



# **Geschiktheid van draadloze afrastering (virtual fence) voor de bescherming van biodiversiteit in weidepercelen**

Pedro Janssen, Nyncke Hoekstra, Brigitte de Bruijn,  
Monique Bestman



© januari 2025, Louis Bolk Instituut, Bunnik

Geschiktheid van draadloze afrastering (virtual fence) voor de  
bescherming van biodiversiteit in weidepercelen

Pedro Janssen<sup>1</sup>, Nyncke Hoekstra<sup>1</sup>, Brigitte de Bruijn<sup>2</sup>, Monique  
Bestman<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Louis Bolk Instituut <sup>2</sup> Wageningen Livestock Research

26 pagina's

Publicatienummer:

2025-6361-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](http://www.louisbolk.nl/publicaties)

[www.louisbolk.nl](http://www.louisbolk.nl)

[info@louisbolk.nl](mailto:info@louisbolk.nl)

T 0343 523 860

Kosterijland 3-5

3981 AJ Bunnik

# Inhoud

<b>1 Samenvatting</b>	<b>4</b>
<b>2 Summary</b>	<b>4</b>
<b>3 Inleiding</b>	<b>5</b>
<b>4 Materialen en methoden</b>	<b>6</b>
4.1 Proefopzet	6
4.2 Selectie van de koeien	8
4.3 Systeem draadloze afrastering	8
4.4 Dataverzameling	9
4.4.1 <i>Data uit Nofence-app</i>	9
4.4.2 <i>Grashoogte</i>	10
4.4.3 <i>Vertrapping</i>	10
4.4.4 <i>Effectiviteit</i>	10
4.4.5 <i>Diergedrag</i>	10
<b>5 Resultaten</b>	<b>12</b>
5.1 Effectiviteit van de uitsluitingen	12
5.2 Aantal geluidsignalen en elektrische schokken	16
5.3 Diergedrag	18
5.3.1 <i>Activiteitmeters</i>	18
5.3.2 <i>Gedragsobservaties</i>	19
<b>6 Discussie</b>	<b>20</b>
6.1 Diergedrag en dierenwelzijn	21
6.2 Toepasbaarheid uitrasteren elementen	22
6.3 Systeem draadloze afrastering	23
<b>7 Conclusies</b>	<b>24</b>

# 1 Samenvatting

Dit onderzoek richtte zich op de inzetbaarheid van draadloze afrastering (virtual fence) ter bescherming van biodiversiteit in weilanden, specifiek weidevogelnesten en greppels. Gedurende vijf weken droegen tien melkkoeien gps-halsbanden die gebruikt werden om begrazing binnen bepaalde zones te beperken. Het experiment vond plaats op de Dairy Campus in Leeuwarden, met toenemende complexiteit in uitsluitingen.

Belangrijke bevindingen zijn dat met het geteste systeem een minimale uitsluitingsgrootte van 15 meter diameter vereist was om weidevogelnesten effectief te beschermen. Kleiner uitgevoerde zones bleken niet haalbaar vanwege GPS-nauwkeurigheid en foutgevoeligheid bij het intekenen. Voor greppels was een minimale breedte van 8 meter aan weerszijden nodig om begrazing te voorkomen. Smalle zones verhoogden verwarring en risico op schokken bij koeien.

De gemiddelde succesratio van het systeem was hoog (99%), wat aangeeft dat koeien het systeem goed begrepen en elektrische schokken grotendeels vermeden. De vertrouwensratio, die interactie met het systeem weerspiegelt, nam gedurende de proef toe van 17% naar 57%. Er was geen indicatie van negatieve effecten op dierenwelzijn.

De resultaten tonen aan dat draadloze afrastering effectief kan zijn voor biodiversiteitsbeheer, maar dat technologische verbeteringen nodig zijn, zoals nauwkeuriger gps-systemen en intuïtievare software voor mens en koe. Ook moet er gekeken worden naar bredere effecten en inzetbaarheid in praktijksituaties. Verder onderzoek moet zich richten op langetermijneffecten op dierenwelzijn, interactie tussen weidevogels en draadloze afrastering, en de mogelijkheid om natte plekken en greppels effectief uit te rasteren. Dit onderzoek onderstreept de potentie van draadloze afrastering als innovatieve en flexibele oplossing voor het beschermen van biodiversiteit in combinatie met het toepassen van weidegang.

## 2 Summary

This study examined the feasibility of virtual fencing for biodiversity protection in pastures, focusing on meadow bird nests and ditches. Over five weeks, ten dairy cows wore GPS collars to restrict grazing in designated areas at Dairy Campus, Leeuwarden. Findings show that a minimum exclusion size of 15 meters in diameter was needed to protect nests effectively, while ditches required an 8-meter buffer on each side to prevent grazing. The system had a high success rate (99%), indicating cows understood the boundaries. The trust ratio increased from 17% to 57%, showing growing confidence. No negative effects on animal welfare were observed. Virtual fencing proves promising for biodiversity management, but technological improvements are needed, such as more precise GPS and user-friendly software. Future research should explore long-term effects on animal welfare, bird interactions, and improved exclusion designs.

### 3 Inleiding

Het verlies van biodiversiteit is een toenemend probleem in landbouwgebieden. In de afgelopen decennia is bijvoorbeeld het aantal weidevogels steeds verder teruggelopen. Hierbij is de bescherming van weidevogelnesten tegen verstoring door vee essentieel voor het behoud van deze soorten. Begrazing van vee kan voordelen brengen voor het succes van weidevogels, maar alleen als het aan de voorwaarde voldoet dat er genoeg variatie in gewashoogte overblijft binnen een perceel (Báldi et al. 2005, Buckingham et al. 2006, Churchwell et al. 2005, Pakanen et al. 2011, van Eekeren et al. 2022). Bij te intensieve begrazing blijft er te weinig variatie over en worden nesten vertrapt. Traditionele afrasteringsmethoden zijn vaak arbeidsintensief en verstoren de natuurlijke omgeving, wat de bescherming van nesten bemoeilijkt. Bovendien kunnen markerings in het veld juist predatoren aantrekken. Draadloze afrastering biedt een innovatieve oplossing door gebieden flexibel uit te rasteren zonder fysieke afbakening.

