

Toepassing van draadloze afrastering (virtual fencing) op praktijkbedrijven: bescherming van slootkanten, beperking van vertrapping en effecten op dierenwelzijn

Pedro Janssen, Gerbrich Bonekamp, Monique Bestman



© 2026 Louis Bolk Instituut, Bunnik

Toepassing van draadloze afrastering (virtual fencing) op
praktijkbedrijven: bescherming van slootkanten, beperking van
vertrapping en effecten op dierenwelzijn

Pedro Janssen, Gerbrich Bonekamp, Monique Bestman

42 pagina's

Publicatienummer: 2026-7386-LbD

Dit rapport is opgesteld door Louis Bolk Instituut en Wageningen
Livestock Research in opdracht van het Veenweiden
Innovatiecentrum. Het is gefinancierd door het ministerie van
Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, in het kader van
VIPNL-project 'Dynamisch Draadloos Weiden' (1400012904).
<https://vip-nl.nl/>

Deze publicatie is beschikbaar via
www.louisbolk.nl/publicaties

www.louisbolk.nl
info@louisbolk.nl
T 0343 523 860
Kosterijland 3-5
3981 AJ Bunnik

Inhoud

1 Samenvatting	3
2 Summary	5
3 Inleiding	7
3.1 Leeswijzer	7
4 Biodiversiteit en vertrapping	8
4.1 Introductie	8
4.2 Onderzoeksvragen	8
4.3 Materiaal en methoden – Vertrapping KTC Zegveld	9
4.4 Materiaal en methoden – Biodiversiteit slootkanten Reeuwijk	12
4.5 Resultaten - Vertrapping KTC Zegveld	15
4.6 Resultaten - Biodiversiteit slootkanten Reeuwijk	20
4.7 Discussie – Biodiversiteit slootkanten en vertrapping	25
5 Diergedrag en dierenwelzijn	28
5.1 Introductie	28
5.2 Materialen en methoden – diergedrag en dierenwelzijn	29
5.3 Resultaten – diergedrag en dierenwelzijn	32
5.4 Discussie – diergedrag en dierenwelzijn	35
6 Conclusie en aanbevelingen	38
6.1 Conclusie	38
6.2 Aanbevelingen	38
7 Dankwoord	39
8 Literatuur	40
Bijlage 1	42

1 Samenvatting

Dit rapport beschrijft de praktijkproeven die in 2025 zijn uitgevoerd binnen het project *Dynamisch draadloos weiden* naar de inzet van draadloze afrastering op twee melkveebedrijven in het veenweidegebied: een biologisch melkveebedrijf in Reeuwijk en proefbedrijf KTC Zegveld. Het onderzoek richtte zich op twee hoofdvragen. Ten eerste is onderzocht in hoeverre draadloze afrastering kan worden gebruikt om kwetsbare delen van percelen, zoals slootkanten en greppels, te beschermen tegen begrazing en vertrapping. Ten tweede is in Zegveld gekeken of de toepassing van draadloze afrastering onder praktijkomstandigheden aanwijzingen gaf voor veranderingen in diergedrag of dierenwelzijn.

In Reeuwijk stond de bescherming van slootkanten centraal. Daar is onderzocht in hoeverre slootkanten op verschillende afstanden van de waterlijn konden worden uitgerasterd en hoe breed een drinkplaats in een uitgerasterde slootkant moest zijn om door koeien bruikbaar te blijven. In fase 1 werden uitrasteringsafstanden van 0, 1, 2, 3 en 4 meter vanaf de waterlijn vergeleken. In fase 2 werd de slootkant op 3 meter afstand uitgerasterd, met open drinkplaatsen van 2, 4, 8 en 12 meter breed. De resultaten laten zien dat het gebruik van de slootkant afnam naarmate de draadloze afrastering verder van de waterlijn werd geplaatst. Bij 2 meter was al sprake van een duidelijke afname in het aantal locaties in de slootkantzone, terwijl bij 3 en vooral 4 meter de zekerheid van uitsluiting verder toenam. Dit patroon werd niet alleen zichtbaar in de locatiedata, maar ook in de mate van vertrapping, het aantal mestflatten en de visuele beoordeling van de slootkant na beweiding. Tegelijkertijd bleek dat ook bij 4 meter nog incidenteel gebruik van de slootkant voorkwam. De resultaten laten daarmee zien dat draadloze afrastering goed kan worden gebruikt om het gebruik van slootkanten sterk te verminderen, maar dat volledige uitsluiting niet vanzelfsprekend is en afhangt van de gewenste mate van zekerheid.

De proeven met drinkplaatsen lieten zien dat een drinkplaats van 12 meter breed onder de onderzochte omstandigheden het duidelijkst door koeien werd gebruikt. Smallere drinkplaatsen van 2, 4 en 8 meter werden minder benut en lieten onderling geen eenduidig patroon zien. Tegelijkertijd ging de brede drinkplaats gepaard met duidelijke vertrapping in de slootkant. Dat wijst erop dat het combineren van bescherming van slootkanten met drinkwateropname langs de sloot tot nieuwe knelpunten kan leiden. De resultaten suggereren daarom dat, wanneer bescherming van slootkanten het primaire doel is, het vaak logischer is om drinkwater anders te organiseren, bijvoorbeeld via een drinkbak of via een drinkplaats op een steviger deel van het perceel. De bevindingen impliceren ook dat het aanbrengen van kleine verschillen in begrazing binnen een slootkant, bijvoorbeeld door afwisselend delen wel en niet uit te rasteren, alleen kansrijk is als die delen voldoende groot zijn. Zeer smalle stroken lijken daarvoor niet robuust genoeg.

In Zegveld stond de bescherming van greppels als natte, vertrappingsgevoelige delen van het perceel centraal. Daar werd telkens de helft van een greppel uitgerasterd met een breedte van 3 meter aan beide zijden, zodat uitgerasterde en niet-uitgerasterde delen binnen hetzelfde perceel rechtstreeks met elkaar konden worden vergeleken. De draagkrachtmetingen lieten zien dat het risico op vertrapping in de loop van het najaar toenam en het hoogst was dicht bij de greppel. Binnen de proefperiode was de herfst echter relatief droog, waardoor de feitelijke vertrapping over het geheel genomen laag bleef. Toch lieten zowel de veldmetingen als de gegevens uit de halsbanden zien dat het uitrasteren van een greppel effect had. In de zones dicht langs de greppel werd minder gras weggegeten en minder vertrapping waargenomen wanneer de greppel was uitgerasterd. Op basis van de locatiedata was het koeverkeer in de zones rondom de uitgerasterde greppels gemiddeld 93% lager dan in de niet-uitgerasterde delen. Volledige uitsluiting werd echter niet bereikt. Vooral op de kopakker bleken koeien geneigd om over te steken, waarschijnlijk omdat een greppel voor koeien minder als een duidelijke grens functioneert dan een sloot en omdat zij daar gewend zijn te passeren. De effectiviteit van de uitrastering van greppels bleek daardoor sterker afhankelijk van de perceelindeling, de intekening van de grens en het gedrag van de dieren dan bij slootkanten. De resultaten laten daarmee zien dat bescherming van greppels mogelijk is, maar minder robuust en sterker ontwerpafhankelijk dan bescherming van slootkanten.

Voor diergedrag en dierenwelzijn zijn in deze proef geen aanwijzingen gevonden dat de toepassing van draadloze afrastering nadelig was. In Zegveld werd onder meer gekeken naar melkcortisol en individuele dierkenmerken, zoals aantal lactaties, plek in de rangorde, positie in de loopvolgorde 's morgens naar de wei en interacties met de draadloze afrastering. Er werden geen eenduidig verklaarbare relaties gevonden tussen dierkenmerken en interactie met de draadloze afrastering, mogelijk door de kleine groepsgrootte, namelijk 20 dieren. Het cortisolgehalte in melk was significant hoger één week na de training en in de periode met het afsluiten van de slootkant dan in de andere periodes. Het cortisolgehalte was echter niet gerelateerd aan het aantal geluidsignalen of schokken dat een dier ontving. Op de eerste twee dagen van de training was het aantal ontvangen schokken het hoogst van de hele onderzoeksperiode, maar het cortisolgehalte was hetzelfde als een week vòòr de training. Daarmee past deze proef in het beeld uit eerder onderzoek: er zijn geen aanwijzingen dat de toepassing van draadloze afrastering onder deze omstandigheden nadelig was voor dierenwelzijn.

Gezamenlijk laten de proeven zien dat draadloze afrastering nu al bruikbaar is om biodiversiteitsdoelen en het beperken van vertrapping te ondersteunen, vooral voor het beschermen van slootkanten. Tegelijkertijd wordt ook duidelijk dat de toepassing gevoeliger wordt naarmate de inrichting complexer wordt. Juist daar ligt waarschijnlijk ook de grootste meerwaarde van draadloze afrastering, maar daarvoor zijn verdere ontwikkeling van de software, betere ontwerprichtlijnen en aanvullende praktijkervaring nodig.

2 Summary

This report presents the 2025 field trials carried out within the project *Dynamisch draadloos weiden* on the use of wireless fencing on two dairy farms in the Dutch peat meadow area: an organic dairy farm near Reeuwijk and the experimental farm KTC Zegveld. The study addressed two main questions. First, it examined to what extent wireless fencing can be used to protect vulnerable parts of grazed fields, such as ditch banks and drainage ditches, against grazing and trampling. Second, at KTC Zegveld it explored whether the use of wireless fencing under practical farm conditions gave any indication of altered behaviour or reduced welfare in dairy cows.

At Reeuwijk, the main focus was the protection of ditch banks. The trial tested whether ditch banks could be excluded at different distances from the waterline and how wide an opening had to be for cows to keep using it as a drinking place. In phase 1, exclusion distances of 0, 1, 2, 3 and 4 metres from the waterline were compared. In phase 2, the ditch bank was excluded at 3 metres from the waterline, with drinking places of 2, 4, 8 and 12 metres width. The results show that ditch-bank use declined as the wireless boundary was placed further away from the waterline. At 2 metres, the number of locations in the ditch-bank zone had already dropped substantially, whereas at 3 and especially 4 metres the certainty of exclusion increased further. The same overall pattern was visible not only in location data, but also in trampling scores, dung counts and visual assessments of the ditch bank after grazing. At the same time, even at 4 metres, some incidental use of the ditch-bank zone still occurred. This indicates that wireless fencing can strongly reduce the use of ditch banks, but that complete exclusion is not guaranteed and depends on the level of certainty required.

The drinking-place experiment showed that under the conditions of this trial a 12-metre opening was most clearly used by the cows. Narrower drinking places of 2, 4 and 8 metres were used less, without a clear consistent ranking among them. However, the wider opening also resulted in obvious trampling in the ditch-bank zone. This suggests that combining ditch-bank protection with direct access to drinking water along the ditch may create new trade-offs. When protecting ditch banks is the main objective, it may therefore be more practical to organise drinking water differently, for example by placing a water trough elsewhere or by positioning a drinking place on a firmer part of the field. The findings also imply that attempts to create small-scale variation in grazing pressure within ditch banks, by excluding some sections and leaving others open, are likely to work only when these sections are large enough. Very narrow strips do not appear robust enough for this purpose.

At KTC Zegveld, the focus was on protecting drainage ditches as wet, trampling-sensitive parts of the field. In each measurement round, one half of a ditch was excluded with a width of 3 metres on both sides, allowing direct comparison between excluded and non-excluded sections within the same field. Measurements of soil bearing capacity showed that trampling risk increased during

autumn and was highest close to the ditch. The autumn itself was relatively dry, so the overall trampling observed remained low. Even so, both field measurements and collar data showed that excluding the ditch had a clear effect. Less grass was removed and less trampling was observed close to the ditch when that section was excluded. Based on location data, cow traffic within the analysed ditch zones was on average 93% lower in excluded sections than in accessible ones. Yet complete exclusion was not achieved. In particular, cows remained inclined to cross on the headland, probably because a ditch is less clearly perceived as a boundary than a ditch bank and because cows are used to crossing at such points. As a result, the effectiveness of excluding drainage ditches depended more strongly on field layout, boundary design and cow behaviour than the protection of ditch banks did. The findings therefore show that protecting ditches is possible, but less robust and more design-dependent than protecting ditch banks.

No indication was found that the use of wireless fencing had a negative effect on animal welfare. At Zegveld, the study assessed milk cortisol, dominance rank, walking order to pasture in the morning and interactions with the wireless boundary. No unambiguously explainable relationships were found between animal characteristics and interaction with the wireless fence, possibly due to the small group size, namely 20 animals. Milk cortisol level was higher one week after training and at exclusion of the ditch bank, compared to other periods. Cortisol however was not related to the number of sound signals or shocks received. On the first two days of the training, the number of shocks received was the highest of the entire study period, but the cortisol level was the same as a week before the training. These findings are therefore in line with earlier studies: under the conditions tested here, no evidence was found that wireless fencing adversely affected animal welfare.

Taken together, the trials show that wireless fencing is already a practical tool for supporting biodiversity goals and reducing trampling, especially for protecting ditch banks. At the same time, the application becomes more sensitive as field design becomes more complex. That complexity probably also represents the main future added value of wireless fencing, but realising that potential will require further software development, better design guidelines and more practical experience.

3 Inleiding

Beweiding staat in het veenweidegebied voor nieuwe opgaven. Door hogere waterpeilen, aandacht voor biodiversiteit en de wens om weidegang praktisch uitvoerbaar te houden, groeit de behoefte aan meer flexibel weidemanagement (Hoekstra et al., 2024). In de praktijk is het echter lastig om de beschikbaarheid van percelen voor de koeien steeds aan te passen aan wisselende omstandigheden, zoals natte zones, slootkanten of andere kwetsbare plekken. Traditionele afrastering is daarbij vaak arbeidsintensief en weinig flexibel.

Draadloze afrastering kan hiervoor nieuwe mogelijkheden bieden (Wätzold et al., 2024). Met deze technologie kunnen grenzen digitaal worden aangepast, waardoor delen van een perceel tijdelijk kunnen worden uitgerasterd of juist weer opengesteld (Campbell et al., 2019). Daarmee lijkt het mogelijk om beweiding beter af te stemmen op de omstandigheden in het perceel en op de doelen van de veehouder, bijvoorbeeld voor het beschermen van kwetsbare zones of het praktischer organiseren van weidegang. Tegelijkertijd roept deze toepassing vragen op over de effectiviteit, nauwkeurigheid en gevolgen voor dierenwelzijn.

Binnen het project "Dynamisch draadloos weiden" wordt daarom onderzocht hoe draadloze afrastering in de Nederlandse praktijk kan worden toegepast. Er is gekeken naar de geschiktheid van draadloze afrastering voor het beschermen van (kunst)weidevogelnesten en greppels (Janssen et al., 2025), de werkbaarheid binnen verschillende beweidingssystemen (Burgers et al., 2025) en effecten op dierenwelzijn (de Bruijn et al., 2024; de Bruijn et al., 2025).

In de huidige rapportage worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar de inzet van draadloze afrastering voor het beschermen van slootkanten en greppels in 2025 op twee melkveebedrijven in het veenweidegebied: één in Reeuwijk en proefbedrijf KTC Zegveld. In Zegveld is ook gekeken naar effecten op gedrag en welzijn van de koeien.

3.1 Leeswijzer

Na deze algemene introductie volgt eerst het hoofdstuk over biodiversiteit en vertrapping, waarna vervolgens wordt ingegaan op diergedrag en -welzijn. Het rapport wordt afgesloten met een algemene discussie, conclusies en aanbevelingen.

