt *et al.* 1994). Monovalenta (Schwartzkoff *et al.* 1993) och bivalenta (Dhungyel *et al.* 2013a) vaccin har visat sig vara mer effektiva än multivalenta, förutsatt att vaccinet riktar sig mot besättnings-specifika serogrupper. Dock kan det förekomma upp till sju serogrupper av *D. nodosus* i samma besättning (Claxton *et al.* 1983) varför det av praktiska skäl ändå kan anses bättre att använda ett multivalent vaccin (Schwartzkoff *et al.* 1993). Dock har vaccin inte visat sig ha en tydlig effekt på besättningsnivå (Wassink *et al.* 2003), upprepade vaccinationer var sjätte månad krävs (Winter 2009) och vaccinet ger heller inte någon längre kvardröjande immunitet (Abbott & Lewis 2005). Dessutom innehåller preparatet olje-adjuvans som ofta orsakar hudirritation och svullnad efter behandling (MSD Animal Health UK 2021).

Antibiotikabehandling

Redan 1966 visade Egerton och Parsonson att parenteral behandling med pencillin-streptomycin var verksamt mot fotröta (Egerton & Parsonson 1966b) och sedan dess har flertalet andra typer av antibiotika också visat sig ha en terapeutisk verkan mot sjukdomen (Grogono-Thomas *et al.* 1994; Píriz *et al.* 2001; Duncan *et al.* 2012; Forbes 2014). I Sverige används oxytetracyklin som parenteral engångsbehandling i allvarliga fall (SVS 2014). I försök har virulent fotröta behandlats framgångsrikt med parenteral (Venning *et al.* 1990; Jordan *et al.* 1996) och topikal antibiotikabehandling. En studie av Wassink *et al.* (2010b) indikerade att topikal och parenteral antibiotikabehandling insatt inom 3 dagar efter symtomdebut på individuella djur troligen kan reducera hälta på besättningsnivå märkbart. Effekten av antibiotikabehandling kan troligen förbättras om de kombineras med fotbad (Abbott 2000) samt att djuren står torrt i 24 h efter behandling för att kunna upprätthålla en hög antibiotikakoncentration (Egerton *et al.* 1968). Nackdelen med antibiotikaanvändning förutom resistensproblematiken är att hänsyn måste tas till karenstider (Jordan *et al.* 1996).

2.1.4 Profylax

För att minimera smittspridning och undvika behovet att behandla många sjuka djur kan olika profylaktiska åtgärder tillämpas. Det finns rekommendationer att undanhålla djur från blött underlag då det luckrar upp hud och gör klövarna mer

mottagliga för infektion (Beveridge 1941), samt att *D. nodosus* och *F. necrophorum* överlever lättare i fuktig miljö (Clifton *et al.* 2019). Det är även viktigt att genomföra noggranna undersökningar av djurs klövar för att identifiera sjuka djur (Beveridge 1941; Winter 2009). Kontakt med djur från andra besättningar (Grøneng *et al.* 2014) liksom inköp av nya djur bör undvikas (Abbott & Lewis 2005) och karantänsrutiner bör finnas på gården (Winter *et al.* 2015). För att minska smittspridningen inom besättningen bör djur vistas på bete som varit fritt från sjuka djur i minst 14 dagar (Beveridge 1941), redskap som används vid klövklippning bör desinficeras mellan varje individ och klövrester bör destrueras (Locher *et al.* 2018). Kroniskt sjuka djur som inte svarar på behandling bör slaktas eftersom de kan föra smittan vidare (Kimberling & Ellis 1990; Winter 2011). Clifton *et al.* (2019) menar även att utslaktning av alla djur med fotröta under en torr period troligen skulle kunna eliminera *D. nodosus* från en besättning. Olika raser är i olika grad mottagliga för fotröteinfektioner (Beveridge 1941; Emery *et al.* 1984) och det har visats att avel baserad på fenotyp kan användas för att förebygga sjukdomen (Bishop & Morris 2007). I Nya Zeeland har även gentest utvecklats och används kommersiellt för att underlätta avelsarbetet.

2.1.5 Kontrollprogram

Det finns olika kontrollprogram i olika länder för att bekämpa fotröta (Green & George 2008; Winter 2009). I Australien har kontrollprogrammen varit framgångsrika eftersom de haft möjlighet att utnyttja långa perioder av torrt väder när sjukdomen inte sprids. I andra länder med tempererat klimat såsom i Storbritannien sker smittspridning mer kontinuerligt och är svårare att kontrollera.

I Sverige har man sedan 2009 tillämpat ett frivilligt kontrollprogram kallat ”Klövkontrollen” (Gård & Djurhälsan 2022a). Dess främsta syfte är att minska smittspridning genom att sanera fotrötedrabbade besättningar samt att möjliggöra livdjurhandel med fotrötefria djur (F-status). År 2021 var 385 av 8480 besättningar anslutna till Klövkontrollen (SVA 2021). Programmet baseras på årliga inspektioner av djurens klövar mellan 15:e augusti och 15:e oktober när vädret är som mest gynnsamt för att fotröta ska utvecklas. Inspektionerna sker initialt av en veterinär men får sedan utföras av djurägaren. Prover för PCR-analys tas från nyligen anslutna besättningar samt från djur med kliniska tecken på fotröta. Besättningar där inga virulenta stammar av *D. nodosus* kunnat påvisas och där ingen klinisk fotröta förekommer klassas som fotrötefria och erhåller F-status. Konstateras dock fotröta i en besättning vidtas saneringsåtgärder (Gård & Djurhälsan 2022b) såsom inspektion av samtliga klövar och utslaktning av kroniskt infekterade djur. Dessutom ges antibiotikabehandling beroende på klinisk status och virulens hos *D. nodosus*, samt upprepade fotbad med 10 % zinksulfatlösning.

För att en drabbad besättning skall återfå sin F-status krävs en uppföljande kontroll minst 10 månader efter saneringens sista behandlingsdag.

2.2 Allmänt om CODD

2.2.1 Kliniska tecken

Smittsam digital dermatit (contagious ovine digital dermatitis, CODD) är en relativt nyupptäckt klövsjukdom som först beskrevs i Storbritannien 1997 (Harwood *et al.* 1997). Sjukdomen är smärtsam, kan ge allvarlig hälta hos drabbade djur och ett viktigt djurvälståndspåslag (Duncan *et al.* 2018). Den orsakar dessutom ekonomiska förluster inom fårnäringen (Winter *et al.* 2015). Vid CODD kan ena eller båda klövhalvorna bli påverkade (Winter 2004) men oftast drabbas endast en klöv hos ett djur (Duncan *et al.* 2011). Till skillnad från fotröta som uppträder i klövspalten och sprider sig axiellt (Winter 2004) orsakar CODD i stället alopeci och en inflammation i kronranden som sedan breder ut sig abaxiellt (Winter 2008; Angell *et al.* 2015a). Inflammationen underminerar sedan klövväggen i distal riktning, vilket ofta leder till fullständig klövkapselavlossning. Efter att underliggande vävnad har exponerats kan återväxt av nytt klövhorn ske men det är i regel deformerat och en affekterad klövhalva blir bredare och avsevärt kortare än den varit tidigare (Angell *et al.* 2015a). Histopatologiskt ses initialt lymfoplasmacytära infiltrat i kronranden och koronit och senare en fullständig separation av dorsala klövkapselhornet från underliggande vävnad med nekros och dermatit (Angell *et al.* 2015c).

Av alla klövsjukdomar på får anses CODD vara den som orsakar allvarligast grad av hälta, även om inte alla drabbade djur blir halta (Duncan *et al.* 2018). Hältan har också visat sig kunna kvarstå efter att nytt horn bildats (Angell *et al.* 2015a). Vid röntgenundersökningar av drabbade klövar har omfattande skador på klövbenet kunnat påvisas och histopatologiskt har periostala reaktioner kunnat ses efter att lesionerna läkt (Angell *et al.* 2015c), vilket skulle kunna förklara varför hältan kan kvarstå efter genomgången sjukdom.

Diagnostiken baseras på den kliniska bilden (Duncan *et al.* 2018) som dock anses svår att skilja från andra ovina klövsjukdomar (Scott 2010; Angell *et al.* 2015a). Exempelvis kan klövbölder som uppträder i kronranden lätt förväxlas med tidiga stadium av CODD (Duncan *et al.* 2018) och både CODD och fotröta kan förekomma hos får samtidigt (Duncan *et al.* 2012). För att underlätta den kliniska bedömningen av CODD finns ett graderingssystem (Tabell 2) där grad 1 motsvarar tidiga lesioner och grad 5 motsvarar bilden efter genomgången sjukdom (Angell *et al.* 2015a).

Tabell 2. Graderingssystem för CODD (Angell et al. 2015a)

Grad	Beskrivning
1	Proliferativ eller erosiv/ulcerativ lesion i kronranden
2	Lesion i huden vid kronranden samt <50 % underminering av klöven dorsalt och abaxialt
3	Likt grad 2 fast undermineringen uppgår till >50 % alternativt fullständig klövkapselavlossning
4	Klövhorn har börjat återbildas uppfifrån men en aktiv lesion kan fortfarande ses och börja blöda. Klövhalvan är ofta förkortad
5	Läkt, deformerad, bred klöv där klövhornet har glatt yta och horisontella veck

2.2.2 Etiologi och smittspridning

Etiologin och patogenesen är ännu oklar vad gäller CODD men sjukdomen tros vara associerad med spiroketer av släktet *Treponema* (Staton et al. 2021). *Treponema*-arter har upprepade gånger isolerats från CODD-lesioner, men vilken faktiskt roll de spelat i sjukdomsutvecklingen är oklar (Naylor et al. 1998; Demirkan et al. 2001; Dhawi et al. 2005; Moore et al. 2005b). Immunohistologiskt har kunnat ses att antalet treponemabakterier är högre under tidiga skeden av CODD-lesioner och helt frånvarande efter att hornet har återbildats, vilket skulle kunna tala för att *Treponema* spelar en större roll för initieringen av sjukdomen än i senare skeden (Angell et al. 2015b). Tre olika fylogrupper av *Treponema* (*T. medium*, *T. phagedenis* och *T. pedis*) som har påvisats hos nötkreatur drabbade av bovin digital dermatit (BDD) (Evans et al. 2008) har även återfunnits hos får drabbade av CODD (Sayers et al. 2009; Sullivan et al. 2015b) och teorier finns att smittöverföring har skett över artgränsen från nöt till får (Demirkan et al. 2001; Sayers et al. 2009). Dock tyder mycket på att *Treponema* inte ensam är orsak till sjukdomsutvecklingen (Staton et al. 2021; Sullivan et al. 2015b): De fotröte-relaterade bakterierna *D. nodosus* och *F. necrophorum* har båda kunnat påvisas hos djur drabbade av CODD. Sullivan et al. (2015b) menar att dessa två troligen har en mer sekundär roll i sjukdomsutvecklingen av CODD medan (Staton et al. 2021) öppnar upp för att de skulle kunna spela en mer primär roll. Treponemabakterier anses vara värdbundna (Smibert 1984) men har även isolerats från klövhorn efter klippning och från knivar som använts vid klövklippning (Sullivan et al. 2014) samt från handskar som hanterat CODD-infekterade klövar (Angell et al. 2017b), vilket tyder på att indirekt kontakt med klövar skulle kunna vara en möjlig smittväg.

Något som ytterligare styrker den teorin är att man i en studie lyckats inducera CODD hos tidigare friska djur genom att låta dem gå på fuktigt underlag och samtidigt exponeras för klövfragment från CODD-infekterade djur (Duncan *et al.* 2021; Staton *et al.* 2021). Som nämnt ovan finns även teorier om att smitta sker mellan nötkreatur och får och i en enkätstudie visades ett positivt samband mellan förekomsten av CODD och närvaron av nötkreatur drabbade av BDD på samma gård (Angell *et al.* 2014).

År 2015 visade Sullivan *et al.* att mag-tarmkanalen hos får troligen kan vara en reservoar för de CODD-associerade *Treponema*-arterna (Sullivan *et al.* 2015c). Detta, tillsammans med det faktum att *Treponema*-arterna även lyckats isoleras från träck från nötkreatur (Klitgaard *et al.* 2014), kan peka på att smittan förmodligen kan föras vidare fekalt (Sullivan *et al.* 2015c). Vidare menade Sullivan att det troligen endast krävs en låg infektionsdos för att smittan ska kunna föras vidare i en besättning. *Treponema*-arterna har visats kunna överleva på handskar upp till 3 dagar i aeroba förhållanden, vilket talar för att bakterien kanske inte är obligat anaerob och kan därför utgöra en stor biosäkerhetsrisk (Angell *et al.* 2017b). Inkubationstiden för CODD anses av vissa forskare vara lång, upp till ca 116 dagar (Staton *et al.* 2021). Inga andra publicerade experimentella studier har hittats att jämföra med och klinisk erfarenhet talar för att inkubationstiden troligen är kortare, varför resultatet av Staton *et al.* (2021) bör beaktas med försiktighet.

2.2.3 Behandling

Det finns ännu inga läkemedel registrerade för att behandla CODD (Duncan *et al.* 2011) och endast ett fåtal publicerade studier fokuserar på behandling, varför fler studier krävs för att utforma bra evidensbaserade behandlingsstrategier (Angell *et al.* 2017a; Duncan *et al.* 2018) och kontrollprogram (Duncan *et al.* 2011). Det har dock föreslagits att behandling oavsett bör sättas in i ett så tidigt skede som möjligt för att undvika permanenta skador (Angell *et al.* 2015a).