Naast de bescherming van weidevogelnesten, kan dit systeem ook worden ingezet voor het afschermen van kwetsbare flora, nieuw aangeplante bomen en struiken, of het uitrasteren van greppels en kwelplekken. In het veenweidegebied is er steeds meer sprake van greppelinfiltratie om percelen te vernatten om zo bodemdaling en daaraan gerelateerde CO<sub>2</sub>-emissies te remmen. Echter, vernatting door greppelinfiltratie kan met name rondom de greppel resulteren in slechte draagkracht, wat in combinatie met beweiding kan leiden tot vertrapping en opbrengstverliezen (Hoekstra et al. 2024). Daarnaast is er juist in deze natte zones een grotere kans op leverbotbesmetting (Hoving et al., 2021).

Bij gebruik van schrikdraad is de grens voor het vee duidelijk afgebakend, maar bij draadloze afrastering speelt de nauwkeurigheid van het gps-systeem een belangrijke rol. Een minder scherpe grens kan leiden tot een overgangsg gebied waarin het vee minder intensief graast, maar niet volledig wordt uitgebannen. Dit kan problematisch zijn wanneer gevoelige zones, zoals weidevogelnesten, volledig beschermd moeten worden tegen vertrapping door koeien. Anderzijds kunnen deze overgangszones juist ook interessant zijn voor biodiversiteit doordat er gradiënten binnen het perceel ontstaan. Daarnaast is het belangrijk om inzicht te krijgen in de mate van complexiteit waarmee het systeem kan worden ingezet (bijvoorbeeld meerdere nesten uitrasteren per perceel, meerdere greppels binnen een perceel) waarbij de koeien nog goed met het systeem om kunnen gaan en er geen negatieve impact is op dierenwelzijn.

In voorgaand onderzoek is onderzocht hoe draadloze afrastering kan worden toegepast bij verschillende veesoorten, zoals vleesvee, schapen, geiten en melkvee (Aaser et al. 2022, Campbell et al. 2019, de Bruijn et al. 2024, Hamidi et al. 2022, Herlin et al. 2021). Deze studies hebben voornamelijk gekeken naar de effectiviteit van het systeem en de impact ervan op het welzijn van de dieren. Daarbij zijn vergelijkingen gemaakt met schrikdraad, dat momenteel de standaard is. Echter, tot nu toe is er geen onderzoek gedaan naar de mogelijkheden van



draadloze afrastering om specifieke gebieden uit te rasteren om zo bijvoorbeeld biodiversiteit te bevorderen (Wätzold et al. 2024).

Dit experiment werd uitgevoerd om te onderzoeken hoe effectief draadloze afrastering gebruikt kan worden voor het uitsluiten van specifieke gebieden in weilanden, zoals vogelnesten, en om de impact van dergelijke uitsluitingen op het gedrag van melkvee en de vegetatie te evalueren.

De onderzoeksvragen in dit experiment zijn:

- Is het mogelijk om met draadloze afrastering specifieke gebieden uit te rasteren?
- Wat is de minimale grootte van een uitsluiting om effectief bescherming te bieden aan weidevogelnesten?
- Wat is de minimale breedte van een uitsluiting om begrazing rond een greppel effectief te verminderen?
- Wat is het effect van deze uitsluitingen op de grasopname binnen de uitsluiting en in de rest van het perceel?
- Wat is het effect van deze uitsluitingen op koegedrag?
- Wat zijn de technologische beperkingen die van invloed zijn op de effectiviteit van draadloze afrastering?

Om deze vragen te beantwoorden, hebben wij gedurende vijf weken tien melkkoeien gevolgd die waren uitgerust met een draadloze afrasteringshalsband. Iedere week werd de complexiteit van de afrastering verhoogd door de grootte van de uitgesloten zones aan te passen en de afstand tussen de draadloze afrasteringen te verkleinen. Dit stelde ons in staat om te onderzoeken hoe deze factoren de effectiviteit van de uitsluitingen beïnvloedden.

## **4 Materialen en methoden**

### **4.1 Proefopzet**

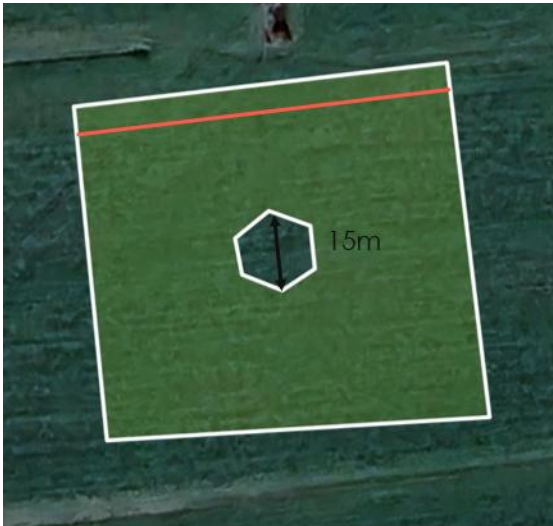
Het experiment werd uitgevoerd op proefboerderij Dairy Campus in Leeuwarden van 11 juli tot 14 augustus 2024. Gedurende vijf weken werden tien melkkoeien op wekelijks wisselende percelen geplaatst van ongeveer 1 ha, waarbij de grootte van de uitsluitingen en de afstand tussen de draadloze afrasteringen wekelijks varieerden om de complexiteit te verhogen (Figuur 1). De grootte van elk subperceel werd bepaald op basis van de verwachte grasopname door de koeien en de hoeveelheid gras die in elk perceel aanwezig was. Elke donderdag kregen de koeien toegang tot een nieuw perceel met vers gras. De koeien gingen dagelijks rond 8:00 uur naar buiten en werden rond 17:00 uur weer naar binnen gebracht. Op twee dagen werden de koeien eerder naar binnen gehaald vanwege de hoge temperaturen, op advies van de verzorgers. Om de effecten van de weersomstandigheden op het gedrag te kunnen duiden, is gebruikgemaakt van weerdata van een nabijgelegen weerstation.