4 Biodiversiteit en vertrapping

4.1 Introductie

Een van de verwachte meerwaarden van draadloze afrastering is dat kwetsbare delen van een perceel gerichter en flexibeler kunnen worden ontzien dan met traditionele afrastering. Dat is vooral relevant voor slootkanten en kwetsbare zones, waar begrazing en vertrapping ongewenst kunnen zijn. In het agrarisch natuurbeheer worden slootkanten al langer periodiek ontzien om vegetatie tot bloei te laten komen en daarmee de biodiversiteit te ondersteunen (van Eekeren et al., 2022). Draadloze afrastering kan nieuwe mogelijkheden bieden om dit soort maatregelen flexibeler in te passen in de dagelijkse beweiding, namelijk met minder arbeid. Tegelijkertijd is nog onvoldoende bekend hoe nauwkeurig en effectief dergelijke toepassingen in de praktijk zijn. Binnen dit project is eerder een eerste verkenning uitgevoerd naar het uitrasteren van weidevogelnesten (Janssen et al., 2025). Daaruit bleek dat het technisch mogelijk is om dieren uit een kwetsbare zone te houden, maar ook dat de nauwkeurigheid van de uitsluiting nog beperkingen kende. Bovendien ging het om een kortdurende proef met een relatief kleine groep koeien.

In dit hoofdstuk worden de resultaten gepresenteerd van praktijkonderzoek op twee melkveebedrijven. In Zegveld is onderzocht in hoeverre greppels, als natte, vertrappingsgevoelige delen van een perceel, tijdelijk kunnen worden uitgerasterd. In Reeuwijk is onderzocht in hoeverre slootkanten op verschillende afstanden van de waterlijn kunnen worden uitgerasterd, met als doel de slootkantzone (0–2 m vanaf de waterlijn) te beschermen tegen begrazing en vertrapping. Daarnaast is gekeken hoe breed een drinkplaats in een uitgerasterde slootkant moet zijn om door koeien effectief te worden gebruikt. Daarmee geeft dit hoofdstuk inzicht in de mogelijkheden van draadloze afrastering voor het beschermen van kwetsbare zones in beweidde percelen.

4.2 Onderzoeksvragen

- Hoe effectief is draadloze afrastering in het uitsluiten van vee uit vertrappingsgevoelige zones (bijv. greppels) binnen een perceel?
- Welke uitrasteringsafstand ten opzichte van de waterlijn leidt tot welke mate van uitsluiting van koeien uit de slootkantzone?
- Hoe breed, uitgedrukt in strekkende meters, moet een drinkplaats zijn in een uitgerasterde slootkant om door koeien effectief te worden gebruikt?

4.3 Materiaal en methoden – Vertrapping KTC Zegveld

4.3.1 Draadloze afrastering

Voor de draadloze afrastering is gebruikgemaakt van het Collie-systeem (Collie, 2026). Dit systeem werkt met halsbanden die locaties, beweging en interacties met de draadloze afrastering registreren.

De veehouder tekent in de Collie-app op zijn of haar telefoon of tablet een perceel met draadloze grenzen. Wanneer een koe de grens nadert, ontvangt zij eerst een geluidssignaal. De toonhoogte van dit signaal neemt toe naarmate het dier dichterbij de grens komt. Keert de koe om en loopt zij terug het perceel in, dan stopt het geluidssignaal. Wanneer de koe blijft doorlopen, volgt een schok. Deze schok is lichter dan die van de meeste gangbare schrikdraadsystemen (Collie, persoonlijke informatie). Buiten het toegewezen gebied kunnen maximaal drie schokken achter elkaar worden toegediend. Daarna schakelt de halsband uit en ontvangt de veehouder in de app een melding dat een dier is ontsnapt. Zodra de koe weer binnen de draadloze begrenzing komt, wordt de halsband automatisch opnieuw geactiveerd.

4.3.2 Bedrijf en koeien

De proef naar de uitrastering van greppels werd uitgevoerd aan de Blaarkopkudde op Kennis Transfer Centrum Zegveld. Op dit bedrijf gingen de koeien in mei 2025 naar buiten. Op 16 juni 2025 werden bij 21 koeien Collie-halsbanden omgehangen. Op 13 november 2025 gingen de koeien weer op stal.

Alle 21 koeien waren van het ras Groninger blaarkop en werden gehouden in een extensief bedrijfssysteem. Het gemiddelde aantal lactaties was 3,7 (min. 1, max. 7). Het merendeel van de dieren (19) kalfde in de periode van 29 januari tot en met 10 juli 2025. De dieren werden dagelijks twee keer gemolken met een robot en stonden overdag in de wei. Ze hadden overdag geen vrije toegang tot de robot.

Gedurende de eerste zeven dagen werden de dieren getraind in het gebruik van het systeem. Tijdens deze trainingsperiode leerden de dieren geleidelijk de werking van de draadloze grens kennen. Op de eerste dag werd het perceel aan drie zijden fysiek afgezet met gewoon schrikdraad, dat ze al kenden. De vierde zijde bestond uit gewoon schrikdraad met 2 meter ervoor een draadloze grens. Op die manier konden de koeien leren dat het naderen van de draadloze grens werd aangekondigd met een geluidssignaal en, indien zij doorliepen, gevolgd werd door een schok. In de dagen daarna werd de opzet stapsgewijs aangepast totdat het perceel volledig werd begrensd door draadloze afrastering. Tijdens deze trainingsperiode was personeel van Collie aanwezig om het proces te begeleiden en waar nodig bij te sturen.

4.3.3 Proefopzet

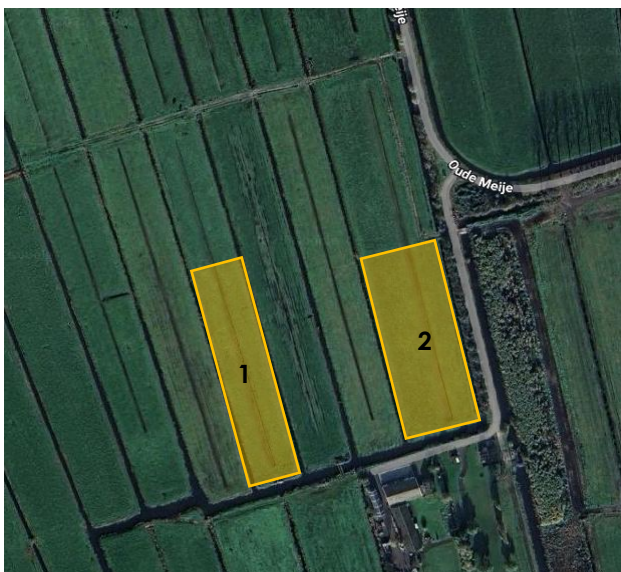
De vertrappingsproef is in het najaar van 2025 uitgevoerd. In deze proef werd onderzocht hoe effectief draadloze afrastering is in het uitrasteren van vertrappingsgevoelige zones in een perceel. Er werden twee percelen geselecteerd waar het risico op vertrapping het grootst was (Figuur 4.1). Dit risico was vooral aanwezig rondom de greppels. Perceel 1 had een actieve greppelinfiltratie en was daardoor in het najaar één van de eerste percelen die nat werd. Perceel 2 bevatte een greppel waarin eveneens snel water bleef staan.

Tijdens de meetrondes werd telkens de helft van de lengte van de greppel uitgerasterd, met een breedte van 3 m aan beide zijden van de greppel, terwijl de andere helft van de greppel toegankelijk bleef voor de koeien (Figuur 4.2). Op deze manier konden uitgerasterde en niet-uitgerasterde delen binnen hetzelfde perceel rechtstreeks met elkaar worden vergeleken. De zones werden tijdens de proefdagen door medewerkers van KTC Zegveld in overleg met de onderzoekers in de Collie-app ingetekend.

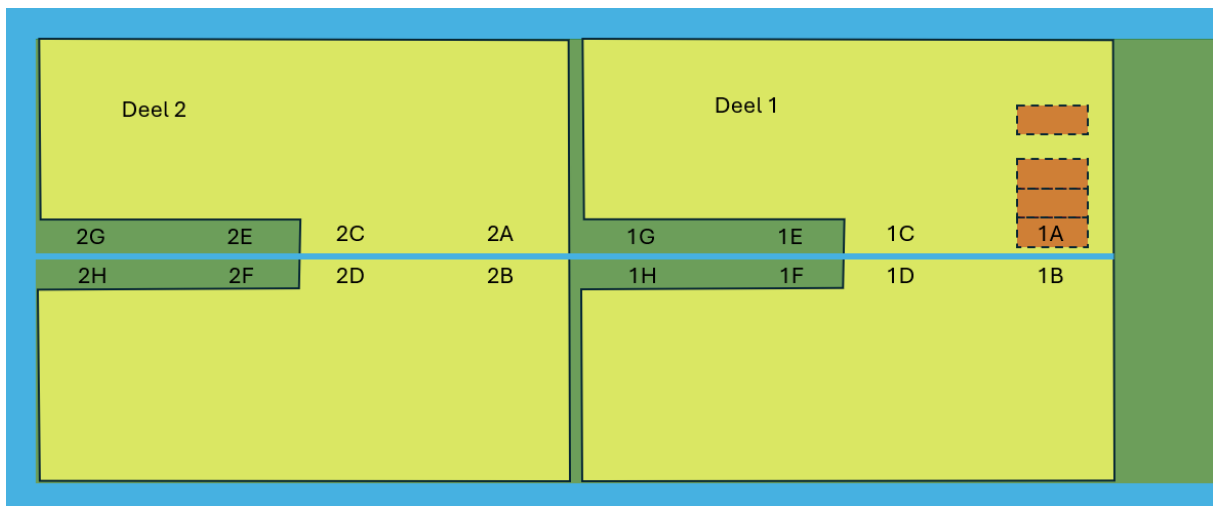
De meetrondes vonden plaats op de volgende dagen:

- 23 september: perceel 1, deel A
- 24 september: perceel 1, deel B
- 8 oktober: perceel 1, geheel perceel
- 9–10 oktober: perceel 2, deel A
- 11–12 oktober: perceel 2, deel B
- 20 oktober: perceel 1, geheel perceel
- 11 november: perceel 1, geheel perceel

De beweiding van 20 oktober is niet meegenomen in de verdere analyse vanwege een storing in het Collie-systeem op die dag.



Figuur 4.1. Locatie van de proefpercelen op KTC Zegveld, aangegeven met oranje blokken.



Figuur 4.2. Intekening van de afrastering in de Collie-app (in geel) en de locaties van de meetplotjes voor grashoogte en vertrapping in de percelen (in oranje).

4.3.4 Metingen

Grashoogte en vertrapping

Om de effecten van de uitrastering op begrazing en vertrapping te beoordelen, werden vóór en na elke beweidingsronde grashoogte en vertrapping gemeten. De grashoogte werd bepaald met een grashoogtemeter (Jenquip plate meter). Vertrapping werd per plot vijf keer visueel gescoord in een kwadrant door één beoordelaar op een schaal van 1 (geen vertrapping) tot 5 (zeer veel vertrapping) (Howes et al., 2018).

De metingen vonden plaats in vaste meetplotjes in de percelen (1A–2H; Figuur 2). Deze plotjes waren 6 m lang en 1 m breed en lagen op verschillende afstanden van de greppel: 0,5–1,5 m, 1,5–2,5 m en 2,5–3,5 m. Daarnaast werd midden in het perceel een referentieplot aangelegd. De plotjes op 0,5–1,5 m en 1,5–2,5 m lagen binnen de uitgerasterde zone. Het plotje op 2,5–3,5 m lag op de lijn van de draadloze afrastering. De helft van de plotjes lag in het uitgerasterde deel van de greppel en de andere helft in het deel waar de koeien toegang hadden. Per plot werd de grashoogte tienmaal gemeten.

Locatie- en gebeurtenisgegevens koeien

Naast de veldmetingen werden ook gegevens uit het systeem voor draadloze afrastering gebruikt. Het ging daarbij om locaties van de dieren en de geregistreerde gebeurtenissen, bestaande uit geluidssignalen en schokken. Deze gegevens werden gebruikt om te bepalen hoe vaak dieren zich in de zones langs de greppel bevonden en hoe de interactie met de draadloze afrastering verliep.

Langs de greppel werden uitgerasterde en niet-uitgerasterde analyseblokken afgebakend. Deze analyseblokken hadden een breedte van 5 m en een lengte van 25 of 50 m, afhankelijk van het

perceel. Een bezoek aan een zone werd gedefinieerd als een locatie binnen het betreffende analyseblok. Op basis hiervan werd het gebruik van de greppel vergeleken tussen uitgerasterde en niet-uitgerasterde delen. Voor de analyse van de ruimtelijke verdeling van de begrazingsdruk over het perceel zijn alle locaties gebruikt.

Daarnaast werden per koe per dag het aantal geluidsignalen, het aantal schokken en de succesratio berekend (Hamidi et al., 2024). Deze indicatoren zijn voor alle individuele dagen in de proefperiode bepaald.

Draagkracht

Als aanvullende context is gebruikgemaakt van draagkrachtmetingen van perceel 1, die in het najaar van 2025 zijn uitgevoerd binnen het project '*Effect van bodemdalingsmaatregelen op een extensief natuurbedrijf*'. De draagkracht werd daarbij gemeten als indringingsweerstand (MPa) van de zode met een penetrometer, waarbij een hogere waarde duidt op een hogere draagkracht. Deze informatie is gebruikt om het risico op vertrapping op verschillende afstanden van de greppel en gedurende het seizoen te duiden. Het risico op vertrapping is hoger bij een lagere draagkracht.

4.4 Materiaal en methoden – Biodiversiteit slootkanten Reeuwijk

4.4.1 Bedrijf en koeien

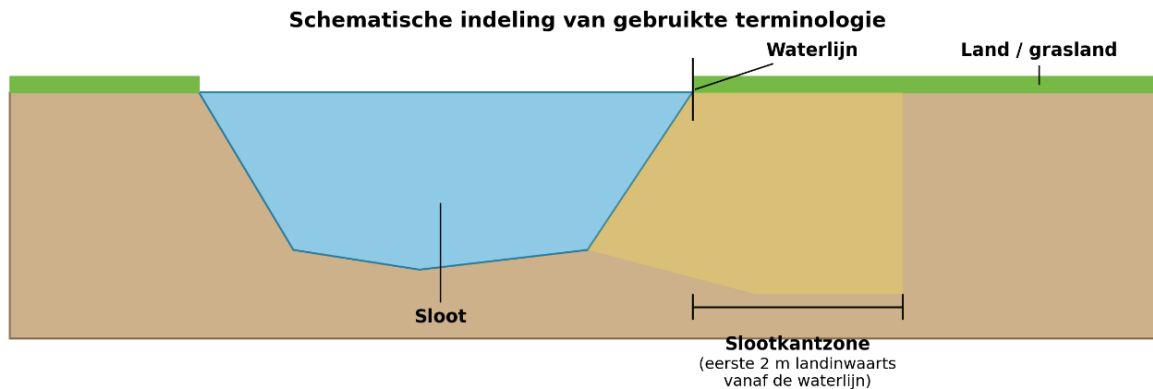
Het experiment werd uitgevoerd op een biologisch melkveebedrijf op veengrond in de omgeving van Reeuwijk. De melkveekoppel bestond uit ongeveer 100 Blaarkop × Holstein Friesian koeien. De koeien werden via een melkrobot gemolken en hadden vrije toegang tot de weide. Anders dan in Zegveld konden de dieren in Reeuwijk dus zelf kiezen of en wanneer zij naar buiten gingen.

De koeien waren vóór de start van dit onderzoek al circa een jaar vertrouwd met het Collie-systeem. Tijdens de meetperioden hadden ongeveer 90 koeien toegang tot het perceel. De veehouder stuurde via de Collie-app op de beschikbare oppervlakte, zodat de graasdruk tussen de meetperioden zo vergelijkbaar mogelijk bleef.