Antibiotika

Både topikal och parenteral antibiotikabehandling har använts för att bekämpa CODD i Storbritannien (Duncan *et al.* 2014) men det har föreslagits att parenteral behandling bör prioriteras vid lesioner av grad 2-4 då inflammationen och infektionen eventuellt är så pass djupgående att topikal behandling skulle ha en sämre effekt (Angell *et al.* 2015a). I Storbritannien har parenterala antibiotika såsom oxytetracyklin och makrolider som bl. a används mot fotsröta, använts för att behandla CODD-lesioner men ännu är bevisningen för deras effekt mot CODD begränsad. *In vitro* har penicillin och makrolider visat sig vara effektiva mot CODD-associerade *Treponema*-arter (Angell *et al.* 2015b) men en fall-kontrollstudie visade att behandling med tilmicosin (en makrolid) inte gav någon effekt,

varför tilmicosin inte rekommenderas som behandling (Angell *et al.* 2016). En stor användning av makrolider bör dessutom undvikas med tanke på ökad antibiotikaresistens (Duncan *et al.* 2018). Amoxicillin har också visat sig vara verksamt *in vitro* (Evans *et al.* 2012a) och en studie visade att behandling med långtidsverkande amoxicillin gav en tillfrisknadsgrad på 71,0 % (Duncan *et al.* 2012). Behandling med långtidsverkande amoxicillin har även visats ge god effekt i andra kliniska studier (Duncan *et al.* 2011, 2021; Staton *et al.* 2021).

Fotbad

Effekten av fotbad är ännu inte klarlagd, enligt vissa studier är behandling av CODD med zinksulfatlösning effektivt (Winter 2011) medan andra anser att det inte givit effekt (Tegtmeyer *et al.* 2020). En studie har visat att fotbad med klortetracyklin kan vara verksamt mot CODD (Duncan *et al.* 2011), en sådan behandling kan dock bidra till en ökad antibiotikaresistens och rekommenderas därför inte (Duncan *et al.* 2018).

Vaccin

Ännu finns det inget vaccin registrerat för CODD, men det har visats att vaccin mot fotröta (Footwax) kan ha viss effekt, både genom att öka tillfrisknadsgraden hos sjuka och genom att minska antalet insjuknade (Duncan *et al.* 2012).

Behandling i Sverige

I Sverige har hittills endast två fall av CODD upptäckts och i båda fallen rekommenderades utslaktning av samtliga får i besättningarna för att förhindra vidare smittspridning (Bernhard *et al.* 2021). För att kunna skicka djuren på slakt sattes olika behandlingar in: parenteralt penicillin och topikal behandling med salicylsyra gav dock ingen effekt. Fotbad med zinksulfat kan möjligen ha sänkt incidensen och topikal behandling med klortetracyklinspray gav en bra initial effekt. Parenteral behandling med antingen gamithromycin eller amoxicillin gav effekt enligt djurägarna. Sverige har dock idag väldigt låg antibiotikaanvändning till produktionsdjur och skulle denna sjukdom spridas i landet så skulle troligen en drastisk ökning av antibiotikaanvändandet ske, varför främst rekommendation om utslaktning ges.

2.2.4 Profylax

Trots att lite ännu är känt om de exakta smittvägarna för CODD så har riskfaktorer identifierats via enkätundersökningar där fårägare tillfrågats och andra experimentella studier (Duncan *et al.* 2014). Duncan *et al.* (2012) anser att får drabbade av fotröta har en större risk att utveckla CODD i ett senare skede och i en upprepade tvärsnittsstudie sågs att den största riskfaktorn associerad med CODD var samtidig infektion med fotröta (Angell *et al.* 2015d). CODD har även associerats med större grupper av djur (Angell *et al.* 2014) och det är inte omöjligt att miljörelaterade för-

hållanden som gynnar spridning av fotröta, såsom exempelvis fuktig miljö, marker som kan skada klövarna och hög beläggingsgrad, även gynnar spridningen av CODD (Angell *et al.* 2015d). Även säsongsvariationer tycks förekomma där, likt hos fotröta, flest djur drabbas av CODD under sensommar/tidig höst. Det har därför föreslagits att CODD skulle kunna förebyggas genom att kontrollåtgärder för fotröta vidtas. Bönder anger själva att det främsta sättet för smittan att föras in i deras besättningar är via inköp av nya djur (Angell *et al.* 2014). Djur som endast har grad 1 lesioner kan dock vara svåra att upptäcka hålta på. Dessa bör inspekteras noga och sättas i karantän så att sjukdomen hinner utvecklas och djuren lättare identifieras innan de får möjlighet att smitta övriga djur i besättningen (Angell *et al.* 2015a). Tiden i karantän rekommenderas vara minst 28 dagar (AHDB Beef & lamb 2020).

I Sverige har fallen av CODD begränsats via utslagning (Bernhard *et al.* 2021) och det har visats att behandlade, avläkta CODD-lesioner kan härbärgera bakterier associerade till CODD, varför dessa klövar troligen också kan vara smittförande (Staton *et al.* 2021). *Treponema*-arter associerade med BDD har isolerats från knivar som använts vid klövklippning (Sullivan *et al.* 2014), handskar som kommit i kontakt med CODD-infekterade klövar (Angell *et al.* 2017b) samt i fekalier från nötkreatur (Klitgaard *et al.* 2014). Därför finns det rekommendationer att rengöra och desinficera redskap mellan klövar som klipps samt att rengöra och desinficera andra ytor såsom klippvagnar och redskap som ska komma i kontakt med andra gårdar (Angell *et al.* 2017a). Som nämnts ovan finns teorier om att sjukdomen kan överföras mellan nötkreatur och får (Sayers *et al.* 2009), men samma *Treponema*-arter har även påträffats hos getter (Sullivan *et al.* 2015a) och älgar (Clegg *et al.* 2015), varför det möjligen skulle kunna ha en preventiv verkan att försöka undvika att dessa djurslag kommer i kontakt med samma beten (Angell *et al.* 2017a).

2.3 Mikrobiologi

2.3.1 *Dichelobacter nodosus*

Dichelobacter nodosus är den enda bakterien som återfinns i genus *Dichelobacter* (Rood *et al.* 2015) och beskrevs första gången 1941 som en Gramnegativ, stavformad bakterie och antogs redan då spela en avgörande roll i etiologin bakom fotröta (Beveridge 1941). Stavarna är raka till något böjda, $3 - 6 \times 1.0 - 1.7 \mu\text{m}$, rundade ändar och flertalet polära fimbrier (Rood *et al.* 2015). Bakterien kan klara sig länge i näringsfattiga miljöer (Roberts & Egerton 1969) och växer under anaeroba förhållanden men har *in vitro* visats kunna överleva upp till 10 dagar i aerob miljö (Myers *et al.* 2007). Överlevnaden gynnas troligen av fuktiga miljöer (Clifton *et al.* 2019).

Baserat på fimbriernas antigen delas bakterien in i olika serogrupper (Egerton 1973) och virulensen hos *D. nodosus* utgörs i huvudsak av att den uttrycker typ IV-fimbrier och extracellulära serinproteaser (Rood *et al.* 2015). Typ IV-fimbrier möjliggör att bakterien kan adherera och röra sig över ytor, s.k. "twitching mobility" (Han *et al.* 2008). Proteaser är viktiga för att degradera vävnad och underlätta kolonisation av värdjuret (Kennan *et al.* 2010). Där finns tre olika serinproteaser med en vardera virulent och benign form: acidic protease 2 (AprV2/AprB2), acidic protease 5 (AprV5/AprB5) och basic protease (BprV/BprB). Särskilt har AprV2 ansetts viktig för bakteriens virulens. Genom att detektera generna för proteaserna AprV2 och AprB2 har man kunnat skilja på virulenta och benigna stammar av *D. nodosus*. (Stäuble *et al.* 2014; Frosth *et al.* 2015). Men även om AprV2 oftare genererar allvarligare fotrötelesioner än vad AprB2 gör så har även den benigna varianten påträffats i kliniskt bedömd virulent fotröta ($\geq$ grad 3) (Frosth *et al.* 2015). Tidigare trodde man att en integrasgen, *intA*, även hade betydelse för *D. nodosus* virulens och att påvisandet av *intA* kunde användas för att skilja virulenta från benigna stammar (Cheetham *et al.* 2006). Denna association mellan *IntA* och virulenta stammar har dock inte kunnat påvisas i senare studier (Dhungyel *et al.* 2013b; Kennan *et al.* 2014).

2.3.2 *Treponema* spp.

Inom bakteriesläktet *Treponema* finns över 30 olika arter (Parte *et al.* 2020). *Treponema* är Gramnegativa, anaeroba spiralformade spiroketer där genusnamnet betyder "tråd som skruvar sig". *Treponema*-arterna har periplasmatiske flageller och har förmåga att göra både translationala förflyttningar och rotationsrörelser (Smibert 1984). De är svårodlade (Moore *et al.* 2005b) och har förmåga att invadera djupare vävnadslager (Duncan *et al.* 2021; Evans *et al.* 2009a).

Treponema-arter återfinns i regel i munhålan, mag-tarmkanalen och i genitala områden hos både djur och människor och är i huvudsak värdbundna (Smibert 1984). Redan 1928 troddes *Treponema* ha en koppling till utvecklingen av fotröta och spiroketer lyckades sedan isoleras från klövar affekterade av fotröta år 1941 (Beveridge 1941). *Treponema* spp. har även senare påträffats i både fall av ID (Calvo-Bado *et al.* 2011), fotröta (Collighan *et al.* 2000) och CODD (Sayers *et al.* 2009; Moore *et al.* 2005b; Sullivan *et al.* 2015b). Man har även kunnat isolera *Treponema* från BDD (Walker *et al.* 1995), men treponemainfektion hos får har främst associerats med CODD (Duncan *et al.* 2021; Staton *et al.* 2021).

2.3.3 *Fusobacterium necrophorum*

Fusobacterium necrophorum tillhör familjen *Fusobacteriaceae* (Gupta & Sethi 2014) och två olika underarter; *necrophorum* och *funduliforme*, har beskrivits (Shinjo *et al.* 1991) där underarten *funduliforme* anses vara något mindre virulent än *necrophorum* (Tan *et al.* 1996). Bakterien är Gramnegativ, icke-sporformande obligat anaerob pleomorf bakterie och förekommer naturligt i både djurs och människors mag-tarmkanal.

Bakterien har visats producera flertalet olika toxiner för att kunna orsaka infektion och vävnadsskada hos värdjuret (Langworth 1977; Tan *et al.* 1996). *F. necrophorum* påträffas ofta i blandinfektioner där den bidrar till att förvärra inflammationer på grund av synergisk verkan den har tillsammans med andra patogener (Brook & Walker 1986). Den är inblandad i utvecklingen av CODD och fotröta hos får (Sullivan *et al.* 2015b) men kan även orsaka en mängd andra olika sjukdomar hos såväl djur som människor (Hofstad 2006; Bennett *et al.* 2009).

2.4 Teorier om att CODD och fotröta är samma sjukdom

På senare tid har teorier framförts att ID, fotröta och CODD skulle kunna vara olika steg i samma sjukdom (Duncan *et al.* 2021; Staton *et al.* 2021). Redan tidigare har det visats att liknande riskfaktorer, såsom stora flockar och fuktigt underlag predisponerar för alla sjukdomarna (Angell *et al.* 2015d, 2018) och epidemiologiska studier pekar på att fotröta och CODD är nära associerade med varandra (Angell *et al.* 2014, 2015d). En studie visar att vaccin mot *D. nodosus* även skulle kunna ha en reducerande effekt på CODD vilket kan tala för att *D. nodosus* är inblandad i etiologin bakom CODD (Duncan *et al.* 2012).

En ökad förekomst av *Treponema* spp. hos klövar affekterade med CODD har kunnat påvisas (Moore *et al.* 2005b; Sullivan *et al.* 2015b), men förmodligen beror inte sjukdomen enkom av en treponemainfektion, utan etiologin är troligen multibakteriell (Staton *et al.* 2021). Staton *et al.* (2021) inducerade CODD i 18 får genom att exponera dem för fuktig halm och klövbiter från CODD-infekterade djur varefter sjukdomsförloppet observerades. Majoriteten av djuren utvecklade gradvis först ID, sedan fotröta och sist CODD. Under tiden analyserades bakteriefloran i klövarna vilket visade på fem olika patogener: *D. nodosus*, *F. necrophorum*, *T. pedis*, *T. medium* och *T. phagedenis*. Liknande resultat beskrivs av Sullivan *et al.* (2015b), där samma fem patogener återfanns hos får som insjuknat i CODD. Staton *et al.* (2021) påvisade samtliga fem patogener under hela sjukdomsförloppet men i olika grad där till exempel andelen *D. nodosus* dominerade under fotröte-

stadiet medan *Treponema*-arterna hade som högst koncentration både under fotrötestadiet och när sjukdomen utvecklats till CODD. Liknande resultat gjordes redan på 60-talet av Egerton *et al.* (1969) där friska får inducerades med *D. nodosus*. När bakteriefloran sedan analyserades påvisades spiroketer endast i sena sjukdomsstadier.

I ett av de svenska CODD-fallen uppvisade djuren inga tecken på klinisk fotröta och *D. nodosus* kunde heller inte påvisas (Bernhard *et al.* 2021). I likhet med detta fanns det även i Statons studie fem djur som utvecklade CODD *de novo*, utan att ha genomgått stadierna av ID och fotröta. Dock självläste dessa i regel inom en vecka och uppvisade låga till obefintliga nivåer av de aktuella patogenerna, varför Staton *et al.* (2021) resonerade att dessa möjligen inte var exempel på CODD utan härrörde av andra orsaker såsom trauma och att bakteriernas koloniseringsgrad var för låg för att sjukdomen skulle kunna utvecklas.

Duncan *et al.* (2021) stödjer teorin om att ID, fotröta och CODD skulle vara olika utvecklingssteg i samma sjukdomskomplex samt att etiologin bakom dessa skulle vara multibakteriell. Om dessa nya teorier om sjukdomarnas samband stämmer skulle en bättre övervakning av ID kunna leda till en bättre kontroll av CODD.