**Week 1.** Eén nest draadloos uitgerasterd. Buitenranden fysieke draad



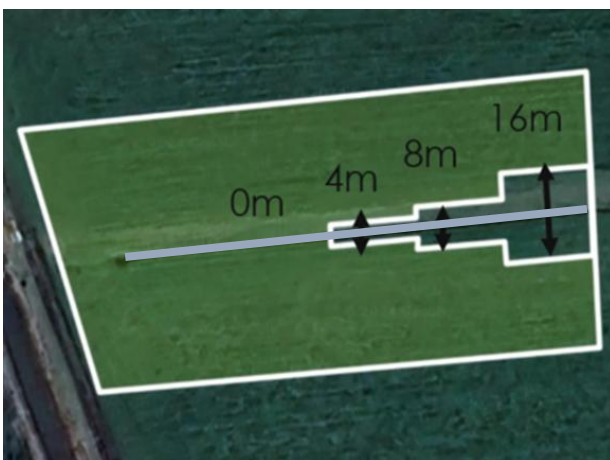
**Week 2.** Eén nest draadloos uitgerasterd. Alleen westkant draadloze afrastering



**Week 3.** Eén nest draadloos uitgerasterd. 3 buitenranden draadloos.



**Week 4.** Twee nesten draadloos uitgerasterd. Alle buitenranden draadloos.



**Week 5.** Uitrastering van greppel met verschillende breedtes door virtuele draad. Buitenranden allemaal virtueel.

- Fysieke draad
- Draadloze afrastering
- Greppel

Figuur 1. Proefopzet gedurende de 5 proefweken.

## 4.2 Selectie van de koeien

De koeien waren afkomstig uit een onderzoek naar de werkbaarheid van draadloze afrastering binnen twee beweidingssystemen, waarbij 32 koeien getraind waren met een systeem voor draadloze afrastering (Burgers et al., 2025). Er zijn tien koeien geselecteerd op basis van hun interacties met het systeem; zowel koeien die veel en weinig geluidsignalen kregen. Drachtige koeien werden gekozen om te voorkomen dat hun gedrag zou worden beïnvloed door tochtigheid of het afkalven tijdens de experimentele periode. De dieren waren dus al gewend aan het systeem. Zie Burgers et al. (2025) voor een beschrijving van de training van de dieren.

## 4.3 Systeem draadloze afrastering

Voor de afrastering werd gebruikgemaakt van het Nofence-systeem, dat werkt met gps-halsbanden die geluidsignalen en elektrische schokken afgeven wanneer koeien de grenzen van een vooraf bepaald gebied naderen. De gps van de Nofence-halsbanden heeft een nauwkeurigheid van 3 meter. Wanneer een koe de virtuele grens overschrijdt, ontvangt ze allereerst een geluidssignaal die haar waarschuwt en haar de gelegenheid geeft om terug te gaan. Na enige tijd volgen maximaal drie schokken voordat het systeem automatisch wordt uitgeschakeld en er een melding 'dier is ontsnapt' naar de Nofence-app wordt verzonden (<https://www.Nofence.no/en/>).

De percelen werden vooraf ingetekend in de Nofence-app, waarbij de grootte werd gebaseerd op de verwachte grasgroei en opname door de koeien. Na het instellen van het gehele perceel in de app, werden de uitsluitingen in het veld gemarkeerd door een persoon die ter plekke de juiste grootte van de uitsluiting bepaalde. Dit gebeurde door op de hoeken van het uit te rasteren object te gaan staan en deze hoeken als grenzen van de uitsluiting in de app op de telefoon aan te geven. Gedurende het experiment werden de grenzen van de draadloze afrastering aangepast om de complexiteit te verhogen, bijvoorbeeld door de afstand tussen de lijnen te verkleinen of de vorm van de uitsluiting te veranderen. De virtuele lijnen van de uitgerasterde elementen werden ook met gele piktjes in het veld weergegeven. Daarnaast werd er midden in het uitgerasterde element een dummie-nest gelegd, als "dubbel" check voor vertrapping tijdens de proefperiode (Figuur 2).





Figuur 2. Met behulp van de Nofence app op de telefoon werd in het veld de uit te rasteren zone ingemeten en gemarkeerd met piketjes. Daarnaast werd een dummie nest geplaatst om eventuele vertrapping te registreren. Helaas bleken ook andere dieren deze nesten interessant te vinden, waardoor deze in één geval al voor de start van de proef weer was "verdwenen"

## 4.4 Dataverzameling

### 4.4.1 Data uit Nofence-app

De Nofence-app leverde gegevens over het aantal geluidssignalen en schokken die de koeien ontvingen, evenals hun locatie binnen het perceel. De locatie werd elke 15 minuten doorgegeven, en elke keer dat de halsband een geluidssignaal of schok gaf, werd de locatie hiervan geregistreerd. Deze data werd vervolgens omgezet in heatmaps met behulp van QGIS om de ruimtelijke verdeling van de koeien over het perceel te visualiseren. Het aantal geluidssignalen en schokken per koe per dag werd geanalyseerd om verschillen in gedrag, interacties met het systeem en leervermogen vast te leggen.

Uit deze gegevens werden de volgende indicatoren berekend naar Hamidi et al., (2024):

- Succes = # geluidssignalen - # elektrische schokken

Het aantal 'succesvolle' geluidssignalen is het aantal geluidssignalen, waarbij een koe is omgedraaid en dus een schok heeft vermeden.

- Succesratio = Succes / # geluidssignalen

De succesratio is het aandeel correcte reacties op het totaal aantal geluidssignalen. De succesratio laat echter niet zien of een koe veel of weinig interacties met het systeem heeft

gehad. Een koe die bang is voor het systeem en interacties vermijdt, kan net zo hoog scoren als een koe die vrijwillig de grenzen opzoekt en daardoor een hoger aantal interacties heeft. Om dat onderscheid wel te kunnen maken, is de vertrouwensratio ontwikkeld (Hamidi et al., 2024). Deze laat zien in hoeverre koeien vrijwillig interacties met de draadloze afrastering aangaan en een succesvolle uitkomst (geen schok) hebben. Dit is van belang in het kader van dierenwelzijn omdat een hoge vertrouwensratio laat zien dat dieren vrijwillig een interactie aangaan.

- $\text{Vertrouwensratio} = (\text{Succesratio} \times \text{Succes}) / 20$

Het getal 20 is gebaseerd op de instellingen van het Nofence systeem. Het systeem kent nl. een trainingsmodus, die na 20 succesvolle interacties overgaat in de standaardmodus. Zie Hamidi et al. (2024) voor meer details hierover.