4.4.2 Proefopzet

Terminologie en afbakening van de slootkantzone

In dit rapport wordt de waterlijn gebruikt als gekozen referentielijn tussen sloot en land (Figuur 4.3). Deze lijn wordt in het veld bepaald als het punt waar de bodem niet meer permanent onder water staat, ondersteund door de vegetatieovergang. De slootkantzone is vervolgens gedefinieerd als de eerste 2 m landinwaarts vanaf deze waterlijn. Deze zone wordt beschouwd als de ecologisch relevante zone langs de sloot en vormt de basis voor analyse en bescherming.



Figuur 4.3. Schematische weergave van de in dit rapport gebruikte terminologie rond sloten. De waterlijn is hierbij de gekozen referentielijn tussen sloot en land, bepaald als het punt waar de bodem niet meer permanent onder water staat, ondersteund door de vegetatieovergang. De slootkantzone is gedefinieerd als de eerste 2 m landinwaarts vanaf deze waterlijn en vormt in dit rapport de basis voor analyse en bescherming tegen begrazing en vertrapping.

Proefopzet

Het experiment vond plaats tussen 19 mei en 8 juli 2025 en duurde in totaal zeven weken. In deze periode werd onderzocht in hoeverre draadloze afrastering kan worden gebruikt om slootkanten uit te rasteren en gerichte drinkplaatsen langs de sloot te creëren.

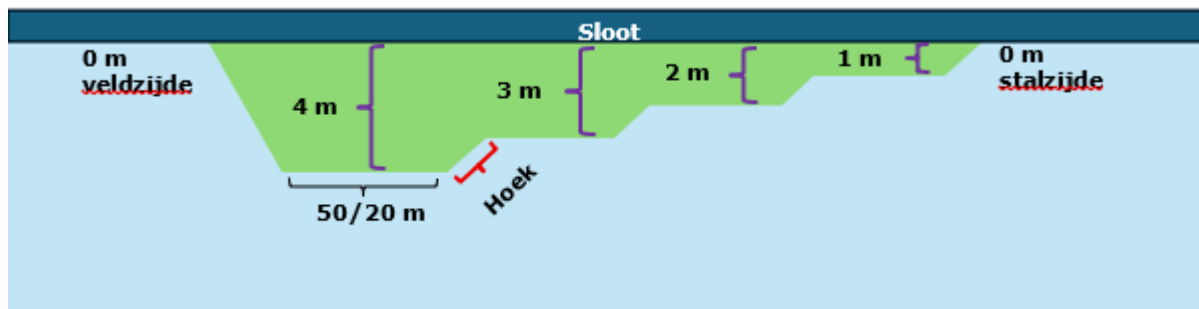
De proef bestond uit drie fasen: een testfase (fase 0), een fase waarin verschillende afstanden tussen waterlijn en draadloze afrastering werden onderzocht (fase 1), en een fase waarin drinkplaatsen met verschillende breedtes langs de sloot werden getest (fase 2). Voor zowel fase 1 als fase 2 werd vooraf een korte testfase (fase 0) uitgevoerd, bedoeld om de meetopzet en het intekenen van de zones in de Collie-app te finetunen.

De draadloze afrastering werd ontworpen volgens dezelfde werkwijze als in Zegveld, maar in Reeuwijk werden de hoekpunten met een GPS-ontvanger (Stonex S80) ingemeten om de draadloze grenzen nauwkeuriger te positioneren.

De behandelingen werden uitgevoerd in twee herhalingen. Elke herhaling bestond uit een afzonderlijke beweidingperiode op een ander perceel met een andere sloot. In beide herhalingen werd dezelfde kudde gebruikt.

In fase 1 werd langs één sloot een gradiënt aangelegd met vijf zones met verschillende afstanden tussen de waterlijn en de draadloze afrastering: 0, 1, 2, 3 en 4 m (Figuur 4.4). De afstand van 0 m werd opgesplitst in een 0 m-zone aan de stalzijde, waar de koeien het perceel betraden, en een 0 m-zone aan de veldzijde. De zones hadden in de eerste herhaling een lengte van 50 m en in de tweede herhaling een lengte van 20 m, afhankelijk van de beschikbare slootlengte. Tussen de zones werden schuine overgangsvakken aangelegd met een helling van 1:2 om scherpe hoeken

in de draadloze grens te voorkomen. De twee herhalingen hadden dezelfde volgorde van vakken.



Figuur 4.4. Proefopzet van fase 1: uitrasteren van melkkoeien uit de slootkantzone. De koeien werden met draadloze afrastering op toenemende afstanden van de slootkant (0, 1, 2, 3 en 4 m) gehouden, terwijl zij toegang hadden tot de weide (blauw). De lengte van elke afstandszone was 50 of 20 m. Tussen deze zones zijn schuine overgangsvakken aangelegd (rood). De 0 m stalzijde betreft de zijde waar de stal zich bevindt en van waaruit de koeien het perceel betreden; de 0 m veldzijde ligt aan de tegenoverliggende kant.

In fase 2 werd de slootkant over het grootste deel van het perceel uitgerasterd op 3 m afstand van de waterlijn. Op vier locaties werd deze uitrastering onderbroken door open stroken die als drinkplaats fungeerden. Deze drinkplaatsen hadden breedtes van 2, 4, 8 en 12 m en lagen ongeveer 100 m uit elkaar. In de eerste herhaling lagen de vakken, gezien vanaf het punt waar de koeien het perceel betraden, in de volgorde 4 m, 12 m, 2 m en 8 m. In de tweede herhaling werd deze volgorde omgedraaid. De hoeken van de drinkplaatsen werden via schuine overgangstukken verbonden met de uitgerasterde zone. In de tweede herhaling werd de helling aangepast van 1:2 naar 3:10 om de bochten in de draadloze afrastering flauwer te maken.

Om de resultaten te kunnen interpreteren in relatie tot de weersomstandigheden zijn gedurende de proefperiode dagelijkse gegevens over temperatuur, neerslag en zonnenschijnduur opgevraagd bij een nabijgelegen KNMI-weerstation in de omgeving van Reeuwijk.

4.4.3 Metingen

Tenzij hieronder anders vermeld, zijn de veldmetingen en de analyse van gegevens uit het systeem voor draadloze afrastering uitgevoerd volgens dezelfde werkwijze als in Zegveld (paragraaf 4.3.4).

In Reeuwijk werden mestflatten en vertrapping gescoord per zone langs de sloot en per drinkplaats. Vertrapping werd daarbij visueel geschat door één beoordelaar en uitgedrukt als percentage vertrappt oppervlak (0–100%). Daarnaast werden per zone na beweiding alle mestflatten geteld.

Voor de analyse van gegevens uit het systeem voor draadloze afrastering werden, net als in Zegveld, analyseblokken gebruikt die de verschillende zones en drinkplaatsen afbakenden. Een

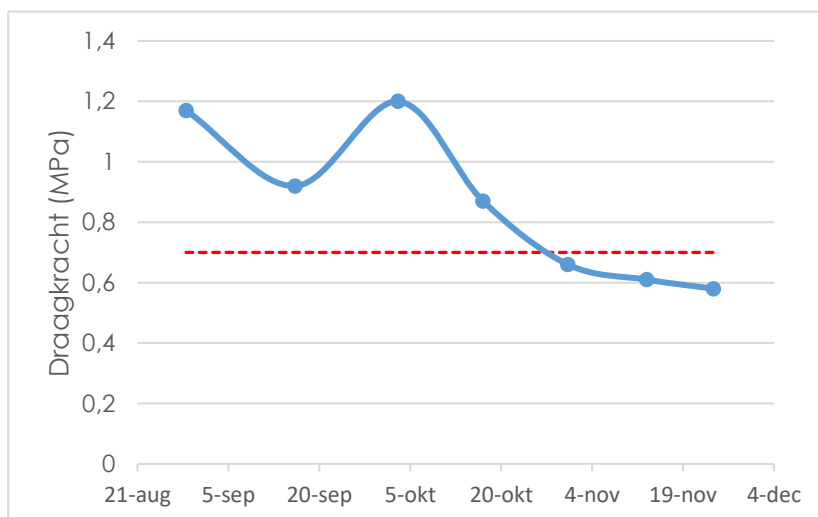
bezoek aan een zone of drinkplaats werd gedefinieerd als een locatie binnen het betreffende analyseblok. Op basis van deze gegevens werden per zone of drinkplaats het aantal locaties, geluidssignalen en schokken bepaald.

4.5 Resultaten - Vertrapping KTC Zegveld

De effectiviteit van de uitrastering van vertrappingsgevoelige delen van het perceel is geëvalueerd aan de hand van de gegevens over grasopname, vertrapping, locaties en informatie over schokken en geluidssignalen afgegeven door de halsband.

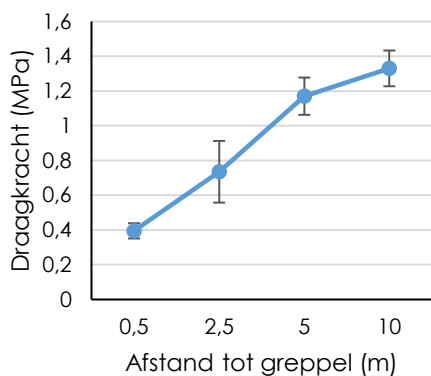
4.5.1 Risico op vertrapping

De gegevens over perceel 1 lieten zien dat de draagkracht van het land varieerde gedurende het najaar (Figuur 4.5). Eind augustus en begin oktober lag de draagkracht rond de 1,2 MPa, terwijl die eind september rond de 0,9 MPa lag. Vanaf oktober nam de draagkracht geleidelijk af tot 0,6 MPa in november. Risico op vertrapping ontstaat wanneer de draagkracht onder de grens van 0,7 MPa zakt. Dit was vanaf november, gemiddeld over het weiland, het geval.

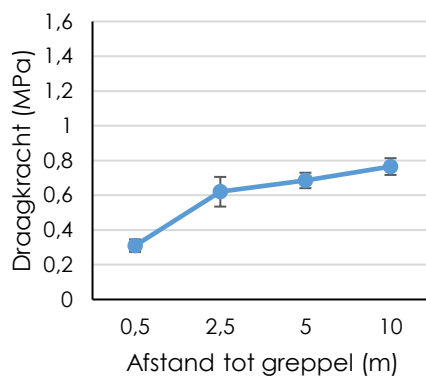


Figuur 4.5. Draagkracht (gemeten als indringingsweerstand) van perceel 1 gemeten gedurende het najaar van 2025. De rode stippellijn op 0,7 MPa geeft de grens aan waarboven kan worden geweid zonder risico dat dieren schade aan de zode toebrengen.

De draagkracht varieerde echter sterk tussen verschillende plekken in het weiland. Figuur 4.6 en 4.7 laten zien dat de draagkracht toenam met toenemende afstand tot de greppel. Aan het eind van de zomer (29 augustus) was het verschil in draagkracht binnen een perceel groter dan in de herfst (31 oktober). Op 29 augustus lag alleen de meting op 0,5m van de greppel onder de grens van 0,7 MPa, met dus risico op vertrapping in die zone. Op 31 oktober lag de meting op 0,5m wederom ver onder die grens van 0,7 MPa, maar toen lagen de metingen op de rest van het perceel rondom die grens van 0,7 MPa. Dicht bij de greppel was het risico op vertrapping dus nog steeds het hoogst, maar ook op 2,5m en verder van de greppel ontstond een klein risico daarop.



Figuur 4.6. Draagkracht op 29 augustus op verschillende afstanden tot de greppel.



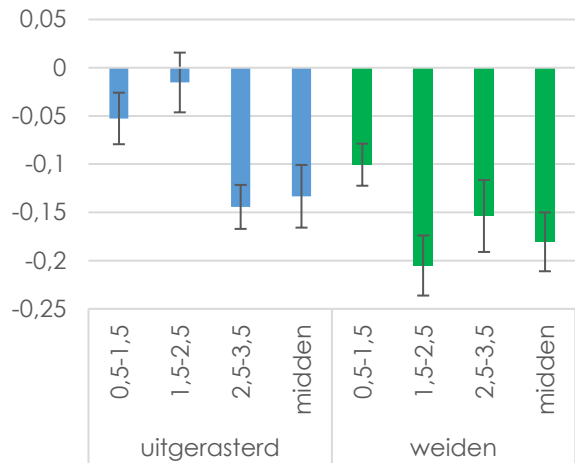
Figuur 4.7. Draagkracht op 31 oktober op verschillende afstanden tot de greppel.

4.5.2 Grashoogte en vertrapping

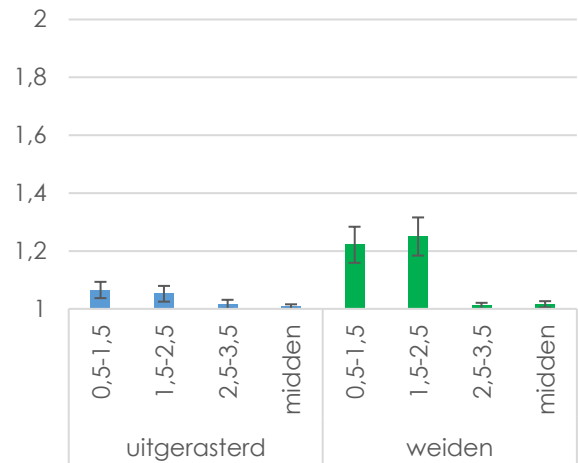
Gemiddeld werd er in de uitgerasterde 1,5 tot 2,5m zone vanaf de greppel 1,5% weggevreten terwijl er in het niet-uitgerasterde deel in die zone 17% werd weggevreten (Figuur 4.6). Dit patroon was redelijk consistent over de verschillende meetperioden. Dichter bij de greppel (0,5-1,5m) was het verschil tussen uitgerasterde delen en niet-uitgerasterde delen minder groot, want ook in niet-uitgerasterde delen was de verandering in grasvoorraad lager dan op de rest van het perceel.

Op de grens van de virtuele afrastering (2,5-3,5m vanaf de greppel) waren de verschillen beperkt aangezien de gemiddelde waarden (14,4% weggevreten bij uitgerasterd en 15,4% bij niet-uitgerasterd) dicht bij elkaar lagen (Figuur 4.8). Midden op het perceel, waar in alle gevallen geweid kon worden, was gemiddeld een klein verschil in grasopname zichtbaar. In die zone naast de uitgerasterde delen van de greppel was de afname in grasvoorraad (13,3%) iets kleiner dan in die zone naast de niet-uitgerasterde greppel (18,1%). Voor deze twee zones (2,5-3,5m en midden op perceel) varieerden de patronen van afname in grasvoorraad enigszins tussen de verschillende testdagen.

De herfst was relatief droog en de mate van vertrapping was daardoor in het hele najaar erg laag. Op een schaal van 1 (geen vertrapping) tot 5 (helemaal vertrappt) lag de gemiddelde score van de zones 2,5 tot 3,5m en midden op het perceel bij beide behandelingen zelfs rond de 1,01 (Figuur 4.9). De vertrapping die er wel werd gezien, beperkte zich voornamelijk tot de nattere zones van 0,5 tot 2,5m afstand tot greppel. Dit ligt in lijn met voorspellingen op basis van de draagkrachtmetingen. In die zone was de gemiddelde vertrappingsscore 1,24 in delen die beweid werden en 1,06 in de delen die uitgerasterd waren. Op veel van de meetdagen was een vergelijkbaar patroon zichtbaar.



Figuur 4.8. Fractie verandering grasvoorraad door koeien, gemeten op vier afstanden van de greppel.



Figuur 4.9. Vertrapping (schaal 1 tot 5) van het weiland door koeien, gemeten op vier afstanden van de greppel

De verschillen in grasopname en vertrapping tussen uitgerasterde en niet-uitgerasterde percelen wisselden per dag. Ze worden waarschijnlijk sterk beïnvloed door verschillen in veedichtheid (soms erg laag) en grasaanbod tussen de verschillende dagen en delen van het weiland. Op Figuur 4.10 is de uitrastering van de greppel goed terug te zien in de beweiding van het weiland.