2.5 Prevalens

2.5.1 Prevalens av fotröta

Fotröta är ingen nyupptäckt sjukdom utan den var väletablerad i England redan under 1700-talet och under tidigt 1800-tal rapporterades även fall av sjukdomen från Frankrike, Tyskland, Italien, USA och Australien efter att får importerats till kontinenten (Beveridge 1941). Idag finns sjukdomen i alla länder där domesticerade får förekommer och anses vara en av de fem viktigaste fårsjukdomarna globalt i och med den kraftiga påverkan den har på djurvälstånd, hälsa och ekonomi (Clifton *et al.* 2019).

Eftersom det ännu inte finns studier som undersöker prevalensen av fotröta på global nivå så är de studier som utförts begränsade till att undersöka prevalensen inom ett land eller områden inom landet. Vid tolkningen av dessa studier måste tas i beaktande att definitionen av fotröta kan variera mellan studier, att studiedesign skiljer sig åt och att detta i stor utsträckning påverkar prevalensen studien i fråga presenterar. Detta är något som försvårar jämförandet av prevalensstudier.

I en enkätstudie i England uppgav 80,0 % av bönderna att fotröta var den vanligaste orsaken till hälta hos får och att prevalensen för virulent fotröta uppgick till 3,1 %

(Winter *et al.* 2015). Där har sjukdomen en mer kontinuerlig spridning över året och är svårare att kontrollera till följd av det ständigt fuktiga klimatet, medan exempelvis Australien har långa perioder då sjukdomen inte sprids vilket underlättar kontrollen (Green & George 2008): Efter insättning av kontrollåtgärder 1988 sjönk prevalensen av virulent fotröta ner till mindre än 1,0 % år 2009 i New South Wales i Australien (Animal Biosecurity and Welfare 2017).

År 2005 undersöktes förekomsten av fotröta hos merinofår på Nya Zeeland via en enkätundersökning som visade en prevalens på 6,4 % i landet (Hickford *et al.* 2005). En retrospektiv kohortstudie från underdistriktet Mymensingh i Bangladesh visade på en prevalens på 4,2 % (Haque *et al.* 2014) och 2006 gjordes en enkätstudie i Bhutan som uppskattade den nationella prevalensen till 3,1 % (Gurung *et al.* 2006). Ett flertal prevalensstudier där metoden bland annat har gått ut på att provta fotrötelesioner har utförts i Indien: Fyra distrikt i Kashmir uppvisade en generell prevalens på 16,4 % (Farooq *et al.* 2010), en annan studie utförd i två stater i södra Indien med tropiskt klimat visade en prevalens på 15,0 % (Sreenivasulu *et al.* 2013) och prevalensen i Sholapur Distriktet i Maharashtra uppmättes till 11,6 % (Hagawane 2012). En enkätstudie från 2012 visade att fotröta är vanligt förekommande i såväl Österrike, Schweiz och Tyskland (Friedrich *et al.* 2012). I Tyskland och Schweiz har ytterligare prevalensstudier gjorts där man undersökt och provtagit djuren och prevalensen i Tyskland uppgick då till 42,9 % (Storms *et al.* 2021) och i Schweiz till 16,9 % (Ardüser *et al.* 2020).

Efter att ha varit fritt från fotröta i 60 år upptäcktes sjukdomen i Norge 2008 (Grøneng *et al.* 2015). Samma år påvisades sjukdomen i 1,5 % av besättningarna i området Rogeland varför ett övervaknings- och kontrollprogram infördes. År 2020 kunde kontrollprogrammet inte detektera några virulenta stammar av *D. nodosus* i landet (Kampen *et al.* 2021). I Sverige upptäcktes fotröta för första gången 2004 men har troligen funnits i landet tidigare än så (Frosth 2016). En prevalensstudie baserad på enbart bedömning av slaktklövar utfördes 2009 och gav en prevalens på 5,8 % i landet (König *et al.* 2011). 2020 gjordes en uppföljande studie där även detektion av *D. nodosus* undersöktes och prevalensen fotröta hade då sjunkit till 1,8 % (Rosander *et al.* 2022). Från 2008 var sjukdomen anmälningspliktig för alla besättningar som testats positiva (såväl benigna som virulenta) för *D. nodosus* men sedan 2021 är det endast besättningar där den virulenta formen av *D. nodosus* påvisats som ska anmälas.

2.5.2 Prevalens av CODD

CODD har inte en lika lång beskriven historia som fotröta och har idag endast påträffats i ett fåtal länder. Om detta beror på att sjukdomen inte varit känd tidigare eller att den faktiskt inte förekommit är oklart (Sayers *et al.* 2009). Dock misstogs

den för att vara en allvarlig form av virulent fotröta första gången sjukdomen påträffades (Harwood *et al.* 1997). Efter den första upptäckten i Storbritannien år 1997 har sjukdomen spridit sig och enkätstudier visar att den nu uppskattningsvis finns i 35,0 - 58,0 % av landets fårbesättningar och att prevalensen är 2,0 - 2,3 % (Angell *et al.* 2014; Dickins *et al.* 2016). Sjukdomen har också påträffats i Irland (Sayers *et al.* 2009) men inga prevalensstudier finns tillgängliga.

År 2017 påträffades CODD hos 12 tackor i en besättning i norra Tyskland (Tegtmeyer *et al.* 2020). Initialt misstogs sjukdomen för att vara virulent fotröta men när behandlingen inte fungerade och *Treponema* kunde påvisas i utstryk och via PCR så fastställdes diagnosen. Djuren behandlades sedan framgångsrikt med gamithromycin och smittan misstänkts ha kommit från nötkreatur drabbade av DD i närheten.

Två fall av CODD diagnosticerades i Sverige år 2019 och 2020 (Bernhard *et al.* 2021). Båda gårdarna var belägna i Skåne och i båda fallen var det ett flertal djur som insjuknade. Vad som orsakade smittan är dock oklart. Det fanns inte några kopplingar mellan gårdarna, men det skulle kunna funnits oidentifierade fall som spridit smittan. Alternativt kan smittan ha inkommit via import av djur.

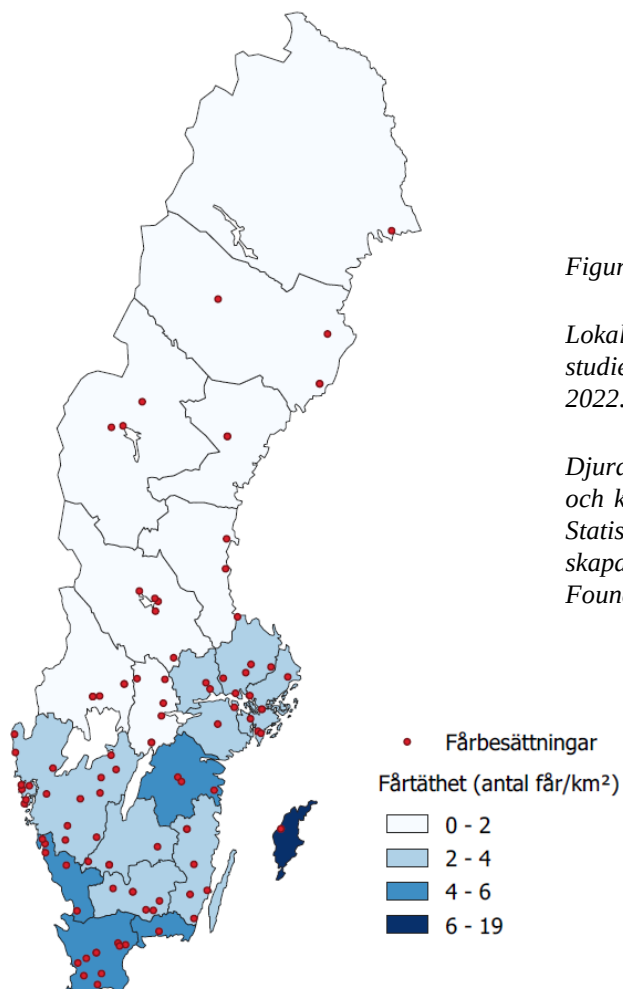
3. Material och Metoder

3.1 Provinsamling

I april 2022 sändes förfrågan om frivilligt deltagande i studien ut till alla fårbesättningar som rapporterat att de hade minst tio djur och uppgivit epost-adress hos Jordbruksverket i december 2021, vilket totalt var 5593 stycken. Antalet gårdar (n) som krävdes för studien beräknades med formeln:

$$n = (Z^2 \times P(1 - P))/d^2$$

Där Z är z-värdet som associeras med graden av konfidens, P är den uppskattade prevalensen och d står för precisionen. Om prevalensen antogs vara 5 % skulle resultaten vara tillförlitliga med 95 % säkerhet om minst 75 gårdar deltog. Denna siffra avrundades dock upp till 100 gårdar för att få diagnostisk säkerhet av hänsyn till att prover och deltagare kan falla bort av olika skäl. För att uppnå en randomiserad geografisk spridning av gårdar tillämpades ”först till kvarn”-principen vid anmälan. Under sommaren 2022 rekryterades 127 fårbesättningar att delta i studien av vilka 99 stycken deltog (Figur 1 & 2). Av dessa ingick endast 13 stycken i Gård & Djurhälsans kontrollprogram, Klövkontrollen. Av deltagarna i studien var det 65,0 % som hade färre än 30 djur. Detta kan jämföras med statistik från Jordbruksverket som 2022 visar att 68,0 % av landets besättningar hade 25 djur eller färre (Grönvall 2022). Efter noggranna skriftliga och filmbaserade instruktioner ombads djurägarna att ta tre svabbprover (E-svabb i flytande Aimes medium) från klövspalten på tre valfria djur över ett års ålder samt att fotografera klövarna enligt anvisning. Deltagarna fyllde i ett djurägarsamtycke där de bekräftade att de tillät att deras djur deltog i studien och att de var införstådda med att de när som helst kunde avbryta sitt deltagande. Bilder mejlades till författaren och svabbprover skickades in via post till Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Uppsala under en tvåveckorsperiod i september 2022 med vissa undantag såsom att djurägarna behövde assistans för att ta proverna och invänta exempelvis klövklippare. Ett flertal svabbprover förvarades i rumstemperatur flera dagar på grund av leveransproblem men endast ett fåtal var i rumstemperatur i mer än en vecka.



Figur 1.

Lokalisation av fårbesättningar som ingick i studien samt fårtheten i Sveriges olika län år 2022.

Djurdata är hämtad från Jordbruksverket 2022 och kartan med länsmarkeringar är tagen från Statistiska centralbyrån (2020a; 2020b). Kartan skapades i QGIS 3.26.3-Odense (Free Software Foundation Inc., Boston, MA, USA).



Figur 2. *Fördelning av besättningsstorleken hos deltagarna i studien.*

3.2 Visuell bedömning av klövfoton

Foton som inkom på klövar bedömdes utifrån graderingsskalorna för fotröta (Tabell 1) och CODD (Tabell 2). En initial bedömning gjordes av författaren som tidigare lärts upp av veterinär expert (Ulrika König, Gård & Djurhälsan) och en senare bedömning gjordes gemensamt gällande svårtydda fall av dessa två.

3.3 DNA-extraktion

DNA-extraktionen av proverna genomfördes i enlighet med ett tidigare utformat protokoll (Frosth *et al.* 2012). E-svabbarna sattes initialt på kraftigt skak i 5 minuter i rumstemperatur. All vätska fördes därefter över till ett 2 ml mikrorör vilket centrifugerades $13\,000 \times g$ i 5 minuter varefter supernatanten avlägsnades med hjälp av en pipett. Till varje rör tillsattes 200 μ l G2-lysbuffert (Qiagen, Hilden, Tyskland) och 25 μ l proteinas K (Qiagen) varpå röret vortexades tills pelleten löstes upp. Proverna inkuberades därefter i en termomixer i 54°C med 300 rpm skak i 10 minuter. DNA extraherades sedan automatiskt via EZ1 Advanced (Qiagen) varefter rören märktes och frystes (-20°C) i väntan på realtids-PCR-analys.

3.4 Realtids-PCR för detektion av *Dichelobacter nodosus*

För detektion av *D. nodosus* användes en duplex realtids-PCR för att identifiera rRNA genen *16S* och *intA*-genen hos bakterien i enlighet med (Frosth *et al.* 2015). Primers och prober som användes för att detektera områden på *16S*-genen hade sekvenserna: 5'-CGGGGTTATGTAGCTTGCTATG-3' (*16SF*), 5'-TACGTTG-TCCCCCACCATAA-3' (*16SR*) och 5'-TGCGGACGGGTGAGTAATATATATAGGAATC-3' (*16S* probe märkt med Cy5). De primers och prober som användes för detektion av *intA*-genen var 5'-CAAGCAGCTTATTTAGCCGAAGA-3' (*intAF*), 5'-TTGTGCGTGCTTTTCATTTTTC-3' (*intAR*) och 5'-TTGCGCGCG-AATGGTACCAACTC-3' (*intA* probe märkt med FAM). Förutom primers för *16S*- och *intA*-generna inkluderades en intern positiv amplifieringsskontroll för att kunna urskilja sant negativa resultat från PCR inhibering. Bakteriestammen AN363/05 av *D. nodosus* användes som positiv kontroll för *16S* rRNA- och *intA* generna medan stammen AN484/05 användes som negativ kontroll för *intA*-genen. En färdig PCR-mix tillreddes med en total volym på 15 μ l innehållande DNase och RNase fritt vatten, 1 $\times$ PerfeCTa qPCR ThoughMix (Quanta Biosciences Inc., Beverly, Ma, USA), 0,1 mg/ml BSA (bovint serumalbumin) (Sigma-Aldrich, St Louis, MO, USA), 1 $\times$ Exo IPC mix VIC (TAMRA) (Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA), 1 $\times$ Exo IPC DNA, 400 nM för varje primer och 100 nM för

var prob och 2 µl DNA-templat. Minst en negativ kontroll utan tillsatt templat inkluderades i varje körning. Proverna analyserades i PCR-apparat med ett initialt denatureringssteg i 10 minuter i 95 °C följt av 45 cykler bestående av 3 sekunder i 95 °C och 30 sekunder i 60 °C.