#### **4.4.2 Grashoogte**

Grashoogtemetingen werden uitgevoerd vóór het betreden van elk nieuw perceel en opnieuw na afloop van de week. In de uit te rasteren zones en de rest van het perceel werden voorafgaand aan de begrazing 30 metingen gedaan om de hoogte van het gras vast te leggen. Gedetailleerde metingen werden uitgevoerd in de uitgesloten gebieden om veranderingen in grasopname en -groei te documenteren. De metingen werden uitgevoerd met een Jenquip EC-09 grashoogtemeter.

#### **4.4.3 Vertrapping**

Aan het einde van elke week werd de mate van vertrapping beoordeeld, inclusief het aantal zichtbare mestflatten. De beoordeling werd visueel uitgevoerd, waarbij de nadruk lag op de bescherming van de uitgesloten gebieden.

#### **4.4.4 Effectiviteit**

In de context van dit onderzoek verwijst 'effectiviteit' specifiek naar de mate waarin draadloze afrastering in staat is om weidevogelnesten te beschermen en ongewenste begrazing en vertrapping binnen de uitgesloten zones te minimaliseren. De effectiviteit van de uitsluitingen werd beoordeeld aan de hand van een kwalitatieve combinatie van vertrapping en begrazing binnen de uitsluitingen.

#### **4.4.5 Diergedrag**

Het meten van diergedrag is gedaan door dezelfde onderzoekers en op dezelfde werkwijze als in het voorafgaande experiment (Burgers et al., 2025).

Om gedrag continue te meten werden alle koeien uitgerust met een activiteitssensor van CowManager (SensOor). De SensOor werd bevestigd aan het oor van de koe op de plek van het

oornummer. De SensOor meet het aandeel grazen, herkauwen, activiteit en inactiviteit in minuten per uur, en oortemperatuur. Gedragingen zijn vervolgens uitgedrukt in gemiddelde per koe per dag. Relaties tussen gedragingen en de verschillende observatieweken zijn statistisch geanalyseerd met behulp van een lineaire regressie met gedraging als afhankelijke variabele, proefweek als onafhankelijke variabele en koenummer als herhalende observatie.

Naast continue gedragsmetingen zijn gedragsobservaties uitgevoerd in op vrijdagen in week 1, 3 en 5 van de proefperiode. Tijdens een observatiedag werd om 9:00u, 11:00u en 13:00u een observatie van 60 minuten uitgevoerd. Het algemene gedrag in de weide werd in kaart gebracht door middel van scan sampling van alle 10 koeien met een observatie interval van 3 minuten. Daarnaast werd gedurende de gehele 60 minuten het gedrag geobserveerd van dieren na een interactie met de fysieke of draadloze afrastering. De gebruikte ethogrammen zijn te vinden in tabel 1 en 2. De gedragsobservaties zijn uitgevoerd door een tweetal observatoren. Training om het gebruikt van de ethogram te standaardiseren tussen observatoren vond plaats voorafgaand aan de eerste observatiedag. De observatiedata werden als volgt verwerkt: per gedraging werd het % berekend waarmee deze waargenomen werd over het totaal aantal geobserveerde gedragingen. Vervolgens werden per gedraging de verschillen tussen observatiedagen en observatiemomenten statistisch geanalyseerd met behulp van een lineaire regressie met gedraging als afhankelijke variabele en observatiedag of -moment als onafhankelijke variabele.

Tabel 1. Ethogram met gedragingen voor de 5-minuten scan sampling

Gedraging	Beschrijving
Lopen	Voorwaarts bewegen met één been tegelijk in een gelijke pas. De beweging gaat door voor meer dan één lichaamslengte.
Draf	Voorwaarts bewegen met een snelheid sneller dan lopen. Het hoofd wordt omhoog gehouden. De beweging gaat door voor meer dan één lichaamslengte.
Rennen	Snel vooruit bewegen met maximaal 2 benen aan de grond op hetzelfde moment.
Liggen	Rusten met het hele lichaam op de grond
Grazen	Hoofd gebogen naar de grond en frequent happen van gras
Drinken	Hoofd gebogen in de drinkbak en water opnemen.
Stilstaan	Staan met vier poten tegelijkertijd op de grond zonder voor- of achterwaartse beweging.
Overig	Overige gedragingen

Tabel 2. Ethogram met gedragingen bij een geobserveerde interactie met de (draadloze) afrastering

Gedraging	Beschrijving
Bokken	Beide achterpoten van de grond, en naar achter uitgestrekt. Voorpoten op de grond.
Hoofd schudden	Krachtige beweging van het hoofd en/of nek van links naar rechts.
Vocaliseren	Een angstige roep met een lage toon na ontvangen van een stimulus
Ontsnappen	De (draadloze) afrastering over gaan voor ten minste 5 meter
Opzij draaien	Lichaamsdraai van 90 tot 180° zodat het dier (bijna) parallel is aan de (draadloze) afrastering
Omdraaien	Lichaamsdraai van zo'n 180° zodat de koe wegstijkt van de (draadloze) afrastering
360° draaien	Volledige lichaamsdraai van 360° of meer
Overig	Overige gedragingen

## 5 Resultaten

### 5.1 Effectiviteit van de uitsluitingen

De effectiviteit van de virtuele uitsluitingen werd beoordeeld gedurende vijf weken, waarbij de draadloze afrastering werd ingezet met toenemende complexiteit.

In week één leidde een vierkante uitsluiting van 9x9 meter niet tot een effectieve uitsluiting. Er was vertrapping door koeien rondom het nest.

In de tweede week werd een zeshoekige uitsluiting met een diameter van 15 meter toegepast. Binnen deze uitsluiting nam de grashoogte in het midden toe met 331 kg ds (omgerekend per hectare). Aan de buitenste rand van de uitsluiting was een afname van 338 kg ds zichtbaar, terwijl het gras net buiten de uitsluiting een vergelijkbare afname liet zien als de rest van het perceel (-637 kg ds, tabel 3). Desondanks waren er veel overschrijdingen van koeien die in de uitsluiting een geluidssignaal of schok hebben gekregen (figuur 4).

Week drie toonde weinig verschil in grashoogte binnen de zones van de uitsluiting. Een defecte halsband bij één koe resulteerde in begrazing binnen de uitsluiting, wat het waargenomen resultaat beïnvloedde. Overal in het perceel was een afname in grashoeveelheid van circa 350 kg ds.