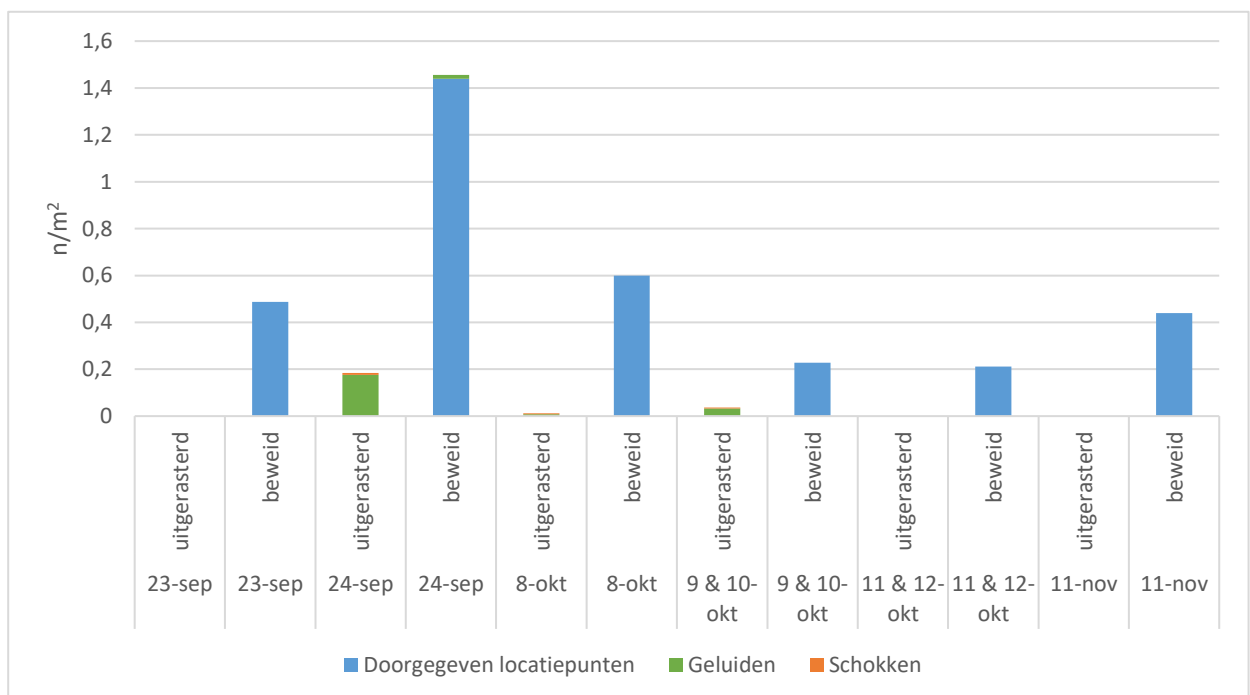


Figuur 4.10. Beweiding rondom uitgerasterde greppel.

4.5.3 Interacties met draadloze afrastering

Naast de metingen in het land, geeft ook de informatie uit de halsband meer informatie over hoe effectief de uitrastering van de greppel is geweest en hoe de interactie van de koeien met de draadloze afrastering was.

Rondom de greppels is in blokken van 5m breed (2,5m aan elke kant van de greppel) en 25 of 50m lang (afhankelijk van perceelsgrootte) m.b.v. GIS het aantal locaties, geluidssignalen en schokken geïnventariseerd (Figuur 4.8). Dit is zowel gedaan in het deel waar de koeien konden weiden als in het deel dat uitgerasterd was. Het aantal doorgegeven locaties op de delen van de greppel die niet uitgerasterd waren, was gemiddeld 0,481 per m². Op de delen van de greppel die wel uitgerasterd werden gemiddeld 0,031 geluidssignalen per m² en 0,003 schokken per m² afgegeven. Het koeiverkeer in de zones van 2,5m rondom de greppels was dus 93% lager bij uitrastering, vergeleken met delen van de greppel die niet waren uitgerasterd.



Figuur 4.11. Het aantal locaties en gebeurtenissen (geluidssignalen en schokken) per dag in uitgerasterde en beweidde delen van de greppels. Voor 9 en 10 oktober en voor 11 en 12 oktober is een gemiddelde per dag berekend uit een totaal van die twee dagen samen.

Figuur 4.11 toont tegelijkertijd ook de variatie aan doorgegeven locaties en aantal geluidssignalen en schokken tussen de verschillende meetdagen. Het gebruik van de niet-uitgerasterde delen verschilde o.a. door de graasdruk (perceelsgrootte), wat de noodzaak om de randen van het perceel op te zoeken, beïnvloedde.

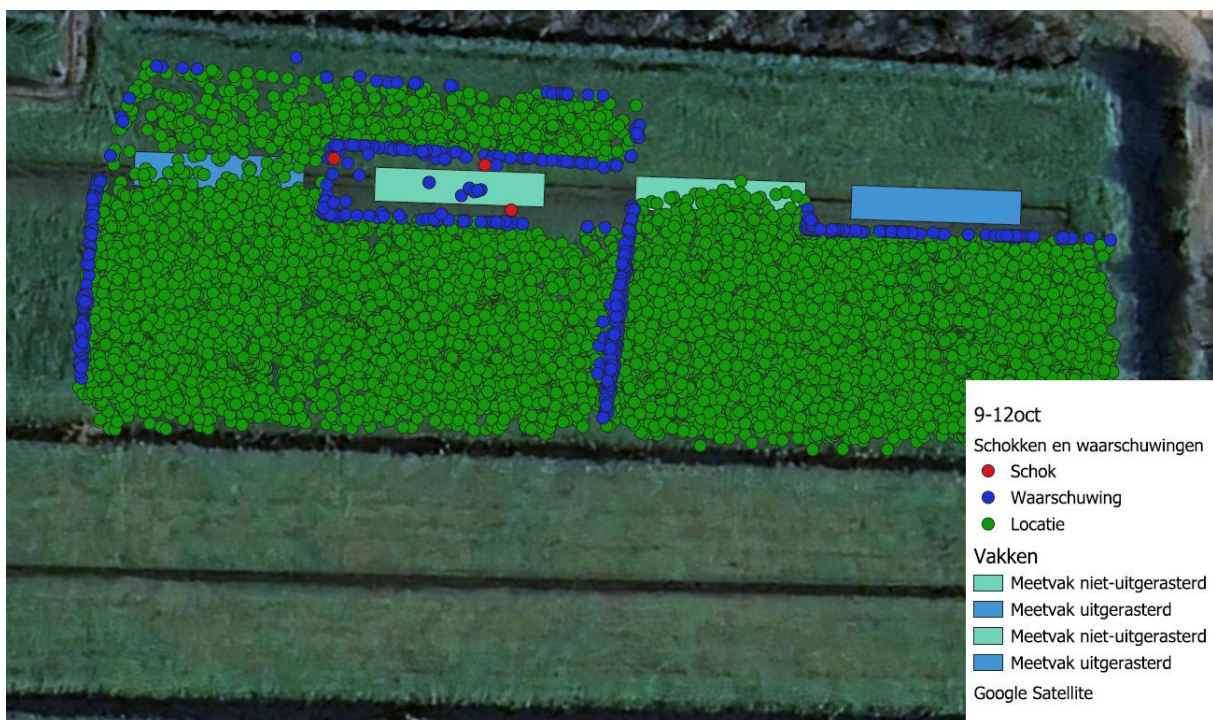
Op 24 september was het aantal geluidssignalen het hoogst. Met name op deze dag, maar in mindere mate ook op andere, vonden die geluidssignalen plaats op de kopakker. Van nature

vermijden koeien enigszins de greppel, maar gebruiken dan juist de kopakker om naar de andere kant van het perceel te lopen. Om de uitrastering beter bij de intuïtie van de koeien aan te laten sluiten, wordt aangeraden om deze delen toegankelijk te houden voor de koeien, wanneer de software deze optie heeft.

Een andere mogelijke oorzaak van variatie, is dat de koeien over de tijd beter leerden omgaan met de uitrasteringen van de greppel. Zo is in de periode van 9 t/m 12 oktober, toen de koeien vier dagen in perceel 2 waren met eenzelfde uitrasteringsvorm, te zien dat de koeien enkel de eerste dag de greppel op uitgerasterde delen hebben doorkruist. Bij consistente uitrasteringen lijken koeien dus te kunnen leren om de greppel te vermijden.

Tegelijkertijd wordt ook zichtbaar dat de koeien niet altijd het hele beschikbare deel van het perceel even veel beweiden hebben. Op meer dan de helft van de dagen lijkt er op de akkers naast het uitgerasterde deel van de greppel (die ook altijd meer achter in het land waren) minder aanwezigheid (minder doorgegeven locaties) te zijn geweest dan in het deel van het weiland waar de greppel niet was uitgerasterd. Deze observaties zijn in lijn met de observaties van de verandering van grashoogte.

Figuur 4.12 toont hoe het gebruik van het perceel met dezelfde intekeningsvorm tussen de dagen verschilde en dat er in één van de twee dagen geen gebruik gemaakt is van het deel van het perceel aan de bovenkant van de greppel.



Figuur 4.12. Ruimtelijke verdeling van locaties en interacties met draadloze afrastering (geluidssignalen en schokken) met half uitgerasterde greppels. Vakken representeren referentie vakken voor vergelijking van GPS-punten.

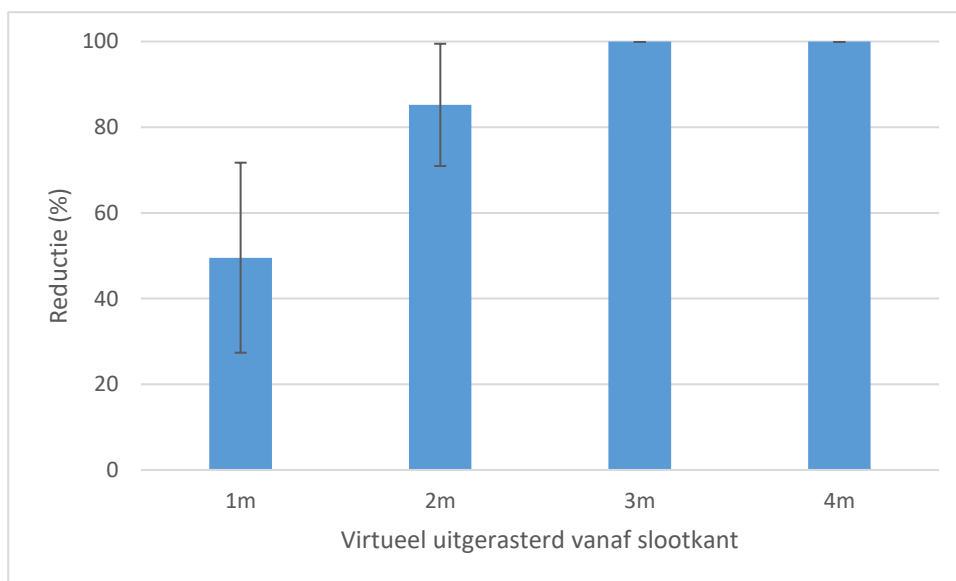
4.6 Resultaten - Biodiversiteit slootkanten Reeuwijk

4.6.1 Gebruik van slootkant op basis van locaties.

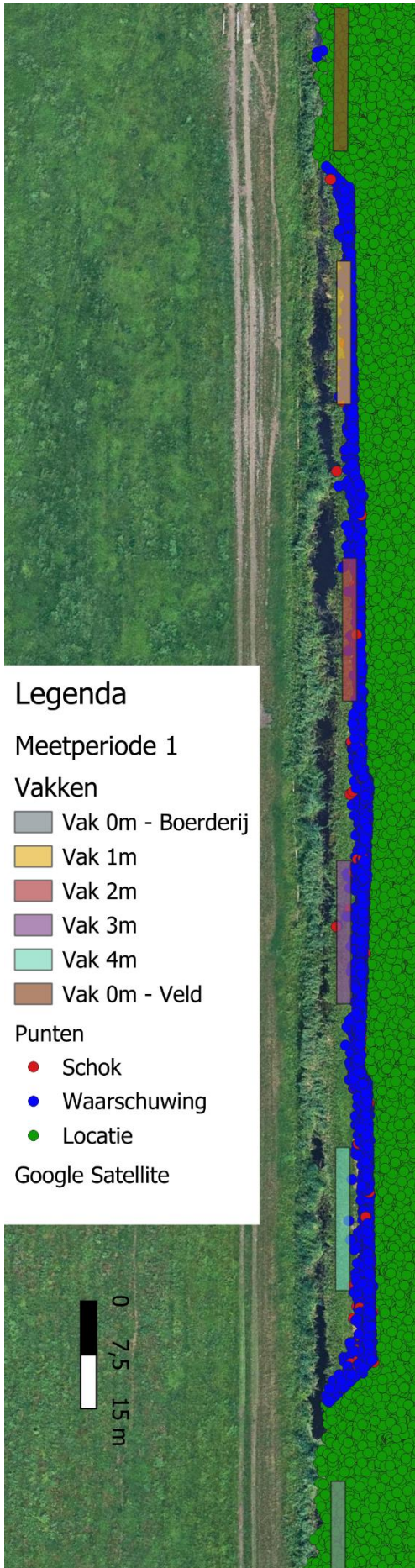
Figuur 4.13 toont de relatieve afname in het aantal doorgegeven locaties in de slootkantzone per uitrasteringsafstand, vergeleken met de situatie zonder uitrastering (0 m).

Bij uitrasteringsafstanden van 1 en 2 m neemt het aantal bezoeken aan de slootkantzone af ten opzichte van 0 m. Deze afname wordt sterker bij uitrasteringsafstanden van 3 en 4 m. De variatie tussen meetperioden is met name bij 1 en 2 m relatief groot, wat zichtbaar is in de foutbalken.

Figuur 4.14 laat de ruimtelijke verdeling van locaties en geregistreerde interacties met de draadloze afrastering zien tijdens meetperiode 1. De figuur illustreert dat de in de Collie-app ingetekende uitgerasterde zones herkenbaar terugkomen in de ruimtelijke verdeling van locaties en interacties, en maakt de toename van de uitrasteringsafstand van 1 m naar 4 m visueel inzichtelijk.



Figuur 4.13. Afname in locaties ten opzichte van 0m. Gemiddelde over twee meetperioden. Foutbalk geeft standaarddeviatie weer (n=2).

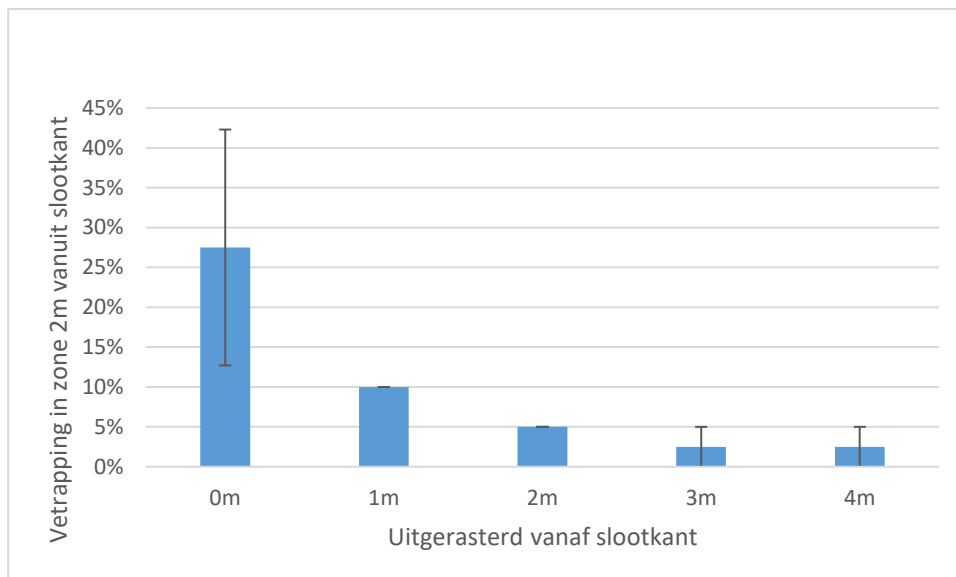


Figuur 4.14. Ruimtelijke verdeling van locaties en interacties met draadloze afrastering (geluidsignalen en schokken) tijdens meetperiode 1. Vakken representeren referentie vakken voor vergelijking van koelocaties aan verschillende uitzettingen (0-4m).