3.5 Realtids-PCR för virulensbestämning av *Dichelobacter nodosus*

Virulensbestämningen av *D. nodosus* baseras på att skilja generna *aprV2* och *aprB2* åt som kodar för serinproteaser där virulenta stammar av bakterien har *AprV2* (Frosth *et al.* 2015). Primers och prober som användes för att detektera områden på *aprV2* -och *aprB2*-genen hade sekvenserna:

5'-GAAGGCGACTGGTTTGATAACTG-3' (*aprV2/B2F*),

5'-GAGCTGTCGCTTCTTTCTTTGC-3' (*aprV2/B2R*),

5'-ATGCGGTGGTTATCCT-3' (*aprV2* prob märkt med FAM-MGB) och

5'-ATGCGGTGGTCGTCCT-3' (*aprB2* probe märkt med VIC-MGB).

Prover där *D. nodosus* detekterats analyserades igen och preparerades på samma vis som finns beskrivet ovan med en PCR-mix innehållande 15 µl bestående av 13 µl mastermix och 2µl templat. Mastermixen bestod av DNase- och RNase fritt vatten, 1 × TaqMan Gene Expression Master Mix (Thermo Fisher Scientific Inc.), 0,1 mg/ml BSA (Sigma-Aldrich) 400 nM av varje primer och 100 nM av var prob. Som positiv kontroll för *aprB2* användes stammen AN484/05, som positiv kontroll för *aprV2* användes AN363/05 (SVA) och liksom ovan lämnades även en brunn utan tillsatt templat som negativ kontroll. Proverna analyserades enligt ovan beskrivna PCR-program: 10 minuter i 95 °C följt av 45 cykler bestående av 3 sekunder i 95 °C och 30 sekunder i 60 °C

3.6 Realtids-PCR för detektion av *Fusobacterium necrophorum* och underartsbestämning

En duplex reltids-PCR användes för att detektera sekvenser hos genen *gyrB* (Jensen *et al.* 2007). Mastermixen innehöll 400 nM av var primer och 100 nM av var prob (tabell 3) men bestod i övrigt av samma innehåll och uppmäter samma volym som beskrivs under rubriken ”Realtids-PCR för detektion av *Dichelobacter nodosus*”. De två primers som användes inriktade sig på sekvenser på *gyrB*-genen som är gemensamma för de båda underarterna medan de två proberna inriktade sig på två underartsspecifika sekvenser i genen. Som positiv kontroll för *F. necrophorum* sub-species *necrophorum* användes bakteriestammen CCUG 9994T och som positiv

kontroll för *F. necrophorum* subspecies *funduliforme* användes CCUG 42162T (Culture Collection, Göteborgs Universitet, Sverige). Proverna analyserades sedan enligt följande program: 10 minuter i 95 °C följt av 45 cykler bestående av 3 sekunder i 95 °C och 30 sekunder i 60 °C.

Tabell 3. Nuklotidsekvenser för prober och primers som användes för detektion och underartsbestämning av *F. necrophorum* (Jensen et al. 2007).

Primer/prob	Sekvens 5'-3'
Primer gyrBF	AGGATTGCATGGAGTAGGAA
Primer gyrBR	CCTATTTCATTTCGACAATCCA
Prob gyrB necro FAM	TCTACTTTGGAGGTTGGAGAAACAAC
Prob gyrB fundu TexasRed	TCCGCTTTAGAGGCTGGAGAAACGAC

3.7 Realtids-PCR för detektion av *Treponema* spp.

För att ge utslag på så många *Treponema*-arter som möjligt användes tre olika framåt-primers inriktade på 16S-genen från olika *Treponema*-arter (Rosander et al. 2022; Strub et al. 2007). Det tillsattes 300 nM av var framåt-primer, 900 nM av bakåt-primer och 200 nM av proben (tabell 4) i mastermixen som i övrigt innehöll och uppmättes till samma volym som beskrivits ovan under rubriken "Realtids-PCR för detektion av *Dichelobacter nodosus*". Som positiv kontroll användes bakteriestammen *T. pedis* DSM 18691 (Leibniz Institute DSMZ-German Collection of Microorganisms and Cell Cultures GmbH, Braunschweig, Tyskland). Proverna analyserades i ett program med ett första denatureringssteg i 10 minuter i 95 °C följt av 45 cykler bestående av 30 sekunder i 95 °C och 1 minut i 60 °C.

Tabell 4. Nuklotidsekvenser för prob och primers som användes för detektion *Treponema* spp. (Strub et al. 2007)

Primer/prob	Sekvens 5'-3'
Primer Trep-1F	AAGGCAACGATGGGTATCC
Primer Trep-2F	AAGGCGACGATGGGTATCC
Primer Trep-3F	AAGGCGATGATGGGTATCC
Primer Trep-R	GCGTCGCTCCGTCAGACT
Prob Trep (FAM-MGBNFQ)	GACACATTGGGACTGAGATA

3.8 Realtids-PCR för artbestämning av *Treponema*

De prover där *Treponema* spp. detekterades analyserades ytterligare en gång med en annan PCR. Metoden som användes är för närvarande under utveckling av Frosth & Rosander och den gör det möjligt att detektera de tre olika BDD-associerade *Treponema*-arterna *T. pedis*, *T. medium* och *T. phagedenis*.

3.9 Analys av resultat och statistik

Samtliga prover analyserades med hjälp av en CFX Opus 96 realtids PCR maskin (Bio-Rad Laboratories Inc., Hercules, CA, USA) och utvärderades med hjälp av mjukvaran CFX Manager (Bio-Rad Laboratories Inc.) med standardinställningar. Prover hölls för att vara positiva om de gav ifrån sig prob-specifika fluorescens-sigaler vid quantification cycle (Cq) < 40.

För att beräkna 95 % konfidensintervall (KI) för bimodala data användes formeln Copper-Pearson confidence interval och för jämförelse av prevalens mellan denna studie och de två tidigare prevalensstudierna utförda i landet (König *et al.* 2011; Rosander *et al.* 2022) användes two proportion z-test.

4. Resultat

4.1 Visuell bedömning fotröta

Totalt bedömdes 582 foton med avseende på fotröta och CODD. Hos två djur i två olika besättningar förekom fotröta grad 2 (tabell 5 & 6). På individnivå innebär det en prevalens på 0,7 % (KI 0,1 - 2,4 %) och en besättningsprevalens på 2,0 % (KI 0,2 - 7,1 %) i landet. Fotröta grad 1 bedömdes finnas hos fem djur från tre olika besättningar vilket motsvarar en individprevalens på 1,7 % (KI 0,5 - 3,9 %) och en besättningsprevalens på 3,0 % (KI 0,6 - 8,6 %). Det bedömdes att 290 (97,6 %) djur i 94 (95,0 %) besättningar inte hade några visuella tecken på fotröta, d.v.s. grad 0. Inga klövar bedömdes ha en fotrötegrad som översteg 2.

Inga visuella tecken på CODD kunde ses på något av klövfotona.

4.2 *Dichelobacter nodosus*

Dichelobacter nodosus påvisades i prov från 17 av 297 djur som provtogs och ger därmed en prevalens på 5,7 % (KI 3,2 - 9,0 %) på individnivå. Totalt påvisades bakterien från 9 av de 99 besättningarna vilket innebar en besättningsprevalensen på 9,1 % (KI 3,9 - 16,6 %) (tabell 5 & 6). *D. nodosus* kunde påvisas hos båda djuren med fotröta grad 2 samt hos 3 av 5 djur med fotröta grad 1. Övriga 12 djur som var positiva för bakterien hade inga visuella tecken på fotröta eller CODD.

Inga virulenta stammar av *D. nodosus* kunde påvisas hos de 17 djur som var positiva för bakterien utan samtliga var benigna.

4.3 *Fusobacterium necrophorum* och *Treponema* spp.

Fusobacterium necrophorum subsp. *funduliforme* kunde påvisas i prov från fyra djur i tre olika besättningar (tabell 5 och 6), vilket innebar en individprevalensen på 1,3 % (KI 0,4 - 3,4 %) och besättningsprevalensen på 3,0 % (KI 0,6 - 8,6 %). Av dessa förekom bakterien samtidigt med *D. nodosus* och fotröta grad 1 endast hos ett djur. Av övriga positiva prov förekom två tillsammans med *Treponema* spp. Underarten *F. necrophorum* subsp. *necrophorum* kunde inte påvisas i något prov.

Treponema spp. påvisades hos 193 djur av de totalt 297 som provtogs från 82 av de 99 besättningarna (tabell 5 & 6). På individnivå innebar det en prevalens av *Treponema* spp. på 65,0 % (KI 35,0 - 70,4 %) och på besättningsnivå 83,0 % (KI 37,9 - 89,7 %). *Treponema* påvisades hos 15 av 17 djur som var positiva för *D. nodosus* och hos samtliga besättningar där *D. nodosus* förekom. Hos samtliga djur med fotröta grad 1 och 2 kunde *Treponema* spp. påvisas och hos ett djur med fotröta grad 1 förekom samtliga tre bakterier i kombination. Inga av de *Treponema*-arter som associeras med BDD (*T. pedis*, *T. medium* eller *T. phagedenis*) kunde påvisas i något av proverna.

Tabell 5. Antal **djur** med fotröta grad 0, 1 och 2 samt förekomst av *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum* och *Treponema* spp. i dessa grupper.

Fotröta	Antal djur	<i>D. nodosus</i>	<i>F. necrophorum</i>	<i>Treponema</i> spp.
Grad 0	290	12	3	186
Grad 1	5	3	1	5
Grad 2	2	2	0	2
Totalt	297	17	4	193

Tabell 6. Antal **besättningar** med fotröta grad 0, 1 och 2 samt förekomst av *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum*, *Treponema* spp. i dessa grupper.

Fotröta	Antal Besättningar	<i>D. nodosus</i>	<i>F. necrophorum</i>	<i>Treponema</i> spp.
Grad 0	94	6	2	77
Grad 1	3	1	1	3
Grad 2	2	2	0	2
Totalt	99	9	3	82

5. Diskussion

Det har utförts ett par prevalensstudier i Sverige tidigare (König *et al.* 2011; Rosander *et al.* 2022). Båda dessa har undersökt förekomsten av fotröta på individnivå och Rosander *et al.* (2022) undersökte även prevalensen av CODD i landet. Syftet med detta arbete var att göra en uppföljande prevalensstudie och undersöka förekomsten av båda sjukdomarna hos vuxna djur i fält för att utreda om det förelåg någon skillnad i förekomst mellan dessa och slaktlamm. Dessutom har prevalensen av sjukdomarna inte enbart bedömts på individnivå utan även på besättningsnivå. Både fotröta och CODD är smittsamma sjukdomar (Beveridge 1941; Duncan *et al.* 2014) och kan betraktas som besättningsdiagnoser. Att undersöka prevalensen av sjukdomarna på besättningsnivå ger därmed troligen ett mer rättvisande värde och är något som inte undersökts tidigare i Sverige. Fördelen med att även undersöka prevalensen på individnivå är att man då lättare kan jämföra med tidigare studier.

Studiedesignen skiljde sig åt mellan denna och de tidigare genomförda prevalensstudierna av König *et al.* (2011) och Rosander *et al.* (2022). De tidigare studierna var baserade på klövar från svenska slaktlamm som hade transporterats från olika slakterier i landet till laboratoriet för att göra en visuell bedömning av materiel och en jämförelse mellan denna studie och tidigare resultat är därmed inte helt tillförlitlig. Fördelarna med de tidigare studiernas metod var att insamlingen av materialet var mer arbetseffektivt, fler individer kunde provtas samt att den kliniska bedömningen inte gjordes utifrån foton utan ifrån slaktklövar. Nackdelarna var att djur som går till normalslakt i regel är unga individer som genomgått levandedjursbesiktning och inte förväntas ha några sjukdomar, varför urvalsgruppen inte är helt representativ för hela landets fårpopulation. Denna uppföljande studie tog hänsyn till dessa svagheter hos de tidigare studierna och utformades därför för att möjliggöra undersökning av en urvalsgrupp mer representativ för den svenska fårpopulationen. Urvalsgruppen innehöll samtliga fårägare som rapporterat till Jordbruksverket att de ägde minst 10 djur och av dessa skulle djurägarna endast provta och fota klövar från djur över 1 års ålder. Djurägarna uppmanades också att redogöra för om djuren hade några eventuella symtom såsom exempelvis hälta. Vid jämförelse mellan deltagarnas besättningsstorlekar och Jordbruksverkets statistik framkom att fördelningen av besättningsstorlekarna i denna studie var förhållandevis representativ för landet (Grönvall 2022), vilket gör studien tillförlitlig. Det fanns dock även ett flertal nackdelar med denna studiedesign: Insamlingen av materialet och kommunikation med djurägare tog mycket tid i anspråk och färre djur kunde ingå i studien. Proverna togs inte av en och samma person och provtagningstekniken var således inte helt standardiserad vilket påverkar provresultaten. Bedömningen hos ett femtiotal foton påverkades av att de antingen var tagna med för lite

ljus, för lite skärpa, från fel vinkel eller på gödselbestänkta klövar där klövspalt eller kronrand var svåra att se. Vid jämförelsen mellan denna studie och studien från 2020 (Rosander *et al.* 2022) bedömdes signifikant färre djur ha fotröta grad 1 och därmed signifikant fler djur fotröta grad 0. Det går inte att säkert säga varför denna skillnad ses, men det skulle delvis kunna bero på svårigheten att bedöma klövar utifrån foton.