In de vierde week werden twee uitsluitingen vergeleken: één met een diameter van 15 meter en een andere van 10 meter. Het midden van de grotere uitsluiting liet een groei zien van 238 kg ds, terwijl het midden van de kleinere uitsluiting een afname van 205 kg ds toonde. Ook het aantal overschrijdingen van de virtuele grens was lager bij de uitsluiting van 15 meter, wat de effectiviteit ervan verder bevestigde (figuur 4). Dit onderstreept dat een uitsluiting met een minimale diameter van 15 meter nodig is voor effectieve bescherming. Omdat in week 3 de dieren minder tijd doorbrachten in de oostelijke helft van het perceel dan in de westelijke helft, werd in week 4 de

grashoogte afzonderlijk gemeten voor beide helften (tabel 3). Uit deze analyse bleek echter niet dat de dieren minder graasden in de oostelijke helft, ondanks dat deze moeilijker te bereiken was 'achter' de uitsluitingen.

Tijdens de laatste week, met variabele uitsluitingen langs een greppel, resulteerde een breedte van 0 meter in een afname van 532 kg ds (tabel 4). Naarmate de breedte toenam naar 2, 4 en 8 meter, namen de begrazing af en werd bij 4 en 8 meter zelfs een groei waargenomen van respectievelijk 42 en 154 kg ds. Deze resultaten benadrukken dat bredere uitsluitingen langs kwetsbare gebieden zoals greppels effectief zijn in het verminderen van begrazingsimpact.

In alle weken waarin uitsluitingen in het midden van het perceel werden geplaatst (weken 1-4), was zichtbaar dat de koeien meer tijd doorbrachten in de westelijke helft van het perceel, waar de waterbak stond, in vergelijking met de oostelijke helft van de uitsluiting (figuur 4). Dit patroon lijkt af te wijken van de referentieweek uit de voorafgaande beweidingsproef (Burgers et al., 2025), waar geen sprake was van uitsluiting. In deze referentieweek liet de heatmap (figuur 5) een meer gelijkmatige verdeling van de koeien over het perceel zien, terwijl de heatmaps van de proefweken een duidelijke concentratie rond de westelijke helft tonen. Om dit effect te testen moet hier specifiek naar gekeken worden in een vervolproef.

Tabel 3. Effectiviteit van de uitrastering op basis van grashoogte (verschil in grashoogte tussen de start en het einde van de week) en visuele waarnemingen m.b.t. vertrapping beweiding rondom nest.

Week	Grootte uitsluiting (m)	Verschil in grashoogte (kg ds / ha)				Perceel	"Eieren" vertrappt	Afstand beweiding vanaf nest
		Afstand tot midden uitsluiting						
		0-2m	2-4m	4-6m	6-8m			
1	9	507	451	147	-322	Ja	Tot aan nest	
2	15	331	-252	-338	-637	-639	Ja	Tot aan nest
3	15	-345	-385	-334	-358	-929	Nee	Tot aan nest*
4	15	238	-259	-289	-791	-1001**	Nee	3m
4	10	-205	-289	-775		-1001**	Nee	2m

\* Koe met defecte halsband gedurende de week

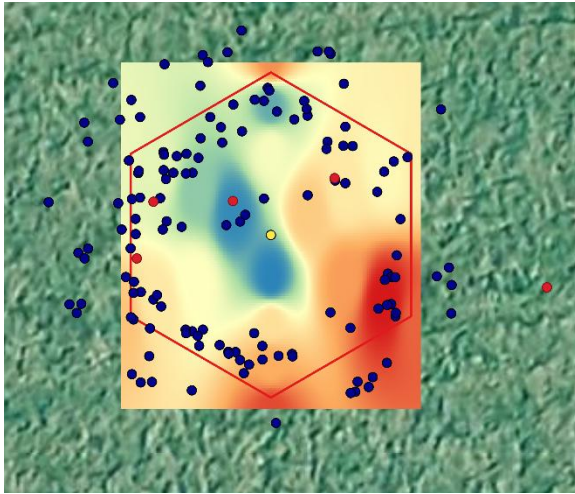
\*\* Gemiddelde van oost- en westzijde van uitsluiting. Oost: -1106. West: -896

Tabel 4. Verschil in grashoogte (kg drogestof / ha) tussen start en einde week 5 rond uitsluiting. Grootte uitsluiting is aan één zijde greppel.

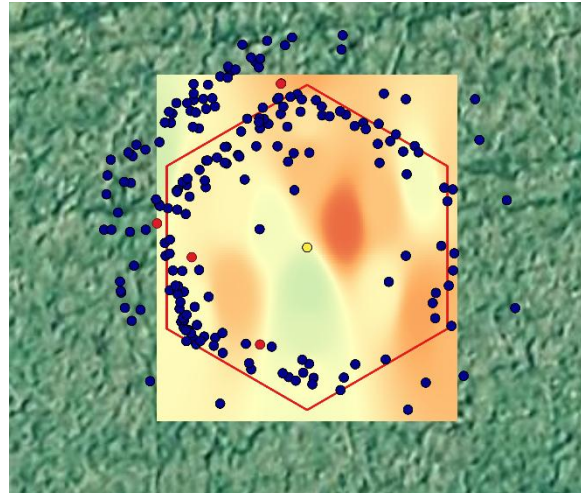
Grootte uitsluiting	Afstand vanaf greppel					Perceel
	0-2m	3-4m	5-6m	7-8m	9-10m	
0m	-532	-196	-322	NA	NA	-539
2m	-151	-403	-98	NA	NA	-539
4m	42	-18	-49	NA	NA	-539
8m	154	186	279	-196	-445	-539