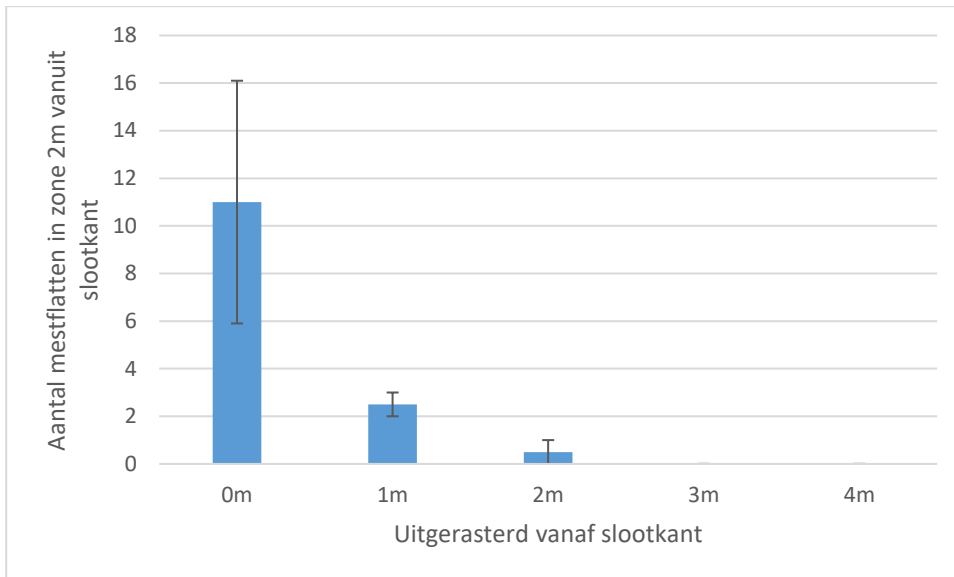
4.6.2 Vertrapping en mestflatten

De mate van vertrapping en het aantal mestflatten in de slootkantzone zijn weergegeven in respectievelijk Figuur 4.15 en Figuur 4.16. Beide indicatoren zijn bepaald in de slootkantzone van 2 m vanaf de waterlijn en vertonen een vergelijkbare afname bij toenemende uitrasteringsafstand. Bij geen uitrastering (0 m) worden zowel de hoogste mate van vertrapping als het grootste aantal mestflatten waargenomen. Naarmate de slootkant op grotere afstand wordt uitgerasterd, nemen beide indicatoren af.

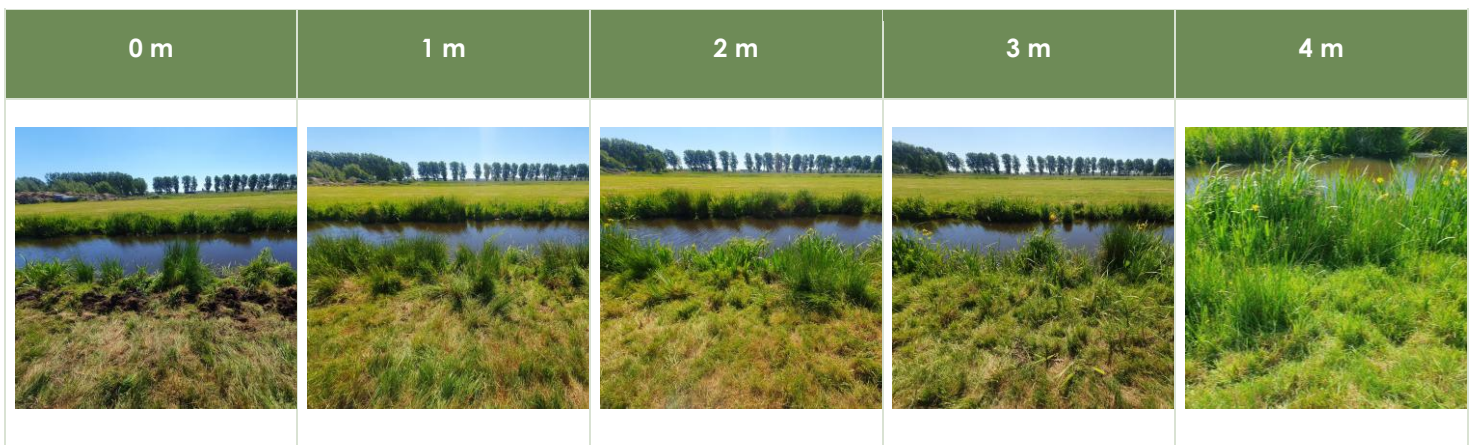
Bij uitrasteringsafstanden van 3 en 4 m zijn in de 2 m-zone geen mestflatten geteld, terwijl nog wel beperkte vertrapping wordt waargenomen. De gepresenteerde waarden zijn gemiddelden over twee meetperioden ($n = 2$).



Figuur 4.15 Aandeel vertrapping (\pm standaarddeviatie) in de slootkantzone (0–2 m vanaf de waterlijn, weergegeven voor verschillende afstanden waarop de slootkant is uitgerasterd met draadloze afrastering. De weergegeven waarden zijn gemiddelden over twee meetperioden ($n = 2$).



Figuur 4.16. Gemiddeld aantal mestflatten (\pm standaarddeviatie) in de zone tot 2 m vanaf de slootkant, weergegeven voor verschillende afstanden waarop de slootkant is uitgerasterd met draadloze afrastering. De weergegeven waarden zijn gemiddelden over twee meetperioden ($n = 2$).



Figuur 4.17. Foto-transect van de slootkant na begrazing bij verschillende afstanden tussen waterlijn en draadloze afrastering (0–4 m). De beelden laten zien dat de mate van begrazing en vertrapping afneemt naarmate de draadloze afrastering verder van de slootkant wordt geplaatst.

4.6.3 Effectiviteit van uitrastering

De effectiviteit van het uitrasteren van de slootkant met draadloze afrastering is beoordeeld aan de hand van drie indicatoren: (1) locaties en geregistreerde interacties met de draadloze grens (Figuur 4.13 en 4.14), (2) aantal mestflatten in de slootkant (Figuur 4.16) en (3) mate van vertrapping in de slootkantzone (0–2 m vanaf de waterlijn) (Figuur 4.15).

Alle drie de indicatoren en de gemaakte foto's (Figuur 4.17) laten een consistent patroon zien, waarbij het gebruik van de slootkant afneemt naarmate de draadloze afrastering verder van de waterlijn wordt geplaatst. Bij uitrasteringsafstanden van 0 en 1 m worden relatief veel locaties en interacties in de slootkantzone geregistreerd, wordt meer gras weggegrast en wordt een hogere

mate van vertrapping waargenomen. Bij uitrasteringsafstanden vanaf 2 m nemen deze indicatoren duidelijk af.

Tegelijkertijd laten de gegevens zien dat ook bij een uitrasteringsafstand van 4 m nog incidenteel gebruik van de slootkantzone voorkomt. Dit blijkt zowel uit de gps-gegevens als uit de indicatoren voor grasafname en vertrapping. Hoewel de drie indicatoren verschillen in gevoeligheid en ruimtelijke resolutie, wijzen zij in dezelfde richting wat betreft de relatie tussen uitrasteringsafstand en het gebruik van de slootkant.

4.6.4 Drinkplaatsen bij uitgerasterde slootkantzone

Het aantal doorgegeven gps-punten binnen de drinkplaatsen verschilt tussen de verschillende drinkplaatsbreedtes (Figuur 4.18). In beide meetperioden wordt het grootste aantal locaties geregistreerd bij de drinkplaats met een breedte van 12 m.

Voor de drinkplaatsen met een breedte van 2, 4 en 8 m worden lagere aantallen locaties geregistreerd. Tussen deze drie breedtes is geen consistent of eenduidig verschil zichtbaar. Ondanks de omkering van de volgorde van de drinkplaatsen tussen de twee meetperioden blijft het contrast tussen de 12 m brede drinkplaats en de kleinere drinkplaatsen duidelijk, terwijl de onderlinge verschillen tussen 2, 4 en 8 m beperkt blijven.



Figuur 4.18. Aantal locaties geregistreerd in de drinkplaatsen langs de slootkant voor vier verschillende drinkplaatsbreedtes (2, 4, 8 en 12 m) tijdens twee meetperioden (P1 en P2). Locaties zijn geteld binnen een zone van 5 m breed langs de slootkant ter hoogte van de drinkplaatsen. In beide meetperioden hadden koeien zes dagen toegang tot het perceel.



Figuur 4.19. Vertrapping bij drinkplaats tijdens het onderzoek (12m).

4.7 Discussie – Biodiversiteit slootkanten en vertrapping

De resultaten laten zien dat draadloze afrastering effectief kan worden ingezet om het gebruik van slootkanten door melkkoeien sterk te verminderen, maar dat volledige uitsluiting niet vanzelfsprekend is. Al bij een uitrasteringsafstand van 2 m nam het aantal locaties in de slootkantzone sterk af, terwijl bij 4 m de zekerheid van uitsluiting verder toenam. Dit wijst erop dat de benodigde afstand afhangt van het doel van het uitrasteren. Voor het sterk verminderen van begrazing en vertrapping lijkt een beperkte afstand al voldoende, terwijl voor een zo volledig mogelijke bescherming een grotere afstand meer zekerheid geeft. Dat locaties, vertrapping, mestflatten en foto-observaties hetzelfde patroon lieten zien, ondersteunt deze conclusie. Deze uitkomst past bij eerder onderzoek waaruit blijkt dat draadloze afrastering runderen effectief uit gevoelige zones kan houden, terwijl de inzet ervan ook juist voor biodiversiteitsdoelen perspectief biedt (Campbell et al., 2020; Wätzold et al., 2024).

In deze proef bleek dat een drinkplaats van 12 m breed voldoende groot was om door koeien te worden gevonden, terwijl kleinere drinkplaatsen minder werden gebruikt. Tegelijkertijd leidde deze opening tot duidelijke vertrapping in de slootkant, waarschijnlijk doordat meerdere koeien zich op een klein oppervlak rond de drinkplaats concentreerden (Figuur 4.19). Dit laat zien dat het combineren van het uitrasteren van slootkanten met een drinkplaats langs de sloot tot nieuwe

knelpunten kan leiden. In de praktijk lijkt het daarom logischer om drinkwater los te koppelen van de sloot, bijvoorbeeld via een drinkbak of via een drinkplaats op een steviger deel van het perceel. Dit betekent ook dat het aanbrengen van variatie binnen slootkanten, bijvoorbeeld door delen wel en niet uit te rasteren, alleen werkt op voldoende schaal. Smalle stroken kleiner dan 12m breed zijn hiervoor naar verwachting te klein om effectief te zijn. Dat toegang van vee tot waterlopen en oeverzones tot lokale belasting kan leiden, en dat drinkwater buiten de waterloop dit kan verminderen, sluit aan bij eerder onderzoek naar oeverzones en het gebruik als drinkplaats (Franklin et al., 2009; O'Callaghan et al., 2019).

Het uitrasteren van greppels bleek lastiger dan het beschermen van slootkanten. Hoewel het locaties in de greppel met gemiddeld 93% werd verminderd, bleef volledige uitsluiting moeilijk te realiseren. Anders dan bij een slootkant lijkt een greppel voor koeien minder als natuurlijke grens te functioneren. Daarnaast sluit dit aan bij werk waarin juist voor minder duidelijke, niet-visueel ondersteunde grenzen is beschreven dat het ontwerp en de interpreteerbaarheid van de grens een belangrijk aandachtspunt zijn (McSweeney et al., 2020). Dat werd zichtbaar doordat koeien, vooral op de kopakker, geneigd waren om over te steken. Daarnaast speelde de breedte van de uitgerasterde zone een belangrijke rol. Bij smalle zones konden koeien de greppel passeren voordat het systeem een geluidssignaal of schok gaf. Dat maakt duidelijk dat de effectiviteit van het uitrasteren van greppels niet alleen afhangt van de afstand tot de greppel, maar ook van de intekening van de grens en van het gedrag van de dieren. Grotere uitrasteringsafstanden kunnen de bescherming verbeteren, maar verlagen tegelijk de benutting van het grasland. De optimale inrichting van een greppeluitrastering is daardoor sterk situatieafhankelijk. In eerdere studies werd benadrukt dat respons op een draadloze afrastering mede door groepsgedrag en individuele verschillen wordt bepaald (Aaser et al., 2022; Keshavarzi et al., 2020).

Het effect van het tijdelijk uitrasteren van kwetsbare zones op het gebruik van deze zones nadat de afrastering is verwijderd, is in deze proef niet onderzocht. Campbell et al. (2019) beschreven in een studie met vleeskoeien in Australië dat de voorheen uitgesloten delen na het opheffen van de draadloze afrastering snel weer werden begraasd. In dat onderzoek waren dus geen aanwijzingen dat de dieren deze gebieden langdurig bleven mijden. Er leek daar eerder een tegenovergesteld effect, na het opheffen van de uitrastering gingen de koeien juist een groter deel van het land gebruiken.

Zoals bij elke vorm van afrastering kan ook met een GPS-gebaseerd systeem geen volledige uitsluiting worden gegarandeerd. GPS-onnauwkeurigheid en de tijd tussen het naderen van de grens en het afgeven van een geluidssignaal of schok zorgen ervoor dat dieren incidenteel een uitgesloten zone kunnen betreden. Dit speelt vooral bij smalle of lineaire elementen, zoals greppels, waar de beschikbare ruimte beperkt is. Daarnaast blijkt dat het ontwerp van de draadloze afrastering van grote invloed is op de effectiviteit. Smalle doorgangen en scherpe hoeken lijken het voor koeien moeilijker te maken om de grens te begrijpen, terwijl grenzen die

aansluiten bij het natuurlijk gebruik van het perceel beter lijken te werken. Deze resultaten laten zien dat de effectiviteit van draadloze afrastering niet alleen wordt bepaald door de techniek, maar in sterke mate ook door de manier waarop het systeem in de praktijk wordt toegepast. Dit sluit aan bij eerder werk over de rol van voorspelbaarheid en beheersbaarheid voor dieren, en toepassing van draadloze afrastering in melkveesystemen (Lee et al., 2018; Langworthy et al., 2021). Ook in praktijksituaties wordt draadloze afrastering inmiddels ingezet voor gerichte ruimtelijke sturing, bijvoorbeeld om begrazing te sturen en ongewenste druk op specifieke delen van een perceel, zoals onkruidrijke of kwetsbare zones, te verminderen (Ouzman et al., 2026).

5 Diergedrag en dierenwelzijn

5.1 Introductie

Literatuuronderzoek, gedaan in een eerdere fase van het project Dynamisch Draadloos Weiden (de Bruijn et al., 2024), laat zien dat o.b.v. metingen aan koegedrag en cortisolgehalte in mest en melk, er geen aanwijzingen zijn dat het voor het welzijn van runderen uitmaakt of ze geweid worden met gewoon schrikdraad of met draadloze afrastering. Een verklaring hiervoor is dat de elektrische schok die ze krijgen via draadloze afrastering voorspelbaar is (want deze wordt altijd voorafgegaan door een geluidssignaal) en dat dieren de schok kunnen vermijden (Lee et al., 2018).