I den här studien bedömdes prevalensen för fotröta (fotröta grad ≥ 2) till 0,7 % på individnivå. De båda tidigare prevalensstudierna som genomförts i Sverige 2020 och 2009 visade en förekomst på 1,8 % (Rosander *et al.* 2022) respektive 5,8 % (König *et al.* 2011). En statistiskt signifikant minskning ($p < 0,01$) kan ses i individprevalensen mellan denna studie och den som utfördes 2009 men ingen sådan skillnad fanns mellan denna och den som utfördes år 2020. Det faktum att det endast är 2 års mellanrum mellan denna och den senaste studien bidrar till att de lättare kan jämföras med varandra och resultatet tyder på att det inte finns någon skillnad mellan prevalensen av fotröta och CODD hos vuxna djur respektive lamm i Sverige. Möjligen hade en signifikant skillnad kunnat ses mellan den här studien och senaste om fler djur undersökts i denna studie, men detta är dock svårt att veta. På besättningsnivå uppgick prevalensen för fotröta $\geq$ grad 2 till 2,0 % i svenska fårbesättningar. Dock kunde detta resultat inte jämföras med tidigare studier då varken Rosander *et al.* (2022) eller König *et al.* (2011) framtagit siffror om besättningsprevalens.

Prevalensen av *D. nodosus* var 5,7 % på individnivå vilket inte skiljer signifikant från den senaste prevalensstudien, 6,1 % (Rosander *et al.* 2022). På besättningsnivå var prevalensen *D. nodosus* 9,1 % men fotröta förekom dock endast i två av 99 besättningar. Övriga djur som var positiva för *D. nodosus* hade antingen fotröta grad 1 eller 0. Detta var inte överraskande eftersom bakterien kan förekomma på klövar utan att orsaka sjukdom (Beveridge 1941). Bakterien har också påvisats hos friska klövar i tidigare studier (Frosth *et al.* 2015; Rosander *et al.* 2022). I Tyskland beräknades nyligen besättningsprevalensen av *D. nodosus* till 71,0 % (Storms *et al.* 2021) och i jämförelse med denna är förekomsten hos svenska besättningar mycket låg. Som nämnts ovan har inga tidigare studier gjorts på besättningsnivå i Sverige avseende prevalensen av *D. nodosus*, varför det inte går att uttala sig om förekomsten i besättningar har ökat eller minskat i landet över tid. Det faktum att svenska fårbesättningar generellt har en låg belägningsgrad samt att temperaturen säsongvis understiger 10 °C kan vara bidragande orsaker till att förekomsten av bakterien är låg i Sverige, jämfört med länder som bedriver en mer storskalig fårproduktion. I likhet med tidigare svenska studier (Frosth *et al.* 2017; Rosander *et al.* 2022) kunde inga virulenta stammar av *D. nodosus* påvisas vilket skiljer sig

från exempelvis Tyskland och Storbritannien där virulenta stammar är vanligare fynd än benigna stammar (Storms *et al.* 2021; Moore *et al.* 2005a).

I studien analyserades även förekomsten av *F. necrophorum*. Den mer virulenta underarten *necrophorum* kunde inte påvisas och *F. necrophorum* subsp. *funduliforme* kunde endast påvisas hos fyra djur från tre besättningar vilket innebar en individprevalens på 1,3 %, vilket var betydligt lägre än prevalensen i den tidigare svenska studiens 7,6 % (Rosander *et al.* 2022). En förklaring till denna signifikanta skillnad skulle kunna vara att proverna tagits av olika personer i denna studie samt att vissa prover förvarades över en vecka i rumstemperatur, vilket kan påverka provresultatet. Clifton *et al.* (2019) menar att *F. necrophorum* har en sämre förmåga att överleva i miljön än vad exempelvis *D. nodosus* har, varför möjligen vissa prover kan ha visat sig positiva för *D. nodosus* men samtidigt negativa för *F. necrophorum*. Dock kan det finnas många andra förklaringar och det är möjligt att djuren endast var bärare av en av bakterierna. Besättningsprevalensen uppgick till 3,0 % i denna studie och förutom ovan nämnda förklaring till låga nivå av påvisande av bakterien så är den värd bunden, utsöndras i träck från endast ett fåtal individer och påträffas främst i klövar drabbade av fotröta (Clifton *et al.* 2019). Att besättningsprevalensen för bakterien var låg är följaktligen inte särskilt förvånande med tanke på att prevalensen av fotröta hos djuren också var låg.

Förekomsten av *Treponema*-arter var däremot hög, *Treponema* spp. påvisades i prov från 193 (65,0 %) individer både med och utan fotröta. Besättningsprevalensen för *Treponema* spp. var 83,0 %, 82 av de 99 besättningarna, vilket är överensstämmande med den förra prevalensstudien (90,6 %) (Rosander *et al.* 2022). Betydelsen av den höga förekomsten av *Treponema* spp. är ännu okänd. *Treponema*-arter som inte har associerats med BDD har påvisats i nötkreaturs GI-kanal och tros förekomma i stallmiljö (Evans *et al.* 2012b), varför en teori är att de *Treponema*-bakterier som påvisades i denna studie möjligen förekommer naturligt hos fåren utan att orsaka sjukdom.

I denna studie kunde inte någon av de tre CODD-associerade *Treponema*-arterna påvisas. Det fanns inte heller några tecken på CODD på några av de inskickade bilderna, vilket var förväntat. Sjukdomen har bara påträffats två gånger tidigare i Sverige (2019 och 2020) (Bernhard *et al.* 2021) och samtliga djur i båda dessa besättningar slaktades ut. I prevalensstudien som utfördes av Rosander *et al.* (2022) påträffades endast en slaktklöv med en CODD-lesionsgrad 1. Denna grad kan dock uppstå till följd av andra orsaker såsom trauma och det går inte med säkerhetsfastställa att detta var ett fall av CODD. Inga ytterligare fall har påträffats och den exakta förekomsten i landet är okänd, om än troligen mycket låg.

De låga prevalenserna av dessa två sjukdomar i landet kan dock komma att förändras. Andra länder som drabbas kraftigt av sjukdomarna behandlar sina djur med stora mängder antibiotika, vilket inte är bra med tanke på resistensproblematiken. Import av djur är troligen den största risken för att få in sjukdomarna i Sverige och med det infekterade djur med resistent bakterier. Tidigare har det funnits karantänstvång vid förflyttning av får mellan EU-länder men i och med en ny djurhälsolag som trädde i kraft 2021 (EU delegerad förordning (EU) 2020/688 jämfört med Europaparlamentets och rådets förordning 2016/429) har detta krav tagits bort för att underlätta handel mellan medlemsstater. Dock föreskriver Svenska Djurbönders Smittskyddskontroll (SDS) fortsatt isolering och kontroll av klövar samt fotbad för får i dessa fall. Men med detta ställs större krav på djurägares kunskaper för att sjukdomarna inte ska kunna komma in i landet. Dock har medvetenheten om klövhälsa ökat hos både veterinärer och fårägare under senare år tack vare tidigare prevalensstudier som gjorts, de två uppmärksammade fallen av CODD i Sverige (Bernhard *et al.* 2021) samt Gård & Djurhälsans kontrollprogram, Klövkontrollen.

Sammanfattningsvis uppgick besättningsprevalensen av fotröta till 2,0 % i landet och inget fall av CODD påträffades i studien. Det gick inte att påvisa en statistiskt signifikant skillnad mellan denna studie och den som utfördes 2020 (Rosander *et al.* 2022) vad gäller förekomsten av fotröta och förmodligen föreligger ingen skillnad i prevalens mellan vuxna djur och lamm i landet. Detta medför att resultaten från tidigare prevalensstudier som utförts på slaktlamm kan anses vara mer tillförlitliga än vad som tidigare har kunnat antas och att de förmodligen är representativa för den totala fårpopulationen i landet. Att prevalensen av sjukdomarna är låg tyder på att förebyggande åtgärder i form av saneringsarbeten och kontrollprogram samt ökande kunskaper hos fårbönder bidrar till att sjukdomsförekomsten är låg. Besättningsprevalensen för *D. nodosus* (9,1 %) och *F. necrophorum* (3,0 %) var också låga. *D. nodosus* förekom både hos djur med fotröta grad 0, 1 och 2, medan *F. necrophorum* endast förekom hos djur med fotröta grad 0 och 1. Samtliga isolat av *D. nodosus* var benigna och samtliga *F. necrophorum* tillhörde den mindre virulenta underarten *funduliforme*. Inga av de BDD-associerade *Treponema*-arterna kunde påvisas i studien men besättningsprevalensen av bakterier av släktet *Treponema* uppgick till 83,0 %. Bakterierna förekom hos samtliga djur med fotröta grad 1 och 2 men även hos merparten av djur med fotröta grad 0 och troligt är att bakterierna kan förekomma naturligt i fårens miljö. Än så länge är prevalensen låg för fotröta och CODD i Sverige men ett fortsatt arbete med spridning av information, kontrollprogram och saneringsåtgärder krävs för att upprätthålla detta.

Referenser

- Abbott, K.A. (2000). *The epidemiology of intermediate footrot*. Diss. Sydney: The University of Sydney. DOI: <http://hdl.handle.net/2123/9322>
- Abbott, K.A. & Lewis, C.J. (2005). Current approaches to the management of ovine footrot. *The Veterinary Journal*, 169 (1), 28–41. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.05.008>
- AHDB Beef & Lamb (2020). *Reducing lameness for Better Returns*. (Better returns programme manual 2020, 7). Kenilworth: Agriculture and Horticulture Development Board. Tillgänglig: <https://ahdb.org.uk/knowledge-library/reducing-lameness-for-better-returns> [2022-10-17]
- Angell, J., Grove-White, D. & Duncan, J. (2017a). A practical approach to dealing with contagious ovine digital dermatitis (CODD) on farms. *Livestock*, 22 (1), 40–44. DOI: <https://doi.org/10.12968/live.2017.22.1.40>
- Angell, J.W., Blundell, R., Grove-White, D.H. & Duncan, J.S. (2015a). Clinical and radiographic features of contagious ovine digital dermatitis and a novel lesion grading system. *Veterinary Record*, 176 (21), 544–544. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.10-2978>
- Angell, J.W., Clegg, S.R., Grove-White, D.H., Blowey, R.W., Carter, S.D., Duncan, J.S. & Evans, N.J. (2017b). Survival of contagious ovine digital dermatitis (CODD)-associated treponemes on disposable gloves after handling CODD-affected feet. *Veterinary Record*, 181 (4), 89–89. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.104228>
- Angell, J.W., Clegg, S.R., Sullivan, L.E., Duncan, J.S., Grove-White, D.H., Carter, S.D. & Evans, N.J. (2015b). In vitro susceptibility of contagious ovine digital dermatitis associated *Treponema* spp isolates to antimicrobial agents in the UK. *Veterinary Dermatology*, 26 (6), 484–e115. DOI: <https://doi.org/10.1111/vde.12269>
- Angell, J.W., Crosby-Durrani, H.E., Duncan, J.S., Carter, S.D. & Blundell, R. (2015c). Histopathological characterization of the lesions of contagious ovine digital dermatitis and immunolabelling of *Treponema*-like organisms. *Journal of Comparative Pathology*, 153 (4), 212–226. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcpa.2-015.10.178>
- Angell, J.W., Duncan, J.S., Carter, S.D. & Grove-White, D.H. (2014). Farmer reported prevalence and factors associated with contagious ovine digital dermatitis in Wales: A questionnaire of 511 sheep farmers. *Preventive Veterinary Medicine*, 113 (1), 132–138. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.09.014>

- Angell, J.W., Grove-White, D.H. & Duncan, J.S. (2015d). Sheep and farm level factors associated with contagious ovine digital dermatitis: A longitudinal repeated cross-sectional study of sheep on six farms. *Preventive Veterinary Medicine*, 122 (1), 107–120. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.09.016>
- Angell, J.W., Grove-White, D.H. & Duncan, J.S. (2018). Sheep and farm level factors associated with footrot: a longitudinal repeated cross-sectional study of sheep on six farms in the UK. *Veterinary Record*, 182 (10), 293–293. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.104553>
- Angell, J.W., Grove-White, D.H., Williams, H.J. & Duncan, J.S. (2016). Whole-flock, metaphylactic tilmicosin failed to eliminate contagious ovine digital dermatitis and footrot in sheep: a cluster randomised trial. *Veterinary Record*, 179 (12), 308-U44. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.103625>
- Animal Biosecurity and Welfare (2017). *Footrot in Sheep and Goats*. 4. (primefact 2017 1533). New South Wales: Department of Primary Industries. Tillgänglig: https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0015/102381/Primefact-1533-Footrot-in-Sheep-and-Goats.pdf [2022-10-20]
- Ardüser, F., Moore-Jones, G., Gobeli Brawand, S., Dürr, S., Steiner, A., Ryser-Degiorgis, M.-P. & Zanolari, P. (2020). *Dichelobacter nodosus* in sheep, cattle, goats and South American camelids in Switzerland - Assessing prevalence in potential hosts in order to design targeted disease control measures. *Preventive Veterinary Medicine*, 178, 104688. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2019.05.001>
- Bennett, G., Hickford, J., Sedcole, R. & Zhou, H. (2009). *Dichelobacter nodosus*, *Fusobacterium necrophorum* and the epidemiology of footrot. *Anaerobe*, 15 (4), 173–176. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2009.02.002>
- Bernhard, M., Frosth, S. & König, U. (2021). First report on outbreaks of contagious ovine digital dermatitis in Sweden. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 63 (1), 29. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-021-00595-x>
- Beveridge, W.I.B. (1941). Foot-rot in sheep: A transmissible disease due to infection with *Fusiformis nodosus*. I: *Studies on its Cause, Epidemiology, and Control*. Melbourne (Bulletin No. 140) Council for Scientific and Industrial Research, DOI: <https://doi.org/10.25919/hvxc-y142>
- Bishop, S.C. & Morris, C.A. (2007). Genetics of disease resistance in sheep and goats. *Small Ruminant Research*, 70 (1), 48-59 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.small-rumres.2007.01.006>
- Calvo-Bado, L.A., Oakley, B.B., Dowd, S.E., Green, L.E., Medley, G.F., Ul-Hassan, A., Bateman, V., Gaze, W., Witcomb, L., Grogono-Thomas, R., Kaler, J., Russell, C.L. & Wellington, E.M. (2011). Ovine pedomics: the first study of the ovine foot 16S rRNA-based microbiome. *The ISME Journal*, 5 (9), 1426–1437. Nature Publishing Group. DOI: <https://doi.org/10.1038/ismej.2011.25>