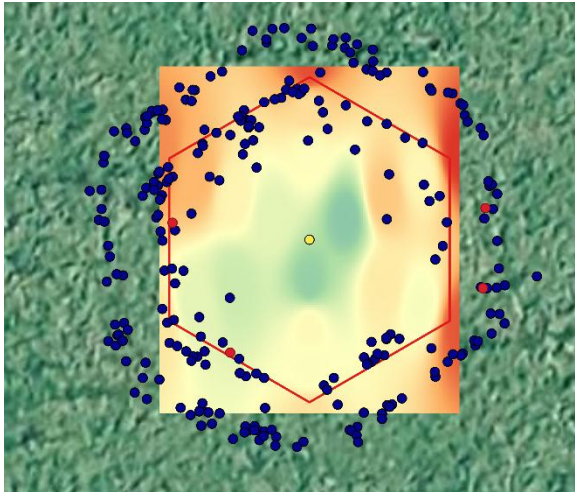
Week 2



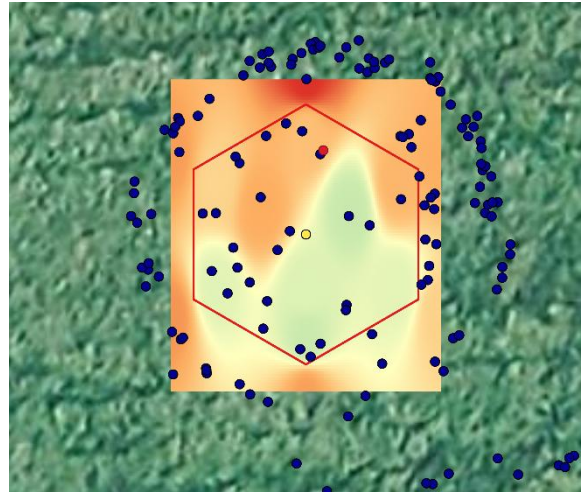
Week 3



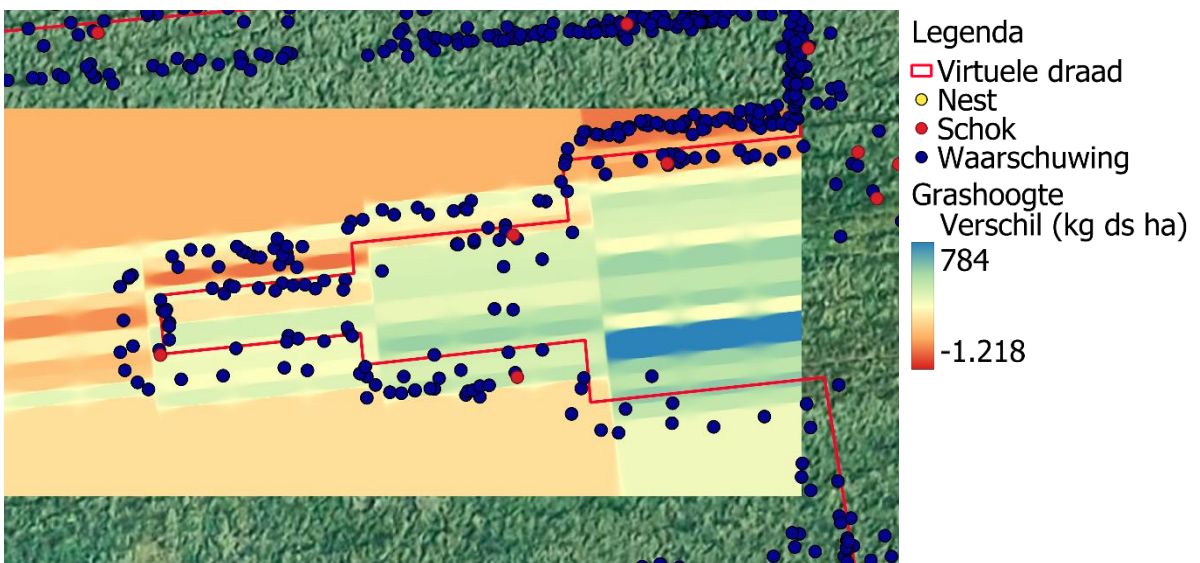
Week 4: nest 1 (diameter 15 m)



Week 4: nest 2 (10 m)



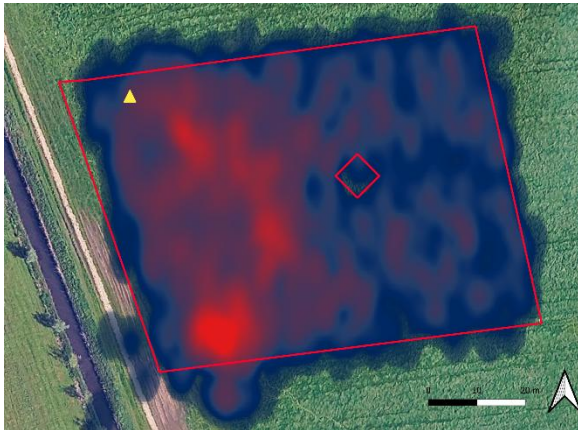
Week 5 verschillende afstanden tot greppel



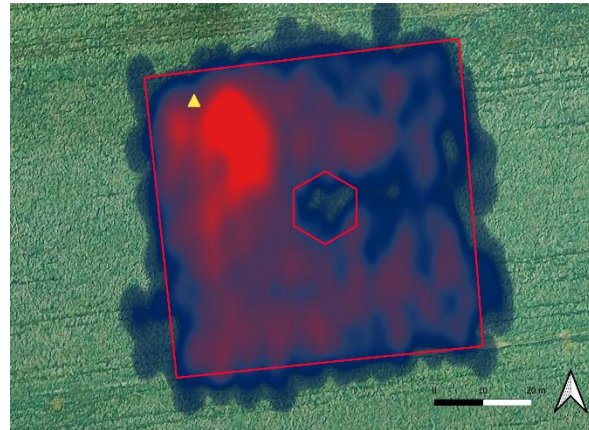
Figuur 3. Uitsluitingen, grasgroei, geluidssignalen en schokken rondom de uitgerasterde nesten en greppels in de 5 meetweken. Week 1 ontbreekt vanwege een andere opzet van grashoogtemetingen.