Veel onderzoeken beschrijven o.a. dat er individuele verschillen zijn in het aantal geluidssignalen en schokken dat dieren ontvangen (Bruijn et al., 2024). Zo ook de experimenten die in het kader van Dynamisch Draadloos Weiden gedaan zijn op de Dairy Campus in 2024 (Janssen et al., 2025; Burgers et al., 2025) en 2025 (nog niet gepubliceerd). Vanuit het perspectief van dierenwelzijn zou het kunnen uitmaken of een koe vrijwillig grenzen opzoekt of deze juist mijdt en om wat voor reden de grenzen gemeden worden. Het is daarom zinvol om te kijken of er een relatie is tussen individuele dierkenmerken en het aantal geluidssignalen en schokken dat een dier ontvangt. En of dat gerelateerd is aan dierenwelzijn.

Het merendeel van de in de literatuur beschreven onderzoeken aan draadloze afrastering is gedaan aan dieren die speciaal voor de proef bij elkaar zijn gezet en juist zoveel mogelijk op elkaar lijken, bijvoorbeeld o.b.v. pariteit en lactatiestadium. De kans is bovendien groot dat de dieren elkaar pas leren kennen tijdens de gewenningsperiode voor de proef, waardoor er nog geen stabiele rangorde is of andere onderlinge sociale relaties zijn.

Het is denkbaar dat er een relatie is tussen de leeftijd van een koe, of de positie van een koe in de rangorde, en hoe ondernemend ze is in de interactie met de draadloze afrastering. Oudere dieren (dus met een hoger aantal lactaties) hebben mogelijk meer weideseizoenen ervaring opgedaan met gewoon schrikdraad of zijn in zijn algemeenheid minder schrikachtig dan jonge dieren. Dieren met een hogere rang zouden ondernemender kunnen zijn, of minder bang en daardoor meer interacties aangaan met de draadloze afrastering. Tegelijk is het denkbaarder dat jonge dieren nieuwsgieriger zijn en daardoor meer grenzen opzoeken.

Een algemeen bekend verschijnsel is dat koeien die naar de wei (of naar de stal) lopen, dat vaak in min of meer dezelfde volgorde doen. Het is denkbaar dat koeien die vooroplopen 's morgens naar de wei, graag naar vers gras gaan en daar wellicht ook wat ondernemender in zijn dan de koeien die achteroplopen en dat dat wellicht gerelateerd is aan de interactie met de draadloze afrastering.

De koppel van 20 blaarkoppen van KTC Zegveld waar het onderzoek naar slootkanten en vertrapping gedaan is (zie hoofdstuk 3.3.2), is een stabiele kudde. Ze zijn al enkele jaren bij elkaar (met uitzondering van nieuw geïntroduceerde dieren ter vervanging van afgevoerde dieren). Ze verschillen van elkaar op gebied van pariteit en lactatiestadium. Ook is de verwachting dat in de groep een redelijk stabiele hiërarchie aanwezig is, waarin elk dier een vaste positie (rangorde) heeft. De dieren lopen tijdens het weideseizoen dagelijks heen en weer van de stal naar de wei. Daarmee deed zich de gelegenheid voor om onderstaande vragen te onderzoeken:

- Is er een relatie tussen dierkenmerken en omgaan met de draadloze afrastering?
Dierkenmerken zijn het aantal lactaties (en daarmee indirect de leeftijd), de melkgift, de plek in de rangorde en de plek in de loopvolgorde naar de wei. De interactie met de draadloze afrastering wordt uitgedrukt in het aantal geluidsignalen en het aantal schokken dat elk dier per dag ontvangt, en waaruit voor elk dier de succesratio per dag wordt berekend.
- Is er een relatie tussen de interactie met de draadloze afrastering en verminderd dierenwelzijn? Een maat voor verminderd dierenwelzijn is een verhoging in cortisolgehalte in melk.

Deze vragen zijn onderzocht door middel van gedragsonderzoek, gegevens uit de halsbanden en door het meten van het cortisolgehalte in melk.

5.2 Materialen en methoden – diergedrag en dierenwelzijn

5.2.1 Locatie en dieren (Zegveld)

De dieren gingen in mei naar buiten. Het systeem voor draadloze afrastering werd geïntroduceerd op 16 juni en was in gebruik tot aan het eind van het weideseizoen begin november. Totaal deden 21 verschillende dieren mee aan de proef, maar vanwege droogstand niet allemaal op alle dagen.

5.2.2 Metingen

Plek in de rangorde

De plek in de rangorde van de koeien werd bepaald door winnaar-verliezer interacties te scoren, 's avonds als de dieren na het melken bij het voerhek kwamen eten. Bij elke interactie waar een koe een andere wegjoeg of waarbij een koe wegging als een andere eraan kwam, werden de halsbandnummers genoteerd en opgeschreven wie de winnaar en wie de verliezer was. Dit gebeurde volgens hetzelfde protocol (Wierenga, 1990) dat gebruikt werd in de proef die plaats vond in het kader van Dynamisch Draadloos Weiden op de Dairy Campus. De observaties werden gedaan door twee verschillende personen, één per dag. De avond was gekozen omdat dan de

meeste interacties verwacht werden, meer dan overdag in de wei. Immers, in de stal is minder ruimte dan in de wei en is het voer op een kleiner oppervlak beschikbaar. De observaties werden gedaan gedurende 9 avonden in de periode 12 t/m 27 augustus. De plek in de rangorde is berekend op dezelfde manier als in de proef die plaats vond in het kader van Dynamisch Draadloos Weiden op de Dairy Campus. Daarvoor heeft WUR-LR een excelformulier gecreëerd, gebaseerd op Wierenga (1990). Per dier is de rangorde berekend, één getal voor de hele onderzoeksperiode. Daarbij geldt dat hoe hoger het getal, hoe ranglager het dier. Het dier met score één is dus het hoogst in rang.

Loopvolgorde 's morgens naar de wei

De loopvolgorde van de koeien 's morgens naar de wei, werd bepaald door de KTC-medewerker die de koeien met de quad naar de wei bracht, op 14 ochtenden in de periode 11 juni t/m 4 september. De looproute was ca 725 meter lang en de volgorde werd bepaald op 250 en nog eens op 675 meter van de stal (afstanden geschat m.b.v. google maps). De volgorde werd per observatiepunt ingevoerd. De observaties werden telkens gedaan door één en dezelfde persoon. De positie in de loopvolgorde is berekend op dezelfde manier als in een onderzoek naar de volgorde waarin koeien gemolken werden, nadat ze van de wei naar de stal gelopen waren (Beggs et al., 2018). We konden geen onderzoek vinden aan de loopvolgorde naar de wei. Per dier is de positie in de loopvolgorde berekend, één getal voor de hele onderzoeksperiode. Daarbij geldt dat hoe hoger het getal voor 'positie loopvolgorde', hoe verder naar achteren het dier liep.

Cortisolgehalte in melk

Melkmonsters voor cortisol werden genomen, 's middags op 7 meetmomenten à 2 opeenvolgende dagen (zie onderstaande tabel).

Tabel 5.1. Momenten en bijzonderheden waarop cortisolgehalte in melk gemeten werd.

Meetmoment	Data
1 Eén week vóór introductie van draadloze afrastering	10 & 11 juni
2 Training van de koeien met draadloze afrastering	16 & 17 juni
3 Eén week na introductie van draadloze afrastering	23 & 24 juni
4 Zeven weken na introductie van draadloze afrastering	5 & 6 augustus
5 Nieuwe situatie, nl. slootkant niet toegankelijk	7 & 8 augustus
6 Nieuwe situatie, nl. greppel niet toegankelijk	23 & 24 sept
7 Eindmeting na afloop van de experimenten, 20 weken na introductie van draadloze afrastering, enkele dagen voor het einde van het weideseizoen	3 & 4 nov

De melkmonsters werden ingevroren bewaard in plastic potjes. Toen alle monsters genomen waren, is de complete set geanalyseerd in het laboratorium van WUR Adaptatie Fysiologie. Dit gebeurde met een 'speeksel cortisol ELISA kit' (Salimetrics LLC., State College, PA, USA), dezelfde als in Bruin et al. (2025).

Interactie met draadloze afrastering

Gegevens over alle gegeven geluidsignalen en schokken werden aangeleverd door Collie. Hieruit zijn het aantal geluidsignalen en aantal schokken per dier per dag berekend. De succesratio is vervolgens als volgt daaruit berekend:

Succesratio = (aantal geluidsignalen – aantal schokken)/ aantal geluidsignalen.

5.2.3 Data-analyse

Er is een excelbestand aangemaakt met daarin per koe en per datum waarop het cortisolgehalte gemeten is de waarde van de variabelen uit Tabel 5.2. Aanwezigheid van een klauwprobleem is meegenomen omdat dit van invloed zou kunnen zijn op de loopsnelheid en dus op de positie in de loopvolgorde.

Het verschil in cortisolgehalte tussen verschillende periodes is getest met een lineair gemengd model waarbij cortisolgehalte de afhankelijke variabele was, periode een vast effect en diernummer een willekeurig effect. Dezelfde test is uitgevoerd voor het aantal geluiden/dier/dag, het aantal schokken/dier/dag en de succesratio.

De relatie tussen dierkenmerken en interactie met de draadloze afrastering is getest met een lineair gemengd model waarbij het aantal geluiden/dier/dag, het aantal schokken/dier/dag en de succesratio de afhankelijke variabelen waren. In het model zijn periode, een van de koekenmerken (Tabel 5.2) en hun interactie als vaste effecten meegenomen en diernummer als willekeurig effect.

De relatie tussen cortisolgehalte en interactie met de draadloze afrastering is ook getest met een lineair gemengd model waarbij het cortisolgehalte de afhankelijke variabele was. In het model zijn periode, het aantal geluiden/dier/dag en hun interactie als vaste effecten meegenomen en diernummer als willekeurig effect. Op dezelfde manier is de relatie tussen cortisolgehalte en aantal schokken/dier/dag en tussen het cortisolgehalte en de succesratio getest.

Voor al deze regressieanalyses werden variabelen met een scheve verdeling getransformeerd om beter te voldoen aan de aannames van het model. Het cortisolgehalte, het aantal geluiden/dier/dag en het aantal schokken/dier/dag werden wortel-getransformeerd. De succesratio werd getransformeerd met een complement-log-transformatie.

Tabel 5.2. Overzicht van de onderzochte variabelen: periode, cortisolgehalte in melk, koekenmerken en interactie met de draadloze afrastering.

Variabele		Definitie, eenheid
	Periode	Twee opeenvolgende data waarop melkmonster genomen is. Er zijn 7 periodes (zie Tabel 1)
	Cortisolgehalte	In ug/dl
Koe-kenmerken	Lactatie	Aantal keer dat koe gekalfd heeft
	Klauwprobleem	Dier heeft één of meer problemen aan één of meer klauwen in 2025 (bron: Digiklauw). 0= Dier heeft geen probleem; 1= Dier heeft een probleem; 0.5= Dier is meerdere keren beoordeeld en had ene keer wel en andere keer geen probleem
	Melkgift	In kilo/dag
	Positie in de rangorde	Heel getal. Hoe hoger de waarde, hoe lager in rang.
	Positie in de loopvolgorde	Heel getal. Hoe hoger het getal, hoe meer het dier achteraan liep.
Interactie met draadloze afrastering	Aantal geluidssignalen	Heel getal
	Aantal schokken	Heel getal
	Succesratio	Getal op schaal 0-1. Hoe hoger, hoe vaker een geluidssignaal niet gevolgd werd door een schok.

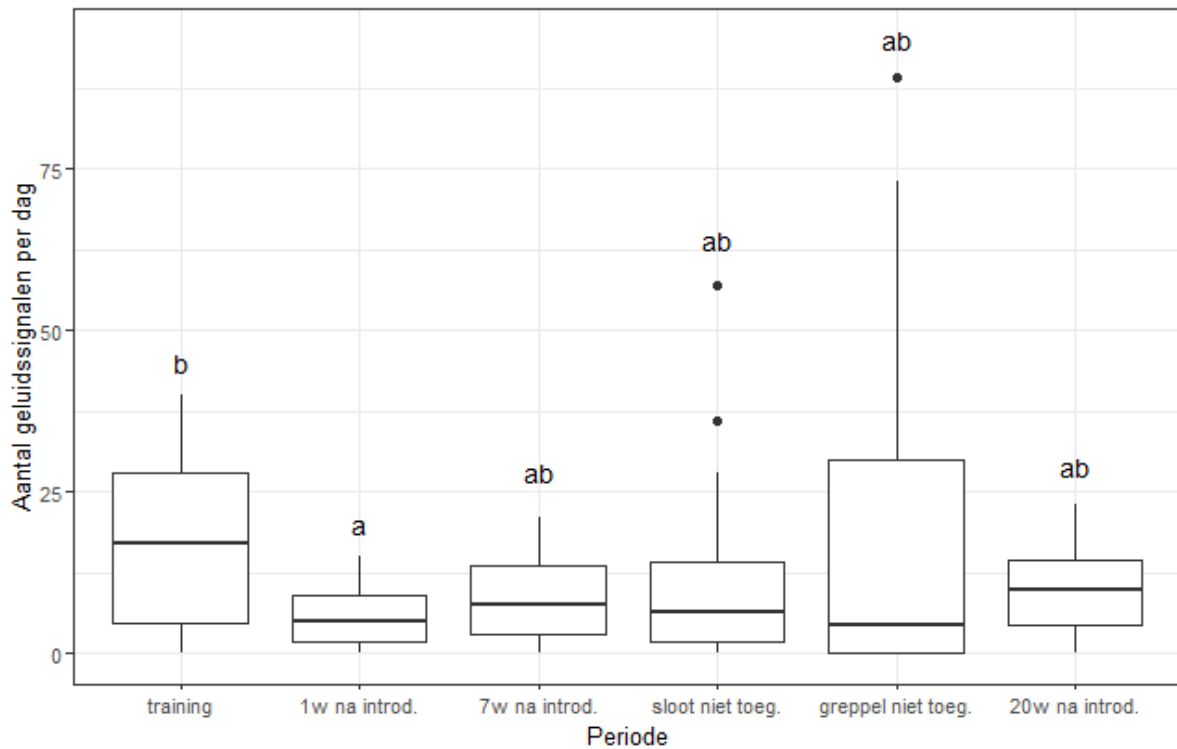
5.3 Resultaten – diergedrag en dierenwelzijn

5.3.1 Relatie tussen dierkenmerken en interactie met de draadloze afrastering

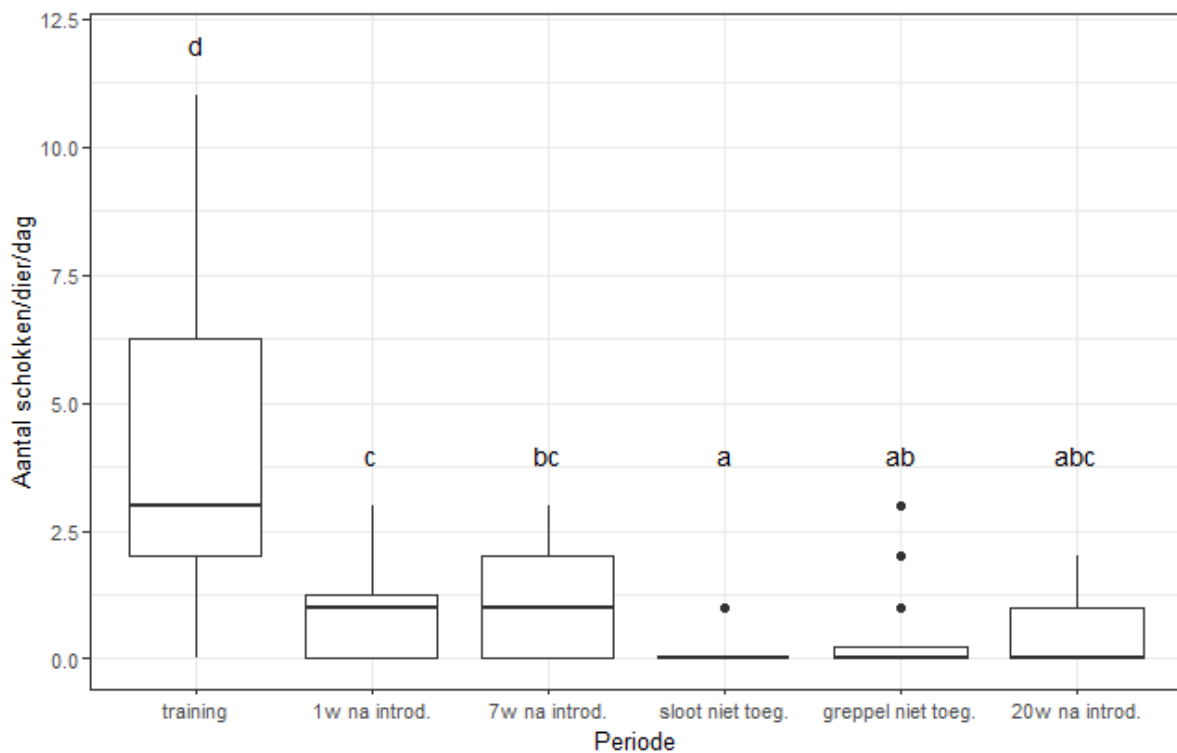
Figuur 5.1 t/m Figuur 5.3. laten het aantal geluidssignalen, het aantal schokken en de succesratio zien op verschillende momenten voor en na de introductie van het draadloze afrastering systeem en bij nieuwe uitsluitingen; een slootkant (7 weken + 2 dagen na introductie van draadloze afrastering) en een greppel (14 weken na introductie van draadloze afrastering).