- Cheetham, B.F., Tanjung, L.R., Sutherland, M., Druitt, J., Green, G., McFarlane, J., Bailey, G.D., Seaman, J.T. & Katz, M.E. (2006). Improved diagnosis of virulent ovine footrot using the intA gene. *Veterinary Microbiology*, 116 (1), 166–174. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2006.04.018>
- Claxton, P.D., Ribeiro, L.A. & Egerton, J.R. (1983). Classification of *Bacteroides nodosus* by agglutination tests. *Australian Veterinary Journal*, 60 (11), 331–334. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1983.tb02834.x>
- Clegg, S.R., Mansfield, K.G., Newbrook, K., Sullivan, L.E., Blowey, R.W., Carter, S.D. & Evans, N.J. (2015). Isolation of digital dermatitis treponemes from hoof lesions in wild North American elk (*Cervus elaphus*) in Washington State, USA. *Journal of Clinical Microbiology*, 53 (1), 88–94. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.02276-14>
- Clifton, R., Giebel, K., Liu, N.L.B.H., Purdy, K.J. & Green, L.E. (2019). Sites of persistence of *Fusobacterium necrophorum* and *Dichelobacter nodosus*: a paradigm shift in understanding the epidemiology of footrot in sheep. *Scientific Reports*, 9 (1), 14429. Nature Publishing Group. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-50822-9>
- Collighan, R.J., Naylor, R.D., Martin, P.K., Cooley, B.A., Buller, N. & Woodward, M.J. (2000). A spirochete isolated from a case of severe virulent ovine foot disease is closely related to a treponeme isolated from human periodontitis and bovine digital dermatitis. *Veterinary Microbiology*, 74 (3), 249–257. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0378-1135\(00\)00190-5](https://doi.org/10.1016/S0378-1135(00)00190-5)
- Demirkan, I., Carter, S.D., Winstanley, C., Bruce, K.D., McNAIR, N.M., Woodside, M. & Hart, C.A. (2001). Isolation and characterisation of a novel spirochaete from severe virulent ovine foot rot. *Journal of Medical Microbiology*, 50 (12), 1061–1068. DOI: <https://doi.org/10.1099/0022-1317-50-12-1061>
- Dhawi, A., Hart, C.A., Demirkan, I., Davies, I.H. & Carter, S.D. (2005). Bovine digital dermatitis and severe virulent ovine foot rot: A common spirochaetal pathogenesis. *The Veterinary Journal*, 169 (2), 232–241. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2004.01.029>
- Dhungyel, O., Schiller, N., Eppleston, J., Lehmann, D., Nilon, P., Ewers, A. & Whittington, R. (2013a). Outbreak-specific monovalent/bivalent vaccination to control and eradicate virulent ovine footrot. *Vaccine*, 31 (13), 1701–1706. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2013.01.043>
- Dhungyel, O.P., Hill, A.E., Dhand, N.K. & Whittington, R.J. (2013b). Comparative study of the commonly used virulence tests for laboratory diagnosis of ovine footrot caused by *Dichelobacter nodosus* in Australia. *Veterinary Microbiology*, 162 (2), 756–760. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.09.028>
- Dickins, A., Clark, C.C.A., Kaler, J., Ferguson, E., O’Kane, H. & Green, L.E. (2016). Factors associated with the presence and prevalence of contagious ovine digital dermatitis: A 2013 study of 1136 random English sheep flocks. *Preventive Veterinary Medicine*, 130, 86–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2016.06.009>

- Duncan, J., Grove-White, D. & Angell, J. (2018). Understanding contagious ovine digital dermatitis. *In Practice*, 40 (2). DOI: <https://doi.org/10.1136/inp.j4812>
- Duncan, J.S., Angell, J.W., Carter, S.D., Evans, N.J., Sullivan, L.E. & Grove-White, D.H. (2014). Contagious ovine digital dermatitis: An emerging disease. *The Veterinary Journal*, 201 (3), 265–268. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2014.06.007>
- Duncan, J.S., Angell, J.W., Richards, P., Lenzi, L., Staton, G.J., Grove-White, D., Clegg, S., Oikonomou, G., Carter, S.D. & Evans, N.J. (2021). The dysbiosis of ovine foot microbiome during the development and treatment of contagious ovine digital dermatitis. *Animal Microbiome*, 3 (1), 19. DOI: <https://doi.org/10.1186/s42523-021-00078-4>
- Duncan, J.S., Grove-White, D., Moks, E., Carroll, D., Oultram, J.W., Phythian, C.J. & Williams, H.W. (2012). Impact of footrot vaccination and antibiotic therapy on footrot and contagious ovine digital dermatitis. *Veterinary Record*, 170 (18), 462–462. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.100363>
- Duncan, J.S., Grove-White, D., Oultram, J.W.H., Phythian, C.J., van Dijk, J., Carter, S.D., Cripps, P.J. & Williams, H.J. (2011). Effects of parenteral amoxicillin on recovery rates and new infection rates for contagious ovine digital dermatitis in sheep. *Veterinary Record*, 169 (23), 606–606. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.d4394>
- Egerton, J.R. (1970). Successful vaccination of sheep against foot-rot. *Australian Veterinary Journal*, vol. 46 (3), 114–115. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1970.tb11593.x>
- Egerton, J.R. (1973). Surface and somatic antigens of *Fusiformis nodosus*. *Journal of Comparative Pathology*, 83 (1), 151–159. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(73\)90038-8](https://doi.org/10.1016/0021-9975(73)90038-8)
- Egerton, J.R. & Parsonson, I.M. (1966a). Isolation of *Fusiformis nodosus* from cattle. *Australian Veterinary Journal*, 42 (11), 425–429. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1966.tb04646.x>
- Egerton, J.R. & Parsonson, I.M. (1966b). Parenteral antibiotic treatment of ovine footrot. *Australian Veterinary Journal*, 42 (3), 97–98. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1966.tb04682.x>
- Egerton, J.R., Parsonson, I.M. & Graham, N.P.H. (1968). Parenteral chemotherapy of ovine foot-rot. *Australian Veterinary Journal*, 44 (6), 275–283. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1968.tb04982.x>
- Egerton, J.R., Parsonson, I.M., (1969). Benign foot rot. A specific interdigital dermatitis of sheep associated with infection by less proteolytic strains of *Fusiformis nodosus*. *Australian Veterinary Journal*, 45 (8) 345–349. DOI: [10.1111/j.1751-0813.1969.tb06606.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1969.tb06606.x)
- Egerton, J.R. & Roberts, D.S. (1971). Vaccination against ovine foot-rot. *Journal of Comparative Pathology*, 81 (2), 179–185. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(71\)90091-0](https://doi.org/10.1016/0021-9975(71)90091-0)

- Egerton, J.R., Roberts, D.S. & Parsonson, I.M. (1969). The aetiology and pathogenesis of ovine foot-rot: I. A histological study of the bacterial invasion. *Journal of Comparative Pathology*, 79 (2), 207–IN7. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(69\)90007-3](https://doi.org/10.1016/0021-9975(69)90007-3)
- Emery, D.L., Stewart, D.J. & Clark, B.L. (1984). The comparative susceptibility of five breeds of sheep to foot-rot. *Australian Veterinary Journal*, 61 (3), 85–88. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1984.tb15524.x>
- Europeiska kommissionens delegerade förordning (EU) 2020/688 av den 17 december 2019 om komplettering av Europaparlamentets och rådets förordning (EU) 2016/429 vad gäller djurhälsokrav för förflyttningar av landlevande djur och kläckägg inom unionen. (EUT L 174, 3.6.2020, s. 140–210). <http://data.europa.eu/eli/reg/2020/688/oj>
- Evans, N.J., Brown, J.M., Demirkan, I., Murray, R.D., Vink, W.D., Blowey, R.W., Hart, C.A. & Carter, S.D. (2008). Three unique groups of spirochetes isolated from digital dermatitis lesions in UK cattle. *Veterinary Microbiology*, 130 (1), 141–150. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2007.12.019>
- Evans, N.J., Brown, J.M., Demirkan, I., Singh, P., Getty, B., Timofte, D., Vink, W.D., Murray, R.D., Blowey, R.W., Birtles, R.J., Hart, C.A. & Carter, S.D. (2009). Association of unique, isolated treponemes with bovine digital dermatitis lesions. *Journal of Clinical Microbiology*, 47 (3), 689–696. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.01914-08>
- Evans, N.J., Brown, J.M., Hartley, C., Smith, R.F. & Carter, S.D. (2012a). Antimicrobial susceptibility testing of bovine digital dermatitis treponemes identifies macrolides for in vivo efficacy testing. *Veterinary Microbiology*, 160 (3), 496–500. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2012.06.001>
- Evans, N.J., Timofte, D., Isherwood, D.R., Brown, J.M., Williams, J.M., Sherlock, K., Lehane, M.J., Murray, R.D., Birtles, R.J., Anthony Hart, C. & Carter, S.D. (2012b). Host and environmental reservoirs of infection for bovine digital dermatitis treponemes. *Veterinary Microbiology*, 156 (1), 102–109. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2011.09.029>
- Farooq, S., Wani, S.A., Hussain, I. & Bhat, M.A. (2010). Prevalence of ovine footrot in Kashmir, India and molecular characterization of *Dichelobacter nodosus*. *Indian Journal of Animal Sciences*, 80 (9), 826–830.
- Forbes, A.B., Strobel, H., Straphoj, I. (2014). Field studies on the elimination of footrot in sheep through whole flock treatments with gamithromycin. *Veterinary Record*, 174 (6), 146. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.102028>
- Friedrich, C., Moors, E. & Gauly, M. (2012). Die Bedeutung der Moderhinke – Eine Umfrage in Deutschland, Österreich und der Schweiz. *Züchtungskunde*, 84 (3), 250–259.

- Frosth, S. (2016). *Dichelobacter nodosus and Footrot in Swedish Sheep*. Diss. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences. <https://res.slu.se/id/publ/77784>
- Frosth, S., König, U., Nyman, A.-K. & Aspán, A. (2017). Sample pooling for real-time PCR detection and virulence determination of the footrot pathogen *Dichelobacter nodosus*. *Veterinary Research Communications*, 41 (3), 189–193. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11259-017-9686-9>
- Frosth, S., König, U., Nyman, A.-K., Pringle, M. & Aspán, A. (2015). Characterisation of *Dichelobacter nodosus* and detection of *Fusobacterium necrophorum* and *Treponema* spp in sheep with different clinical manifestations of footrot. *Veterinary Microbiology*, 179 (1), 82–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.02.034>
- Frosth, S., Slettemeås, J.S., Jørgensen, H.J., Angen, Ø. & Aspán, A. (2012). Development and comparison of a real-time PCR assay for detection of *Dichelobacter nodosus* with culturing and conventional PCR: harmonisation between three laboratories. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 54 (1), 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-54-6>
- Graham, N.P.H. & Egerton, J.R. (1968). Pathogenesis of ovine foot-rot: The role of some environmental factors. *Australian Veterinary Journal*, 44 (5), 235–240. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1968.tb09092.x>
- Green, L. & Clifton, R. (2018). Diagnosing and managing footrot in sheep: an update. *In Practice*, 40 (1), 17–26. DOI: <https://doi.org/10.1136/inp.j4575>
- Green, L.E. & George, T.R.N. (2008). Assessment of current knowledge of footrot in sheep with particular reference to *Dichelobacter nodosus* and implications for elimination or control strategies for sheep in Great Britain. *The Veterinary Journal*, 175 (2), 173–180. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2007.01.014>
- Grogono-Thomas, R., Wilsmore, A.J., Simon, A.J. & Izzard, K.A. (1994). The use of long-acting oxytetracycline for the treatment of ovine footrot. *British Veterinary Journal*, 150 (6), 561–568. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(94\)80041-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(94)80041-3)
- Grøneng, G.M., Green, L.E., Kaler, J., Vatn, S. & Hopp, P. (2014). A longitudinal study of the risks for introduction of severe footrot into sheep flocks in the south west of Norway. *Preventive Veterinary Medicine*, 113 (2), 241–248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2013.11.007>
- Grøneng, G.M., Vatn, S., Kristoffersen, A.B., Nafstad, O. & Hopp, P. (2015). The potential spread of severe footrot in Norway if no elimination programme had been initiated: a simulation model. *Veterinary Research*, 46 (1), 10. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13567-015-0150-y>
- Gupta, R.S. & Sethi, M. (2014). Phylogeny and molecular signatures for the phylum Fusobacteria and its distinct subclades. *Anaerobe*, 28, 182–198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2014.06.007>
- Gurung, R.B., Tshering, P., Dhungyel, O.P. & Egerton, J.R. (2006). Distribution and prevalence of footrot in Bhutan. *Veterinary Journal*, 171 (2), 346–351. DOI:

- Grönvall, A., (2022), *Lantbrukets djur i juni 2022*, Jönköping: Jordbruksverket.
Tillgänglig: <https://jordbruksverket.se/om-jordbruksverket/jordbruksverkets-officiella-statistik/jordbruksverkets-statistikrapporter/statistik/2022-10-14-lantbrukets-djur-i-juni-2022#h-Far> [2022-12-06]
- Gård & Djurhälsan (2022a). *Klövkontrollen hos får*. Sverige: Gård & Djurhälsan.
Tillgänglig: <https://www.gardochdjurhalsan.se/nationellt-ansvar/kontroll-overvakningsprogram/klovkontrollen-hos-far/> [2022-09-29]
- Gård & Djurhälsan (2022b). *Plan och riktlinjer för organiserad frivillig övervakning avseende fotröta och smittsam digital dermatit hos får* (Klövkontrollen). Sverige: Gård & Djurhälsan. Tillgänglig: <https://www.gardochdjurhalsan.se/wp-content/uploads/2022/06/klovkontrollen-pr-2019-08-23-inkl-bilagor-uppdaterad-2022-04-01.pdf> [2022-10-24]
- Gård & Djurhälsan (2021). *Fotbad för sanering av fotröta*. Sverige: Gård & Djurhälsan.
Tillgänglig: <https://www.gardochdjurhalsan.se/fotbad-for-sanering-av-fotrota/> [2022-09-20]
- Hagawane, S.D. (2012). Prevalence and therapeutic management of footrot in sheep from Sholapur district of Maharashtra. *Veterinary Practitioner*, 13 (1), 2
- Han, X., Kennan, R.M., Davies, J.K., Reddacliff, L.A., Dhungyel, O.P., Whittington, R.J., Turnbull, L., Whitchurch, C.B. & Rood, J.I. (2008). Twitching motility is essential for virulence in *Dichelobacter nodosus*. *Journal of Bacteriology*, 190 (9), 3323–3335. DOI: <https://doi.org/10.1128/JB.01807-07>
- Haq, M.M., Rahman, M.M., Rana, S., Khatun, M. & Samaddar, K. (2014). Prevalence of ovine footrot in Brahmaputra Chars (shoals) in Mymensingh. *Bangladesh Veterinarian*, 31 (2), 74–83. DOI: <https://doi.org/10.3329/bvet.v31i2.27688>
- Harwood, D.G., Cattell, J.H., Lewis, C.J. & Naylor, R. (1997). Virulent foot rot in sheep. *The Veterinary Record*, 140 (26), 687.
- Hickford, J., Davies, S., Zhou, H. & Gudex, B. (2005). A survey of the control and financial impact of footrot in the New Zealand Merino industry. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 65, 117-122
- Hidber, T., Pauli, U., Steiner, A. & Kuhnert, P. (2020). In vitro and ex vivo testing of alternative disinfectants to currently used more harmful substances in footbaths against *Dichelobacter nodosus*. *PLoS ONE*, 15 (2). DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229066>
- Hofstad, T. (2006). The Genus *Fusobacterium*. I: Dworkin, M., Falkow, S., Rosenberg, E., Schleifer, K.-H., & Stackebrandt, E. (red.) *The Prokaryotes*. New York, NY: Springer. 1016–1027. DOI: https://doi.org/10.1007/0-387-30747-8_51
- Hunt, J.D., Jackson, D.C., Brown, L.E., Wood, P.R. & Stewart, D.J. (1994). Antigenic competition in a multivalent foot rot vaccine. *Vaccine*, 12 (5), 457–464. DOI: [https://doi.org/10.1016/0264-410X\(94\)90125-2](https://doi.org/10.1016/0264-410X(94)90125-2)

- Jelinek, P., Depiazzi, L., Galvin, D., Spicer, I., Palmer, M. & Pitman, D. (2001). Eradication of ovine footrot by repeated daily footbathing in a solution of zinc sulphate with surfactant. *Australian Veterinary Journal*, 79 (6), 431–434. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.2001.tb12991.x>
- Jensen, A., Kristensen, L.H. & Prag, J. (2007). Detection of *Fusobacterium necrophorum* subsp. *funduliforme* in tonsillitis in young adults by real-time PCR. *Clinical Microbiology and Infection*, 13 (7), 695–701. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-0691.2007.01719.x>
- Jordan, D., Plant, J., Nicol, H., Jessep, T. & Scrivener, C. (1996). Factors associated with the effectiveness of antibiotic treatment for ovine virulent footrot. *Australian Veterinary Journal*, 73 (6), 211–215. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1996.tb10037.x>
- Jordbruksverket (2022), *Antal baggar och tackor efter län. År 2022*. Jordbruksverkets statistiskdatabas. (Intern referenskod: JO0103F01) Tillgänglig: https://statistik.sjv.se/PXWeb/pxweb/sv/Jordbruksverkets%20statistikdatabas/Jordbruksverkets%20statistikdatabas__Lantbrukets%20djur__Lantbruksdjur%20i%20juni/JO0103F01.px/table/tableViewLayout1/?rxid=5adf4929-f548-4f27-9bc9-78e127837625 [2022-10-26]
- Kampen, A.H., Moldal, T., Vatn, S., Tarpai, A. (2021). *The surveillance programme for footrot in Norway 2020*. (Surveillance program report 15-2021). Oslo: Veterinærinstituttet 2021. Tillgänglig: [2022-10-20]
- Kennan, R.M., Gilhuus, M., Frosth, S., Seemann, T., Dhungyel, O.P., Whittington, R.J., Boyce, J.D., Powell, D.R., Aspán, A., Jørgensen, H.J., Bulach, D.M. & Rood, J.I. (2014). Genomic evidence for a globally distributed, bimodal population in the ovine footrot pathogen *Dichelobacter nodosus*. *mBio*, 5 (5). DOI: <https://doi.org/10.1128/mBio.01821-14>
- Kennan, R.M., Wong, W., Dhungyel, O.P., Han, X., Wong, D., Parker, D., Rosado, C.J., Law, R.H.P., McGowan, S., Reeve, S.B., Levina, V., Powers, G.A., Pike, R.N., Bottomley, S.P., Smith, A.I., Marsh, I., Whittington, R.J., Whisstock, J.C., Porter, C.J. & Rood, J.I. (2010). The subtilisin-like protease AprV2 is required for virulence and uses a novel disulphide-tethered exosite to bind substrates. *PLoS Pathogens*, 6 (11), e1001210. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1001210>
- Kimberling, C.V. & Ellis, R.P. (1990). Advances in the control of foot rot in sheep. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 6 (3), 671–681. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0749-0720\(15\)30839-2](https://doi.org/10.1016/S0749-0720(15)30839-2)
- Klitgaard, K., Nielsen, M.W., Ingerslev, H.-C., Boye, M. & Jensen, T.K. (2014). Discovery of bovine digital dermatitis-associated *Treponema* spp in the dairy herd environment by a targeted deep-sequencing approach. *Applied and Environmental Microbiology*, 80 (14), 4427–4432. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.00873-14>
- Knappe-Poindecker, M., Gilhuus, M., Jensen, T.K., Vatn, S., Jørgensen, H.J. & Fjeldaas, T. (2014a). Cross-infection of virulent *Dichelobacter nodosus* between sheep and co-

- grazing cattle. *Veterinary Microbiology*, 170 (3), 375–382. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2014.02.044>
- Knappe-Poindecker, M., Jørgensen, H.J., Jensen, T.K., Tesfamichael, B., Ulvund, M.J., Vatn, S. & Fjeldaas, T. (2014b). Experimental infection of sheep with ovine and bovine *Dichelobacter nodosus* isolates. *Small Ruminant Research*, 121 (2), 411–417. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.021>
- König, U., Nyman, A.-K.J. & de Verdier, K. (2011). Prevalence of footrot in Swedish slaughter lambs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 53 (1), 27. DOI: <https://doi.org/10.1186/1751-0147-53-27>
- Locher, I., Giger, L., Frosth, S., Kuhnert, P. & Steiner, A. (2018). Potential transmission routes of *Dichelobacter nodosus*. *Veterinary Microbiology*, 218, 20–24. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2018.03.024>
- Moore, L.J., Wassink, G.J., Green, L.E. & Grogono-Thomas, R. (2005a). The detection and characterisation of *Dichelobacter nodosus* from cases of ovine footrot in England and Wales. *Veterinary Microbiology*, 108 (1), 57–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.01.029>
- Moore, L.J., Woodward, M.J. & Grogono-Thomas, R. (2005b). The occurrence of treponemes in contagious ovine digital dermatitis and the characterisation of associated *Dichelobacter nodosus*. *Veterinary Microbiology*, 111 (3), 199–209. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2005.10.016>
- Moore-Jones, G., Ardüser, F., Dürr, S., Gobeli Brawand, S., Steiner, A., Zanolari, P. & Ryser-Degiorgis, M.-P. (2020). Identifying maintenance hosts for infection with *Dichelobacter nodosus* in free-ranging wild ruminants in Switzerland: A prevalence study. *PloS One*, 15 (1), e0219805. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0219805>
- MSD Animal Health UK (2021). *Summary of product characteristics - Footvax*. [Produktresumé] Milton Keynes: MSD Animal Health UK. Tillgänglig: https://www.vmd.defra.gov.uk/productinformationdatabase/files/SPC_Documents/SPC_142559.PDF [2022-10-31]
- Muzafar, M., Calvo-Bado, L.A., Green, L.E., Smith, E.M., Russell, C.L., Grogono-Thomas, R. & Wellington, E.M.H. (2015). The role of the environment in transmission of *Dichelobacter nodosus* between ewes and their lambs. *Veterinary Microbiology*, 179 (1), 53–59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.vetmic.2015.04.010>
- Muzafar, M., Green, L.E., Calvo-Bado, L.A., Tichauer, E., King, H., James, P. & Wellington, E.M.H. (2016). Survival of the ovine footrot pathogen *Dichelobacter nodosus* in different soils. *Anaerobe*, 38, 81–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anaerobe.2015.12.010>
- Myers, G.S.A., Parker, D., Al-Hasani, K., Kennan, R.M., Seemann, T., Ren, Q., Badger, J.H., Selengut, J.D., DeBoy, R.T., Tettelin, H., Boyce, J.D., McCarl, V.P., Han, X., Nelson, W.C., Madupu, R., Mohamoud, Y., Holley, T., Fedorova, N., Khouri, H.,

- Bottomley, S.P., Whittington, R.J., Adler, B., Songer, J.G., Rood, J.I. & Paulsen, I.T. (2007). Genome sequence and identification of candidate vaccine antigens from the animal pathogen *Dichelobacter nodosus*. *Nature Biotechnology*, 25 (5), 569–575. Nature Publishing Group. DOI: <https://doi.org/10.1038/nbt1302>
- Naylor, R., Martin, P., Jones, J. & Burnell, M. (1998). Isolation of spirochaetes from an incident of severe virulent ovine footrot. *The Veterinary Record*, 143, 690–1. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.143.25.690>
- Olofsson, A., Bergsten, C. & Björk Averpil, H. (2005). Smittsam klövsjukdom hos får diagnostiserad för första gången i Sverige (Infectious claw disease diagnosed for the first time in Sweden). *Svensk Veterinärtidning*, 2005 (11), 11–14.
- Ortolani EL, Antonelli AC, de Souza Sarkis JE. (2004). Acute sheep poisoning from a copper sulfate footbath. *Veterinary and Human Toxicology*, 46 (6), 315–8. Tillgänglig: <http://repositorio.ipen.br/bitstream/handle/123456789/7620/10981.pdf?sequence=1> [2022-09-20]
- Parte, A.C., Sardà Carbasse, J., Meier-Kolthoff, J.P., Reimer, L.C. and Göker, M. (2020). List of Prokaryotic names with Standing in Nomenclature (LPSN) moves to the DSMZ. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 70, 5607–5612; DOI: [10.1099/ijsem.0.004332](https://doi.org/10.1099/ijsem.0.004332) Tillgänglig: [2023-01-02]
- Píriz, S., Pobel, T., Jiménez, R., Mateos, E.M., Martín-Palomino, P., Vila, P. & Vadillo, S. (2001). Comparison of erythromycin and oxytetracycline for the treatment of ovine footrot. *Acta Veterinaria Hungarica*, 49 (2), 131–139. DOI: <https://doi.org/10.1556/004.49.2001.2.2>
- Reed, G. & Alley, D. (1996). Efficacy of a novel copper-based footbath preparation for the treatment of ovine footrot during the spread period. *Australian Veterinary Journal*, 74 (5), 375–382. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1996.tb15449.x>
- Roberts, D.S. & Egerton, J.R. (1969). The aetiology and pathogenesis of ovine foot-rot: II. The pathogenic association of *Fusiformis nodosus* and *F. necrophorus*. *Journal of Comparative Pathology*, 79 (2), 217–227. DOI: [https://doi.org/10.1016/0021-9975\(69\)90008-5](https://doi.org/10.1016/0021-9975(69)90008-5)
- Rood, J.I., Stewart, D.J., Vaughan, J.A. & Dewhirst, F.E. (2015). *Dichelobacter*. I: Whitman, W.B. (red.) *Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*. John Wiley & Sons, Ltd. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm01102>
- Rosander, A., Albinsson, R., König, U., Nyman, A. & Frosth, S. (2022). Prevalence of bacterial species associated with ovine footrot and contagious ovine digital dermatitis in Swedish slaughter lambs. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 64 (1), 6. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-022-00625-2>
- Sayers, G., Marques, P.X., Evans, N.J., O'Grady, L., Doherty, M.L., Carter, S.D. & Nally, J.E. (2009). Identification of spirochetes associated with contagious ovine digital dermatitis. *Journal of Clinical Microbiology*, 47 (4), 1199–1201. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.01934-08>