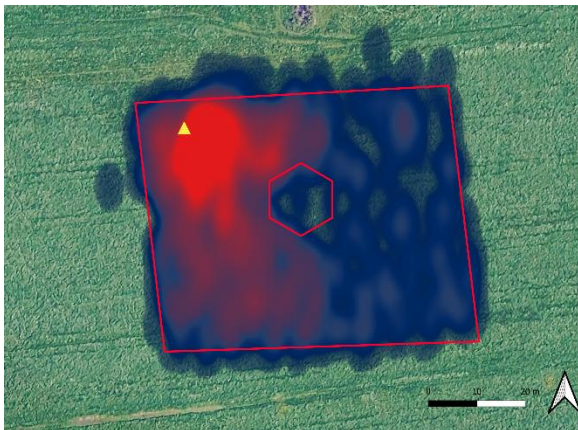
Week 1



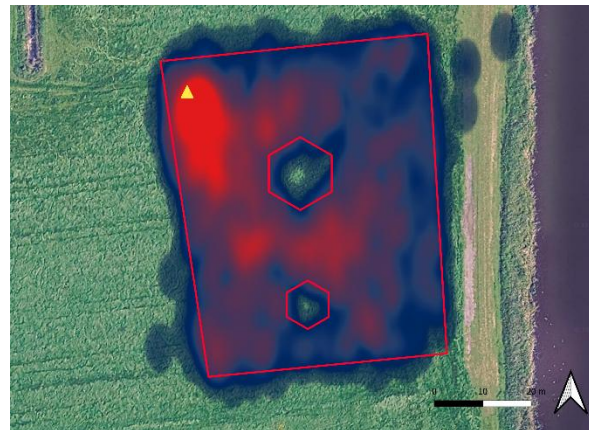
Week 2



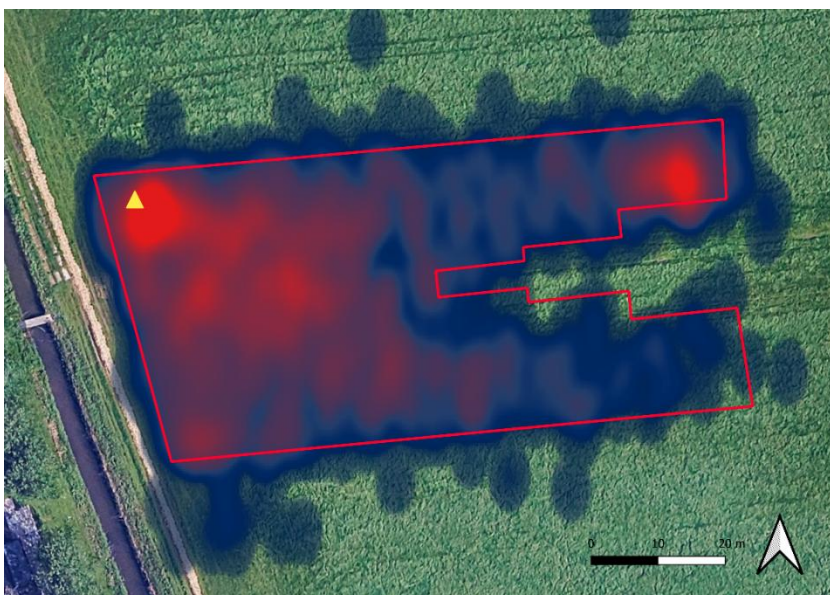
Week 3



Week 4



Week 5



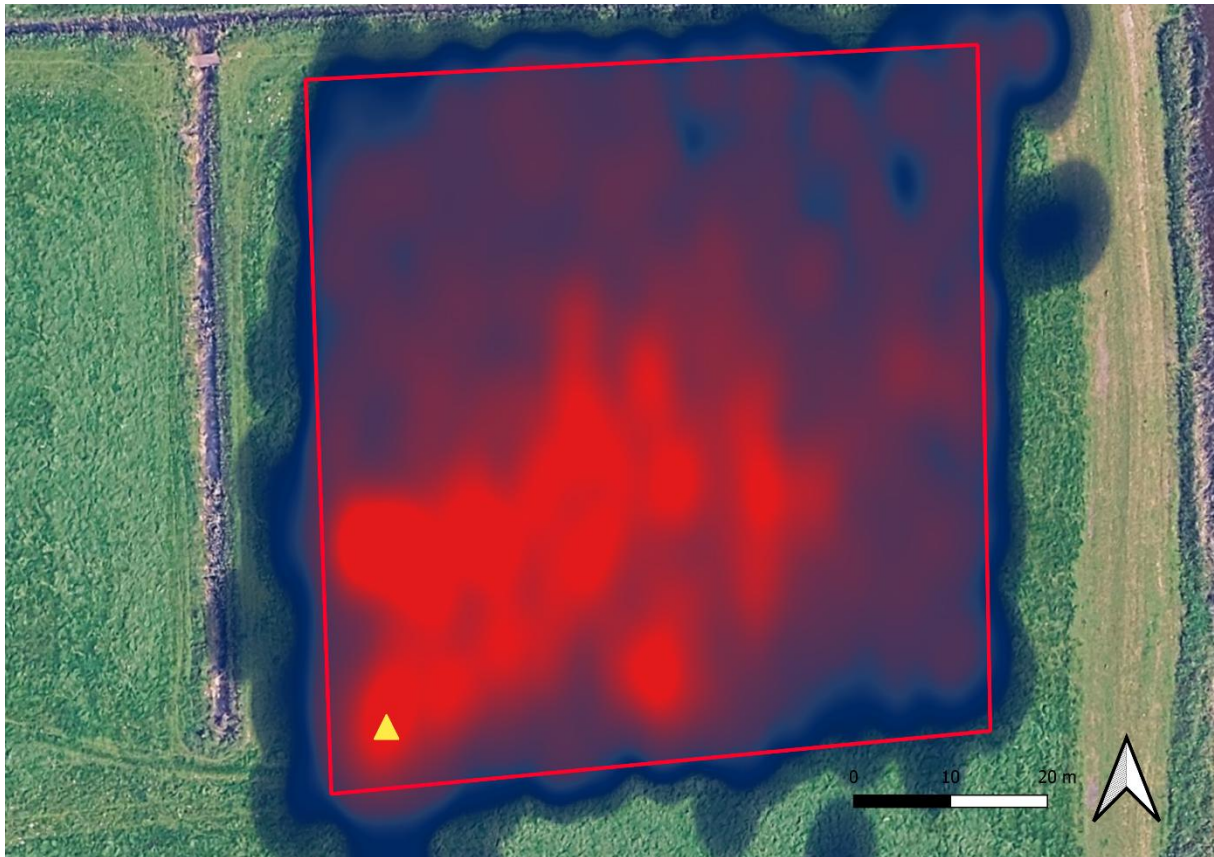
Waterbak  
Draadloze afrastering  
Aantal doorgegeven posities  
69,969835

0



Figuur 4. Heatmaps van de locaties van koeien. De waterbakken zijn iedere week in de westelijke helft van het perceel geplaatst.





Figuur 5. Heatmap van de referentieweek uit de beweidingsproef van Burgers et al. (2025).