Het aantal geluidssignalen was het hoogst tijdens de training (Figuur). Hetzelfde geldt voor het aantal schokken (Figuur 5.2.), dat vanaf 7 weken na de introductie van de draadloze afrastering daalde naar nagenoeg nul.

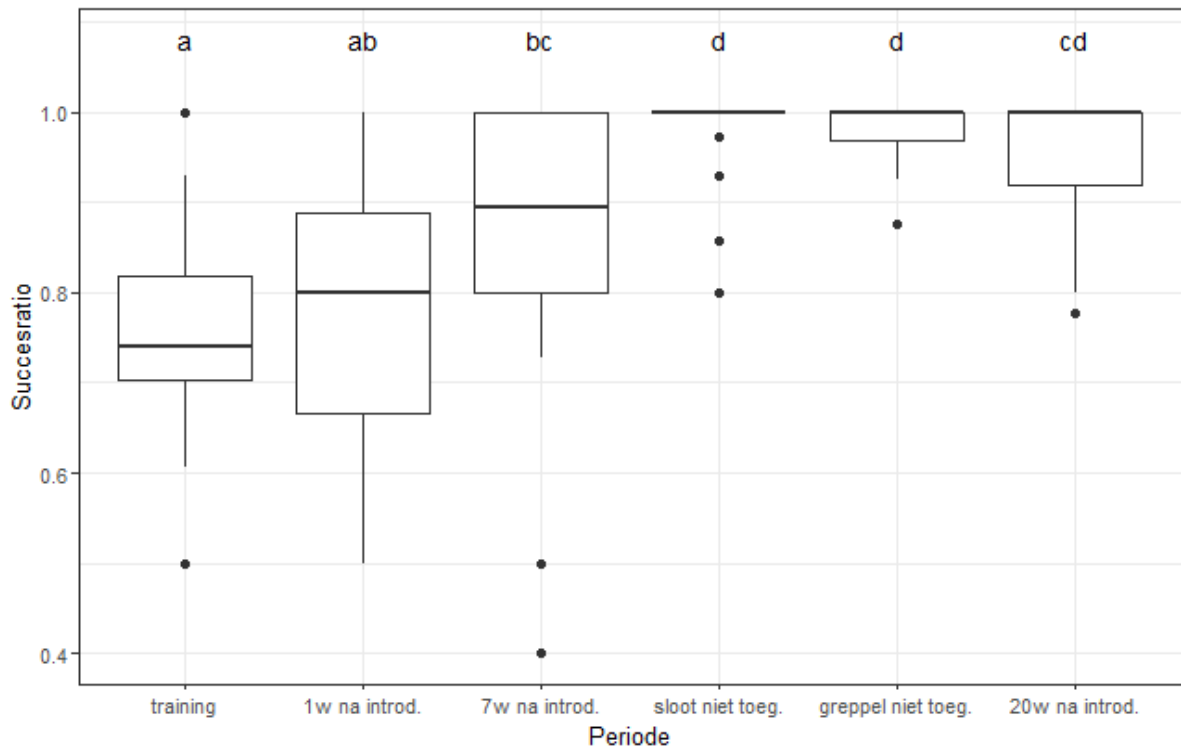
De succesratio was het laagst bij de training en nam in de weken erna significant toe (Figuur 5.3.). Na de eerste 7 weken bleef de succesratio vrij stabiel net onder de één.



Figuur 5.1. Aantal geluidssignalen (per dier/dag) voor elke periode (mediaan en spreiding van de resultaten binnen een periode).



Figuur 5.2. Aantal schokken (per dier/dag) voor elke periode (mediaan en spreiding van de resultaten binnen een periode).



Figuur 5.3. Succesratio (per dier/dag) voor elke periode (mediaan en spreiding van de resultaten binnen een periode).

Voor de volgende dierkenmerken is gekeken of ze gerelateerd zijn aan aantal geluiden, aantal schokken en de succesratio: het aantal lactaties (en daarmee indirect de leeftijd), de melkgift, de plek in de rangorde en de plek in de loopvolgorde naar de wei.

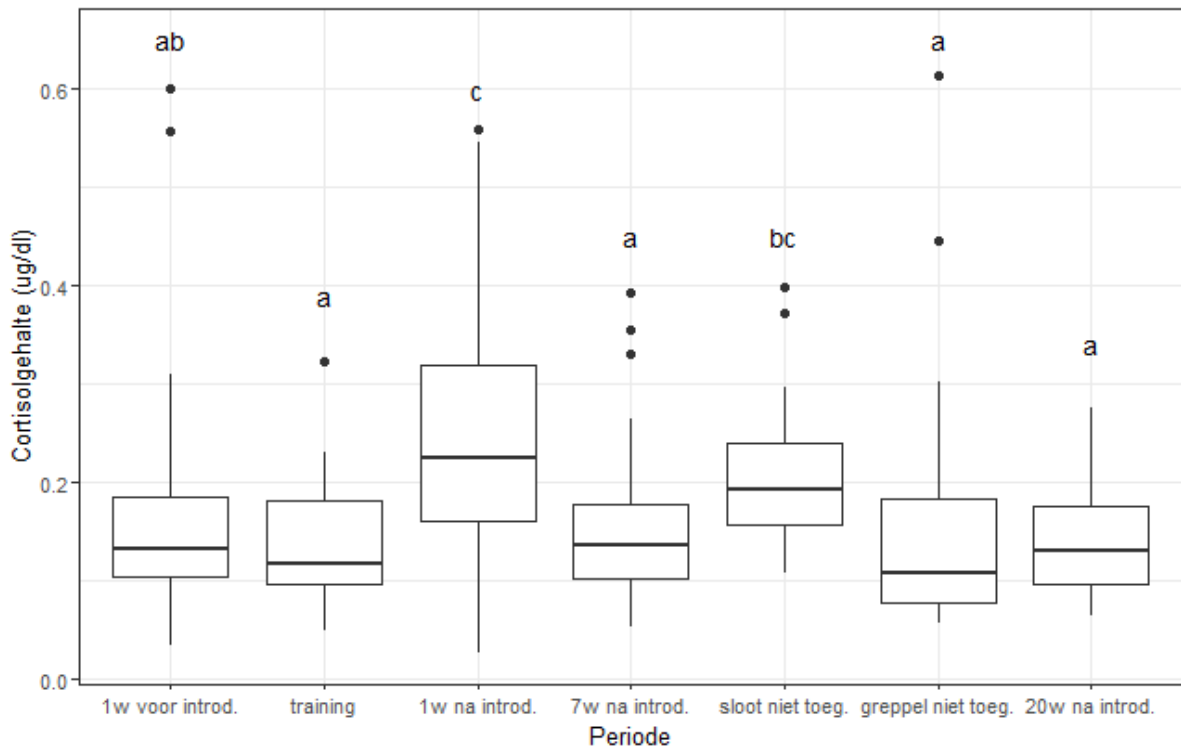
Het (getransformeerde) aantal geluiden/dier/dag was significant hoger bij een hogere melkgift ($p=0,038$), bij dieren die lager in rang waren ($p=0,027$) en bij dieren die 's morgens onderweg naar de wei meer naar achteren liepen ($p= 0,049$). Deze relaties verschilden niet significant tussen de verschillende meetperiodes. Hoewel in de statistische analyses significante effecten werden gevonden, laten de scatterplots (Bijlage 1) geen duidelijke relatie zien. Dit suggereert dat de gevonden significante effecten mogelijk (mede) worden veroorzaakt door individuele dieren in plaats van een consistent patroon over alle dieren.

Het (getransformeerde) aantal schokken/dier/dag, dat sowieso al erg laag was, was significant hoger bij dieren die 's morgens onderweg naar de wei meer naar achteren liepen ($p=0,017$). Deze relatie verschilden niet significant tussen de verschillende periodes. Ook hier geldt dat dit effect veroorzaakt kan zijn door een enkel dier en niet zozeer dat hier sprake is van een algemeen geldend principe.

De succesratio bleek aan geen enkel dierkenmerk significant gerelateerd te zijn.

5.3.2 Relatie tussen interactie met de draadloze afrastering en dierenwelzijn

Het cortisolgehalte in de melk, in dit onderzoek de maat voor verminderd dierenwelzijn, was gemiddeld over alle dieren en over de hele periode 0,175 ug/dL en varieerde van tot 0,026 tot 0,614 ug/dL. Figuur 5.4 laat de cortisolgehalten in melk zien op verschillende momenten voor en na de introductie van het draadloze afrastering systeem en bij nieuwe uitsluitingen; een slootkant (7 weken na introductie van draadloze afrastering) en een greppel (14 weken na introductie van draadloze afrastering).



Figuur 5.4. Cortisolgehalte in melk, gemiddelde van 2 opeenvolgende dagen (ug/dL) voor elke periode (mediaan en spreiding van de resultaten binnen een periode).

Het cortisolgehalte in melk in ons onderzoek was significant hoger één week na de training en op het moment van afsluiten van de slootkant dan in de andere periodes met de draadloze afrastering.

De regressieanalyses op dierniveau lieten zien dat het cortisolgehalte niet significant gerelateerd was aan het aantal geluidssignalen, het aantal schokken of de succesratio.

5.4 Discussie – diergedrag en dierenwelzijn

5.4.1 Relatie tussen dierkenmerken en interactie met de draadloze afrastering

In het algemeen was er weinig interactie met de draadloze afrastering, wat mogelijk komt door de relatief lage begrazingsdruk. Het (getransformeerde) aantal geluiden bleek significant hoger bij hogere melkgift, bij rang lagere dieren en bij dieren die 's morgens onderweg naar de wei

meer naar achteren liepen. En het (getransformeerde) aantal schokken was hoger bij dieren die onderweg naar wei meer naar achteren liepen. De grafische weergave van deze resultaten deed vermoeden dat de effecten mogelijk veroorzaakt werden door (een) enkel(e) dier(en) en niet zozeer dat er sprake was van een algemeen geldend principe.. De resultaten overziend, kunnen we geen relatie vinden tussen dierkenmerken en de interactie met de draadloze afrastering. Onderzoek aan grotere koppels dan 20 dieren, zoals in ons onderzoek het geval was, laat eventuele relaties met dierkenmerken wellicht wel duidelijker zien.

5.4.2 Relatie tussen interactie met de draadloze afrastering en dierenwelzijn

Het cortisolgehalte in melk in ons onderzoek was significant hoger één week na introductie van de draadloze afrastering en bij het afsluiten van de slootkant dan in de andere periodes met draadloze afrastering. Het aantal schokken (en geluiden) was in die periodes echter niet significant hoger. De regressieanalyses lieten ook geen significante relaties zien tussen het cortisolgehalte van dieren en hoe hun interactie was met de draadloze afrastering. Een onderzoek met een vergelijkbare opzet van 30 koeien die eerst 10 dagen met gewoon schrikdraad werden geweid, gevolgd door 3 dagen training met draadloze afrastering en daarna 10 dagen geweid met draadloze afrastering (Verdon et al., 2021), zag weliswaar het cortisolgehalte variëren in de tijd, maar zag ook geen nadelige effecten op dierenwelzijn. Overigens is in ons onderzoek maar één keer twee opeenvolgende dagen (periode 1) gemeten vóór introductie van de draadloze afrastering. Verdon en collega's (2021) keken drie keer en zagen dat het cortisolgehalte in melk ook voor introductie al varieerde tussen de meetdagen. Hun hoogste waarde vonden ze op de 6^e dag, nog met gewoon schrikdraad. Een ander onderzoek naar draadloze afrastering waarin cortisolgehalte in melk gemeten werd, betref de vergelijking tussen koeien met draadloze en koeien met schrikdraad afrastering (Fuchs et al., 2024). Dat onderzoek vond ook geen verschil in cortisolgehalte tussen de koeien met de verschillende vormen van afrastering. Overigens kan verhoogde lichamelijke activiteit ook het cortisolgehalte verhogen. Zo suggereerde Maximez (2024) dat het cortisolgehalte (gemeten in mest) van de vaarzen in haar groep met draadloze afrastering hoger was op een dag waarop ze achter een haas aan gingen.

Waar in ons onderzoek zich onderscheidt van andere onderzoeken, is dat de cortisolmetingen gedaan zijn tot 20 weken na introductie van de draadloze afrastering, waar dat in andere onderzoeken vaak maar enkele weken betref. Die andere onderzoeken eindigden vaak met de opmerking dat onderzoek op de langere termijn gewenst was (zie review door Wilms et al., 2024). Ons onderzoek op een langere termijn laat zien dat er dan geen verhoging is ten opzichte van het cortisolgehalte voor de introductie van draadloze afrastering.

Het cortisolgehalte in ons onderzoek varieerde tussen de dieren, evenals het aantal geluidssignalen, het aantal schokken en de succesratio. De interactie van een dier met de

draadloze afrastering (aantal geluidsignalen, schokken en succesratio) had in deze proef geen relatie met het dierenwelzijn.

De resultaten van de koppel blaarkopkoeien van Zegveld passen binnen de algemene bevindingen dat er geen aanwijzingen zijn dat draadloze afrastering negatieve effecten heeft op dierenwelzijn (zie ook de Bruijn et al., 2024).

6 Conclusie en aanbevelingen

6.1 Conclusie

Deze proef laat zien dat draadloze afrastering nu al bruikbaar is om biodiversiteitsdoelen en het beperken van vertrapping te ondersteunen. Vooral voor het beschermen van slootkanten bleek het systeem effectief. Daarbij hangt de benodigde uitrasteringsafstand samen met de gewenste mate van zekerheid: een kleinere afstand kan al voldoende zijn om gebruik sterk te verminderen, terwijl een grotere afstand meer zekerheid geeft wanneer een zo volledig mogelijke uitsluiting gewenst is. Ook drinkplaatsen konden functioneel worden ingepast, maar onder de in deze proef onderzochte omstandigheden ging dat wel gepaard met duidelijke vertrapping in de slootkant. Voor de praktijk betekent dit dat bescherming van slootkanten en drinkwater langs de sloot niet vanzelfsprekend goed samengaan.