- Schwartzkoff, C., Egerton, J., Stewart, D., Lehrbach, P., Elleman, T. & Hoyne, P. (1993). The effects of antigenic competition on the efficacy of multivalent footrot vaccines. *Australian Veterinary Journal*, 70 (4), 123–126. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1993.tb06101.x>
- Scott, P. (2010). Chronic contagious ovine digital dermatitis-like lesions in a Scottish flock. *Livestock*, 15 (3), 32–35. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.2044-3870.2010.tb00282.x>
- Shinjo, T., Fujisawa, T. & Mitsuoka, T. 1991 (1991). Proposal of two subspecies of *Fusobacterium necrophorum* (Flügge) Moore and Holdeman: *Fusobacterium necrophorum* subsp. *necrophorum* subsp. nov., nom. rev. (ex Flügge 1886), and *Fusobacterium necrophorum* subsp. *funduliforme* subsp. nov., nom. rev. (ex Hallé 1898). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 41 (3), 395–397. DOI: <https://doi.org/10.1099/00207713-41-3-395>
- Smibert, R. M. (1984). Genus III *Treponema*. I: Krieg, N.R. & Holt, J.G. (reds.) *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology*, 1. Baltimore: Williams and Wilkins. 49-57.
- Sreenivasulu, D., Vijayalakshmi, S., Raniprameela, D., Karthik, A., Wani, S.A. & Hussain, I. (2013). Prevalence of ovine footrot in the tropical climate of southern India and isolation and characterisation of *Dichelobacter nodosus*. *Revue scientifique et technique (International Office of Epizootics)*, 32 (3), 869–877. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1993.tb06101.x>
- Statistiska centralbyrån (2020a), *Öppna geodata för tätorter*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/vara-tjanster/oppna-data/oppna-geodata/tatorter/> [2022-10-26]
- Statistiska centralbyrån (2020b), *Digitala gränser*. Tillgänglig: <https://www.scb.se/hitta-statistik/regional-statistik-och-kartor/regionala-indelningar/digitala-granser/> [2022-10-26]
- Staton, G.J., Angell, J.W., Grove-White, D., Clegg, S.R., Carter, S.D., Evans, N.J. & Duncan, J.S. (2021). Contagious ovine digital dermatitis: A novel bacterial etiology and lesion pathogenesis. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 722461. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.722461>
- Stewart, D.J.; Claxton, P.D. (1993). Ovine footrot: clinical diagnosis and bacteriology. In: Corner, L.A.; Bagust, T.J. (red.) *Australian Standard Diagnostic Techniques for Animal Diseases*. East Melbourne, Vic: CSIRO. <http://hdl.handle.net/102.100.100/241771?index=1>
- Storms, J., Wirth, A., Vasiliadis, D., Brodard, I., Hamann-Thoelken, A., Ambros, C., Moog, U., Jores, J., Kuhnert, P. & Distl, O. (2021). Prevalence of *Dichelobacter nodosus* and ovine footrot in German sheep flocks. *Animals*, 11 (4), 1102. DOI: <https://doi.org/10.3390/ani11041102>
- Strub, S., Van Der Ploeg, J.R., Nuss, K., Wyss, C., Luginbühl, A. & Steiner, A. (2007). Quantitation of *Guggenheimella bovis* and treponemes in bovine tissues related to digital dermatitis. *FEMS Microbiology Letters*, 269 (1), 48–53. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2006.00604.x>

- Stäuble, A., Steiner, A., Frey, J. & Kuhnert, P. (2014). Simultaneous detection and discrimination of virulent and benign *Dichelobacter nodosus* in sheep of flocks affected by foot rot and in clinically healthy flocks by competitive real-time PCR. *Journal of Clinical Microbiology*, 52 (4), 1228–1231. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.03485-13>
- Sullivan, L.E., Blowey, R.W., Carter, S.D., Duncan, J.S., Grove-White, D.H., Page, P., Iveson, T., Angell, J.W. & Evans, N.J. (2014). Presence of digital dermatitis treponemes on cattle and sheep hoof trimming equipment. *Veterinary Record*, 175 (8), 201. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.102269>
- Sullivan, L.E., Carter, S.D., Duncan, J.S., Grove-White, D.H., Angell, J.W. & Evans, N.J. (2015c). The gastrointestinal tract as a potential infection reservoir of digital dermatitis-associated treponemes in beef cattle and sheep. *Applied and Environmental Microbiology*, 81 (21), 7460–7469. DOI: <https://doi.org/10.1128/AEM.01956-15>
- Sullivan, L.E., Clegg, S.R., Angell, J.W., Newbrook, K., Blowey, R.W., Carter, S.D., Bell, J., Duncan, J.S., Grove-White, D.H., Murray, R.D. & Evans, N.J. (2015b). High-level association of bovine digital dermatitis *Treponema* spp with contagious ovine digital dermatitis lesions and presence of *Fusobacterium necrophorum* and *Dichelobacter nodosus*. *Journal of Clinical Microbiology*, 53 (5), 1628–1638. DOI: <https://doi.org/10.1128/JCM.00180-15>
- Sullivan, L.E., Evans, N.J., Clegg, S.R., Carter, S.D., Horsfield, J.E., Grove-White, D. & Duncan, J.S. (2015a). Digital dermatitis treponemes associated with a severe foot disease in dairy goats. *Veterinary Record*, 176 (11), 283–283. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.102858>
- SVA (2021). *Surveillance of infectious diseases in animals and humans in Sweden 2021*, National Veterinary Institute (SVA), Uppsala, Sweden. SVA:s rapportserie 79 1654-7098. Tillgänglig: <https://www.sva.se/media/8da52a1634b3c6f/surveillancerapporten-2021.pdf> [2022-09-29]
- SVS (2014). *Sveriges Veterinärmedicinska Sällskaps riktlinjer för antibiotikaanvändning till får och get*. Eskilstuna: Sveriges Veterinärmedicinska Sällskap, Husdjurssektionen. Tillgänglig: <https://www.svf.se/media/2oin25e5/svfs-riktlinje-g%C3%A4llande-antibiotika-till-f%C3%A5r-och-get.pdf> [2022-09-20]
- Tan, Z.L., Nagaraja, T.G. & Chengappa, M.M. (1996). *Fusobacterium necrophorum* infections: Virulence factors, pathogenic mechanism and control measures. *Veterinary Research Communications*, 20 (2), 113–140. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF0038-5634>
- Tegtmeyer, P.C., Staton, G.J., Evans, N.J., Rohde, J., Punsmann, T.M. & Ganter, M. (2020). First cases of contagious ovine digital dermatitis in Germany. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 62 (1), 46. DOI: <https://doi.org/10.1186/s13028-020-00544-0>
- Venning, C., Curtis, M. & Egerton, J. (1990). Treatment of virulent footrot with lincomycin and spectinomycin. *Australian Veterinary Journal*, 67 (7), 258–260. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1990.tb07781.x>

- Walker, R.L., Read, D.H., Loretz, K.J. & Nordhausen, R.W. (1995). Spirochetes isolated from dairy cattle with papillomatous digital dermatitis and interdigital dermatitis. *Veterinary Microbiology*, 47 (3), 343–355. DOI: [https://doi.org/10.1016/0378-1135\(95\)00114-X](https://doi.org/10.1016/0378-1135(95)00114-X)
- Wassink, G.J., Grogono-Thomas, R., Moore, L.J. & Green, L.E. (2003). Risk factors associated with the prevalence of footrot in sheep from 1999 to 2000. *Veterinary Record*, 152 (12), 351–358. DOI: <https://doi.org/10.1136/vr.152.12.351>
- Wassink, G.J., King, E.M., Grogono-Thomas, R., Brown, J.C., Moore, L.J. & Green, L.E. (2010). A within farm clinical trial to compare two treatments (parenteral antibacterials and hoof trimming) for sheep lame with footrot. *Preventive Veterinary Medicine*, 96 (1), 93–103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2010.05.006>
- Whittington, R. (1995). Observations on the indirect transmission of virulent ovine footrot in sheep yards and its spread in sheep on unimproved pasture. *Australian Veterinary Journal*, 72 (4), 132–134. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1751-0813.1995.tb15032.x>
- Winter, A. (2004). Lameness in sheep 1. Diagnosis. *In Practice*, 26 (2), 58–63. DOI: <https://doi.org/10.1136/inpract.26.2.58>
- Winter, A.C. (2008). Lameness in sheep. *Small Ruminant Research*, 76 (1), 149–153. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2007.12.008>
- Winter, A.C. (2009). Footrot control and eradication (elimination) strategies. *Small Ruminant Research*, 86 (1), 90–93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2009.09.026>
- Winter, A.C. (2011). Treatment and control of hoof disorders in sheep and goats. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 27 (1), 187–192. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2010.10.018>
- Winter, J.R., Kaler, J., Ferguson, E., KilBride, A.L. & Green, L.E. (2015). Changes in prevalence of, and risk factors for, lameness in random samples of English sheep flocks: 2004–2013. *Preventive Veterinary Medicine*, 122 (1), 121–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2015.09.014>
- Witcomb, L.A., Green, L.E., Kaler, J., Ul-Hassan, A., Calvo-Bado, L.A., Medley, G.F., Grogono-Thomas, R. & Wellington, E.M.H. (2014). A longitudinal study of the role of *Dichelobacter nodosus* and *Fusobacterium necrophorum* load in initiation and severity of footrot in sheep. *Preventive Veterinary Medicine*, 115 (1), 48–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2014.03.004>
- Zanolari, P., Dürr, S., Jores, J., Steiner, A. & Kuhnert, P. (2021). Ovine footrot: A review of current knowledge. *The Veterinary Journal*, 271, 105647. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2021.105647>

Populärvetenskaplig sammanfattning

Denna studie har undersökt förekomsten av två smittsamma klövsjukdomar hos får i Sverige: Fotröta och smittsam digital dermatit, där den senare vanligen kallas för ”Codd” (Contagious ovine digital dermatitis). Fotröta är vida spridd världen över och orsakar en djupgående inflammation i huden mellan klövhalvorna. Om inflammationen får fortgå kan den senare orsaka skada på vävnaden under klövhornet så att klövkapseln till sist kan lossna från underliggande vävnad. Codd har ännu bara påträffats i ett fåtal länder och orsakar också den en inflammation. Men inflammationen börjar i kronranden, det vill säga i övergången mellan päls och klöv. Därefter sprider den sig i riktning mot marken under klövhornet och kan också orsaka en klövkapselavlossning.

Fotröta uppstår till följd av att bakterien *Dichelobacter nodosus* infekterar klöven. *D. nodosus* förekommer på klövar hos djur som har fotröta och den överlever inte länge i miljön utan värdjur. Inflammationen kan förvärras vid en blandinfektion med en annan bakterie såsom *Fusobacterium necrophorum*. Denna överlever inte heller länge utanför värdjuret och återfinns också på fotrötedrabbade klövar samt i vissa djurs mag-tarmkanal. Bakgrunden till varför Codd utvecklas är ännu okänd. Studier pekar dock på att sjukdomsorsaken kan vara relaterad till bakterier ur bakteriesläktet *Treponema*.

År 2004 upptäcktes det första fallet av fotröta hos får i Sverige och år 2009 utfördes en studie för att undersöka förekomsten av fotröta i landet. Det framkom då att förekomsten var 5,8 %. I en uppföljande studie år 2020 var förekomsten 1,8 %. Dessa två studier baserades på undersökningar och provtagningar från klövar från döda slaktlamm som skickats in från olika slakterier i landet. År 2019 och 2020 påträffades och dokumenterades de första två fallen av Codd i Sverige men sedan dess har inga ytterligare fall av Codd konstaterats i landet. Syftet med detta arbete var att göra en uppföljande studie för att undersöka om det finns någon skillnad i förekomsten av sjukdomarna hos vuxna får och lamm i Sverige.

Foton på klövar och prover från 297 djur från totalt 99 besättningar samlades in under hösten 2022. Klövfotona bedömdes visuellt utifrån kriterier för de båda sjukdomarna och med hjälp av PCR analyserades proverna med avseende på

D. nodosus, *F. necrophorum* samt *Treponema*-arter. De *D. nodosus* som påträffades analyserades ytterligare en gång för att kunna bestämma om dessa tillhörde godartade eller elakartade stammar av bakterien. På liknande sätt analyserades de prover där *F. necrophorum* påträffats en till gång för att se om de tillhörde den mildare underarten *funduliforme* eller den mer aggressiva underarten *necrophorum*. Även de prover som var positiva för bakterier ur släktet *Treponema* analyserades ytterligare en gång för att se om de arter som specifikt associeras med CODD kunde påvisas.

Resultaten i denna studie visade att förekomsten av fotröta var 0,7 % på individnivå, och 2,0 % på besättningsnivå. Vid jämförelse mellan denna studie och den som utfördes 2020 med avseende på förekomst av fotröta så kunde ingen signifikant skillnad ses. Detta tyder på att det inte föreligger någon skillnad i förekomst av fotröta mellan vuxna får och lamm. Dock skiljer sig metoden för insamling av material åt i dessa två studier, varför detta resultat bör betraktas med viss försiktighet. Förekomsten av *D. nodosus* (5,7 %) på individnivå och 9,1 % på besättningsnivå skiljde sig heller inte nämnvärt från den senaste studien. Samtliga stammar av *D. nodosus* som påvisades i studien var godartade. Individ- och besättningsförekomsten för *F. necrophorum* var också låga, 1,3 % respektive 3,0 %. Endast den mildare underarten *funduliforme* av *F. necrophorum* kunde påvisas. Individförekomsten av *Treponema*-arter var i likhet med studien från år 2020 hög och uppgick till 65,0 % och besättningsförekomsten var 83,0 %. Dock kunde inga av de arter som specifikt associeras med CODD påvisas. Inget fall av CODD påvisades i denna studie.

Sammanfattningsvis kan sägas att förekomsten för fotröta, elakartade stammar av *D. nodosus* och CODD är låg i landet och allt som allt ser läget gynnsamt ut, men ett fortsatt arbete med spridning av information om sjukdomarna, kontrollprogram och saneringsåtgärder krävs för att upprätthålla detta.

Tack

Jag vill tacka min fantastiskt stöttande handledare Sara Frosth och min biträdande handledare Anna Rosander som båda har hjälpt mig att ta mina första stapplande steg in i forskarvärlden. Jag vill även rikta ett stort tack till Ulrika König som inte tvekat med att svara på mina många frågor och till sist vill jag även tacka alla fårägare som bidragit med bilder, prover och tid som har gjort denna studie möjlig!

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. **Som student äger du upphovsrätten** till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Även om du inte publicerar fulltexten kommer den arkiveras digitalt. Om fler än en person har skrivit arbetet gäller krysset för samtliga författare. Läs om SLU:s publiceringsavtal här:

- <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag ger härmed min tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag ger inte min tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.