De proef laat ook zien dat de toepassing van draadloze afrastering gevoeliger wordt naarmate de inrichting complexer wordt. Dat werd vooral zichtbaar bij greppels. Bescherming van greppels bleek mogelijk, maar was duidelijk sterker afhankelijk van de perceelindeling, de intekening van de afrastering en het gedrag van de koeien. Greppels zijn daarmee lastiger te beschermen dan slootkanten, maar wel kansrijk, mits het ontwerp van het perceel en de afrastering goed op elkaar zijn afgestemd.

Voor diergedrag en dierenwelzijn zijn in deze proef geen aanwijzingen gevonden dat de toepassing van draadloze afrastering nadelig was. Daarmee sluiten de bevindingen aan bij eerder onderzoek. Tegelijkertijd laat deze proef zien dat de potentie van draadloze afrastering nog groter is dan hier getest kon worden. In deze studie stond vooral centraal in hoeverre met draadloze afrastering vergelijkbare toepassingen mogelijk zijn als met traditionele draad. De resultaten geven daarmee niet alleen aan wat nu al kan, maar ook dat verdere meerwaarde waarschijnlijk ligt in toepassingen die met fysieke draad moeilijker uitvoerbaar zijn.

6.2 Aanbevelingen

Voor software en systeemontwikkeling

De eerste stap ligt bij verdere verbetering van de software. Vooral het eenvoudiger kunnen intekenen en aanpassen van percelen en uitsluitingen is daarbij belangrijk. Ook wanneer exclusiezones binnen percelen beschikbaar komen, moet die functionaliteit praktisch goed bruikbaar zijn in de dagelijkse toepassing.

Voor praktijk en ondersteuning

Op basis van de ervaringen in dit project is het wenselijk om een ontwerphandleiding op te stellen voor het intekenen van percelen en uitsluitingen. Daarin moeten praktische handvatten worden

gegeven voor de vorm, ligging en schaal van uitgerasterde delen. Dat wordt belangrijker naarmate de inrichting heterogener wordt en er meer van koeien wordt gevraagd. Daarnaast lijkt het verstandig om drinkwater, waar bescherming van slootkanten het doel is, bij voorkeur anders te organiseren dan via een opening langs de sloot.

Voor collectieven en organisatie van toepassing

In de praktijk bleek het voor melkveehouders lastig om nauwkeurige uitsluitingen in te tekenen. Een logische vervolgstap is daarom dat collectieven of andere ondersteunende partijen een grotere rol krijgen in het vooraf ontwerpen en eventueel vastzetten van uitsluitingen. Daarmee wordt de toepassing voor melkveehouders eenvoudiger en consistent.

Voor vervolgonderzoek

Vervolgonderzoek is vooral nodig voor toepassingen die complexer zijn dan het nabootsen van traditionele draad. Daarbij gaat het in het bijzonder om de bescherming van greppels in percelen met een hogere dichtheid aan greppels, en om situaties waarin meer heterogeniteit in de afrastering wordt aangebracht. Juist daar lijkt de extra potentie van draadloze afrastering voor biodiversiteit te liggen.

7 Dankwoord

Graag bedanken wij Anton de Wit voor zijn medewerking, het meedenken en het beschikbaar stellen van zijn bedrijf voor dit onderzoek. Daarnaast danken wij de medewerkers van KTC Zegveld voor hun inzet bij de uitvoering van de proef. Tot slot bedanken wij Froni Reijnders voor het uitvoeren van de metingen en het verwerken van de data van de slootkantproef.

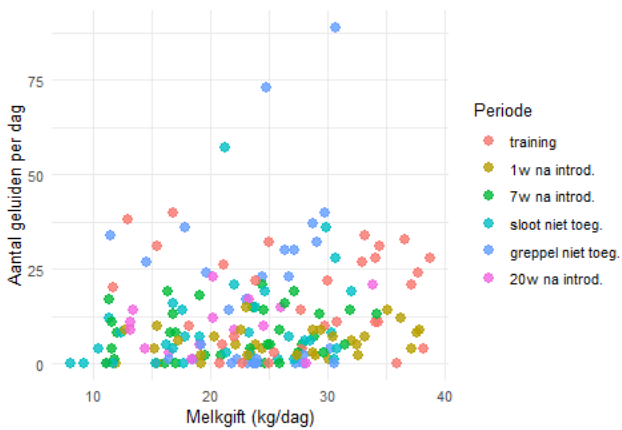
8 Literatuur

- Aaser, M. F., Staahltoft, S. K., Korsgaard, A. H., Trige-Esbensen, A., Alstrup, A. K. O., Sonne, C., Pertoldi, C., Bruhn, D., Frikke, J., & Linder, A. C. (2022). Is Virtual Fencing an Effective Way of Enclosing Cattle? Personality, Herd Behaviour and Welfare. *Animals*, 12(7), 842. <https://doi.org/10.3390/ani12070842>
- Beggs DS, Jongman EC, Hemsworth PH, Fisher AD. 2018. Short communication: Milking order consistency of dairy cows in large Australian herds. *Journal of Dairy Science* 101:603–608. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12748>
- Burgers EEA, Bruijn BGC de, Dixhoorn IDE van, Bruinenberg MH. 2025. Dynamisch draadloos weiden. Werkbaarheid van draadloze afrastering binnen twee beweidingssystemen voor melkvee. WUR Livestock Research rapport 1550. <https://edepot.wur.nl/687530>
- Campbell, D. L., Ouzman, J., Mowat, D., Lea, J. M., Lee, C., & Llewellyn, R. S. (2020). Virtual fencing technology excludes beef cattle from an environmentally sensitive area. *Animals*, 10(6), 1069. <https://doi.org/10.3390/ani10061069>
- Campbell, D. L., Haynes, S. J., Lea, J. M., Farrer, W. J., & Lee, C. (2019). Temporary exclusion of cattle from a riparian zone using virtual fencing technology. *Animals*, 9(1), 5. <https://doi.org/10.3390/ani9010005>
- Collie, 2026. <https://www.collie.eu/>
- Collie, persoonlijke informatie. Per mail 8 april 2026.
- De Bruijn B, Bestman M, Strappini A, Dixhoorn I van. 2024. De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen. WUR Livestock Research rapport 1482. <https://www.louisbolk.nl/sites/default/files/publication/pdf/de-effecten-van-het-gebruik-van-draadloze-afrastering-op-gedrag-en-welzijn-van-melkkoeien-en-andere.pdf>
- De Bruijn, B. G. C., Burgers, E. E. A., Van Dixhoorn, I. D. E., & Bruinenberg, M. H. (2025). Effects of virtual fencing on behavior, cortisol concentrations, feed intake, and milk yield of lactating dairy cows in different grazing systems. *Journal of Animal Science*, 103, skaf363. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf363>
- Franklin, D. H., Cabrera, M. L., Byers, H. L., Matthews, M. K., Andrae, J. G., Radcliffe, D. E., ... & Calvert, V. H. (2009). Impact of water troughs on cattle use of riparian zones in the Georgia Piedmont in the United States. *Journal of animal science*, 87(6), 2151-2159. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-1522>
- Fuchs P, Stachowicz J, Schneider MK, Probo M, Bruckmaier RM, Umstätter C. 2024. Stress indicators in dairy cows adapting to virtual fencing. *Journal of Animal Science* 102, skae024. <https://doi.org/10.1093/jas/skaf024>
- Hamidi D, Grinnell NA, Komainda M, Wilms L, Riesch F, Horn J, Hamidi M, Traulsen I, Isselstein J. 2024. Training cattle for virtual fencing: Different approaches to determine learning success. *Applied Animal Behavior Science* 273:106220. <https://doi.org/10.1016/j.applanim.2024.106220>
- Hoekstra, N., Bestman, M., Pijlman, J., Honkoop, W., van der Weijde, H., van Houwelingen, K., & Beek, J. (2024, november). *Greppelinfiltratie als low-cost vernattingsmethode*. *V-focus*, 20–23.
- Howes, J. A., Hanly, J. A., Horne, D. J., Hedley, M. J., & Irwin, M. (2018). The pugometer: an evaluation of a new tool for assessing treading damage of pasture soils and comparisons with other methods. *Soil Research*, 56(6), 568-578. <https://doi.org/10.1071/SR18013>
- Janssen, P., Hoekstra, N., de Bruijn, B., & Bestman, M. (2025). *Geschiktheid van draadloze afrastering (virtual fence) voor de bescherming van biodiversiteit in weidepercelen* (Publicatienr. 2025-6361-LbD). Louis Bolk Instituut & Wageningen Livestock Research.
- Keshavarzi, H., Lee, C., Lea, J. M., & Campbell, D. L. (2020). Virtual fence responses are socially facilitated in beef cattle. *Frontiers in Veterinary Science*, 7, 543158. <https://doi.org/10.3389/fvets.2020.543158>

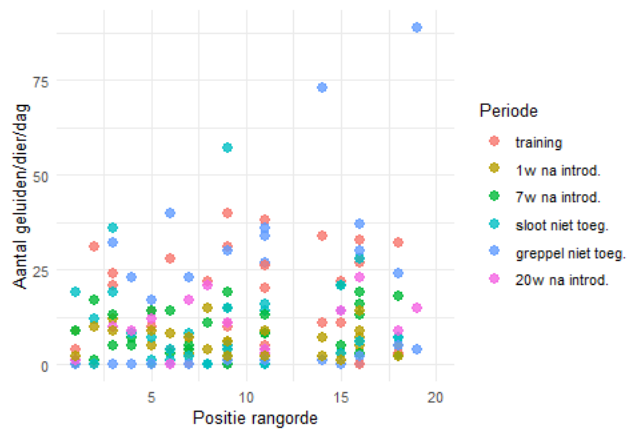
- Langworthy, A. D., Verdon, M., Freeman, M. J., Corkrey, R., Hills, J. L., & Rawnsley, R. P. (2021). Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. I: Technology efficacy and pasture utilization. *Journal of Dairy Science*, 104(6), 7071-7083.
- Lee C, Colditz IG, Campbell DLM. 2018. A framework to assess the impact of new animal management technologies on welfare: a case study of virtual fencing. *Frontiers in Veterinary Science* 5:187. <https://doi.org/10.3389/fvets.2018.00187>
- Maximez D. 2024. Cattle (*Bos taurus*) behaviour and cortisol responses to electric fence and virtual fence in semi-natural pastures Including Swedish farmers' views and attitudes towards electrical fence and virtual fence technology. Degree project/ Independent project. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala. <https://stud.epsilon.slu.se/19805/1/maximez-d-20240327.pdf>
- O'Callaghan, P., Kelly-Quinn, M., Jennings, E., Antunes, P., O'Sullivan, M., Fenton, O., & Huallachain, D. O. (2019). The environmental impact of cattle access to watercourses: A review. *Journal of Environmental Quality*, 48(2), 340-351. <https://doi.org/10.2134/jeq2018.04.0167>
- Ouzman, J., Campbell, D. L., Mowat, D., Lea, J. M., Lee, C., & Llewellyn, R. S. (2026). Applying virtual fencing technology for grazing and crop management: three case studies with cattle in southern Australian mixed farming systems. *Animal Production Science*, 66(1). <https://doi.org/10.1071/AN25351>
- McSweeney, D., O'Brien, B., Coughlan, N. E., Férard, A., Ivanov, S., Halton, P., & Umstatter, C. (2020). Virtual fencing without visual cues: Design, difficulties of implementation, and associated dairy cow behaviour. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105613. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105613>
- van Eekeren, N., de Wit, J., Versteeg, C., Hoekstra, N., Pijlman, J., Janssen, P., Deru, J., Bruinenberg, M., Manhoudt, A., Jansma, A., Sleurink, D., de Jong, P., Verhoeff, T., Meerkerk, B., Schepens, R., & Lenssinck, F. (2022). *Winst & Weidevogels: Weidemaatregelen voor (functionele agro-)biodiversiteit* (Publicatienr. 2022-015LbD). Louis Bolk Instituut.
- Verdon M, Langworthy A, Rawnsley R. 2021. Virtual fencing technology to intensively graze lactating dairy cattle. II: Effects on cow welfare and behavior. *Journal of Dairy Science* 104:7084–7094. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-19797>
- Wätzold, F., Jauker, F., Komainda, M., Schöttker, O., Horn, J., Sturm, A., & Isselstein, J. (2024). *Harnessing virtual fencing for more effective and adaptive agri-environment schemes to conserve grassland biodiversity*. *Biological Conservation*, 297, Article 110736. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2024.110736>
- Wierenga HK. 1990. Social dominance in dairy cattle and the influences of housing and management. *Applied Animal Behaviour Science* 27(3): 201-229. [https://doi.org/10.1016/0168-1591\(90\)90057-K](https://doi.org/10.1016/0168-1591(90)90057-K)
- Wilms L, Komainda M, Hamidi D, Riesch F, Horn J, Isselstein J. 2024. How do grazing beef and dairy cattle respond to virtual fences? A review. *Journal of Animal Science* 102, skae108. <https://doi.org/10.1093/jas/skae108>

Bijlage 1

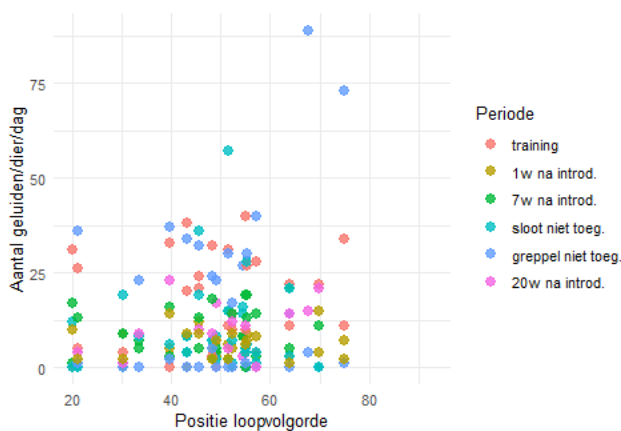
In de regressieanalyses zijn enkele statistisch significante, maar zwakke relaties gevonden tussen koekenmerken en de mate van interactie met de virtuele afrastering. Deze bijlage toont scatterplots van deze relaties. De figuren laten echter geen sterke verbanden zien op populatieniveau, waardoor de resultaten voorzichtig moeten worden geïnterpreteerd.



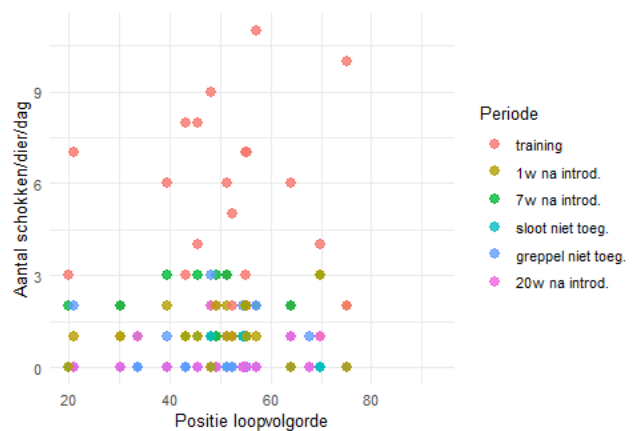
Figuur B1.1. Relatie tussen de dagelijkse melkgift en het aantal ontvangen geluiden per dier per dag. De kleuren geven de meetperiode weer.



Figuur B1.2. Relatie tussen de positie in de rangorde en het aantal ontvangen geluiden per dier per dag. De kleuren geven de meetperiode weer.



Figuur B1.3. Relatie tussen de positie in de loopvolgorde en het aantal ontvangen geluiden per dier per dag. De kleuren geven de meetperiode weer.



Figuur B1.4. Relatie tussen de positie in de loopvolgorde en het aantal ontvangen schokken per dier per dag. De kleuren geven de meetperiode weer.