## 5.2 Aantal geluidssignalen en elektrische schokken

Gedurende de proefperiode deden zich problemen voor met het uitschakelen van de Nofence-halsbanden wanneer de koeien aan het einde van de dag naar binnen werden gehaald. Bij een aantal dieren bleef de halsband ingeschakeld, wat leidde tot ongewenste schokken wanneer de groep gezamenlijk naar binnen ging.

Deze geluidssignalen en schokken waren dus niet direct gerelateerd aan de proefopzet. Om hiervoor te corrigeren, presenteren we in tabel 5 zowel het totaal aantal signalen, als het aantal signalen binnen het proefperceel.

Gedurende de proefperiode ontvingen de koeien gemiddeld 0.31 elektrische schokken per koe per dag, waarvan 0.11 schokken per koe per dag binnen het uitgezette perceel. Daarnaast kregen de dieren gemiddeld 10.8 geluidssignalen per koe per dag, waarvan 10.4 per koe per dag binnen het uitgezette perceel. Het aantal interacties met het systeem en daarmee ook het aantal geluidssignalen en schokken, namen toe in de loop van de weken, dus bij toenemende complexiteit van de uitgezette percelen. De succesratio (aandeel geluidssignalen dat niet wordt gevolgd door een elektrische schok) was met 99% hoog en bleef hoog, waarschijnlijk omdat de dieren het systeem al kenden uit het voorafgaande experiment (Burgers et al., 2025). De vertrouwensratio, een indicator voor het aantal vrijwillige interacties met het systeem, nam toe gedurende de proef van 0.17 naar 0.57.

Tabel 5. Gemiddeld aantal geluidssignalen en elektrische schokken (beide per koe per dag), succes, succesratio en vertrouwensratio gedurende de vijf meetweken. Standaardfout tussen haakjes.

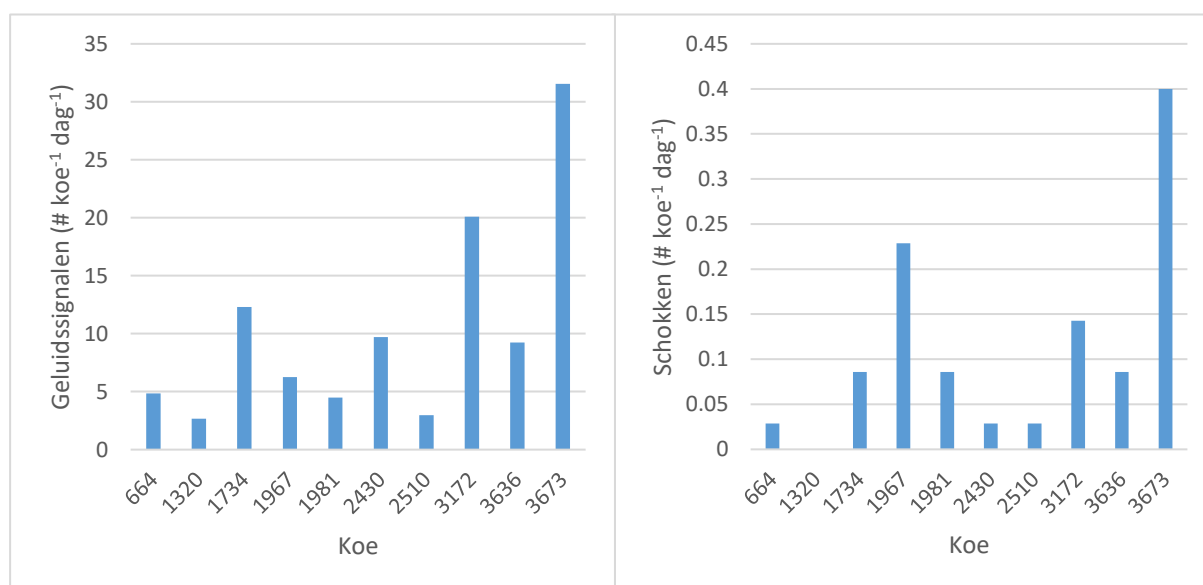
Week	# Geluidssignalen		# elektrische schokken		Succes*	Succes-ratio**	Vertrouwens-ratio***
	Totaal	Binnen perceel	Totaal	Binnen perceel			
1	2,6 (0,6)	2,5 (0,7)	0,04 (0,03)	0,01 (0,01)	2,5 (0,7)	99% (1%)	17% (4%)
2	5,5 (1,2)	4,9 (1,2)	0,21 (0,06)	0,06 (0,03)	4,9 (1,2)	99% (0%)	24% (5%)
3	9,7 (2,5)	9,0 (2,4)	0,39 (0,09)	0,09 (0,03)	8,9 (2,4)	99% (1%)	40% (8%)
4	17,9 (5,0)	17,6 (5,1)	0,40 (0,10)	0,17 (0,07)	17,5 (5,0)	98% (1%)	56% (9%)
5	18,3 (5,9)	18,0 (5,8)	0,51 (0,17)	0,23 (0,11)	17,8 (5,8)	99% (0%)	57% (9%)
<b>Gem.</b>	<b>10,8 (3,1)</b>	<b>10,4 (3,0)</b>	<b>0,31 (0,09)</b>	<b>0,11 (0,05)</b>	<b>10,3 (3,0)</b>	<b>99% (1%)</b>	<b>39% (7%)</b>

\*Succes = # geluidssignalen - # elektrische schokken: dit zijn de 'succesvolle' geluidssignalen geweest, waarbij een koe is omgedraaid en een schok heeft kunnen voorkomen (hoe hoger, hoe succesvoller).

\*\*Succesratio = Succes/ # geluidssignalen (hoe hoger, hoe succesvoller).

\*\*\*Vertrouwensratio = Succesratio \* (succes/20). Bij succesratio en vertrouwensratio betekent 1 maximaal en 0 minimaal; hoe hoger, hoe beter.

De koeien verschilden onderling in het aantal ontvangen geluidssignalen en schokken (figuur 6). Sommige koeien kregen tot wel 450 geluidssignalen in een week, terwijl andere koeien niet boven de 30 geluidssignalen per week kwamen. Op individueel niveau nam de vertrouwensratio bij alle koeien toe over de proefperiode.



Figuur 6. Aantal geluidssignalen en schokken gemiddeld per koe per dag gemiddeld over alle weken.

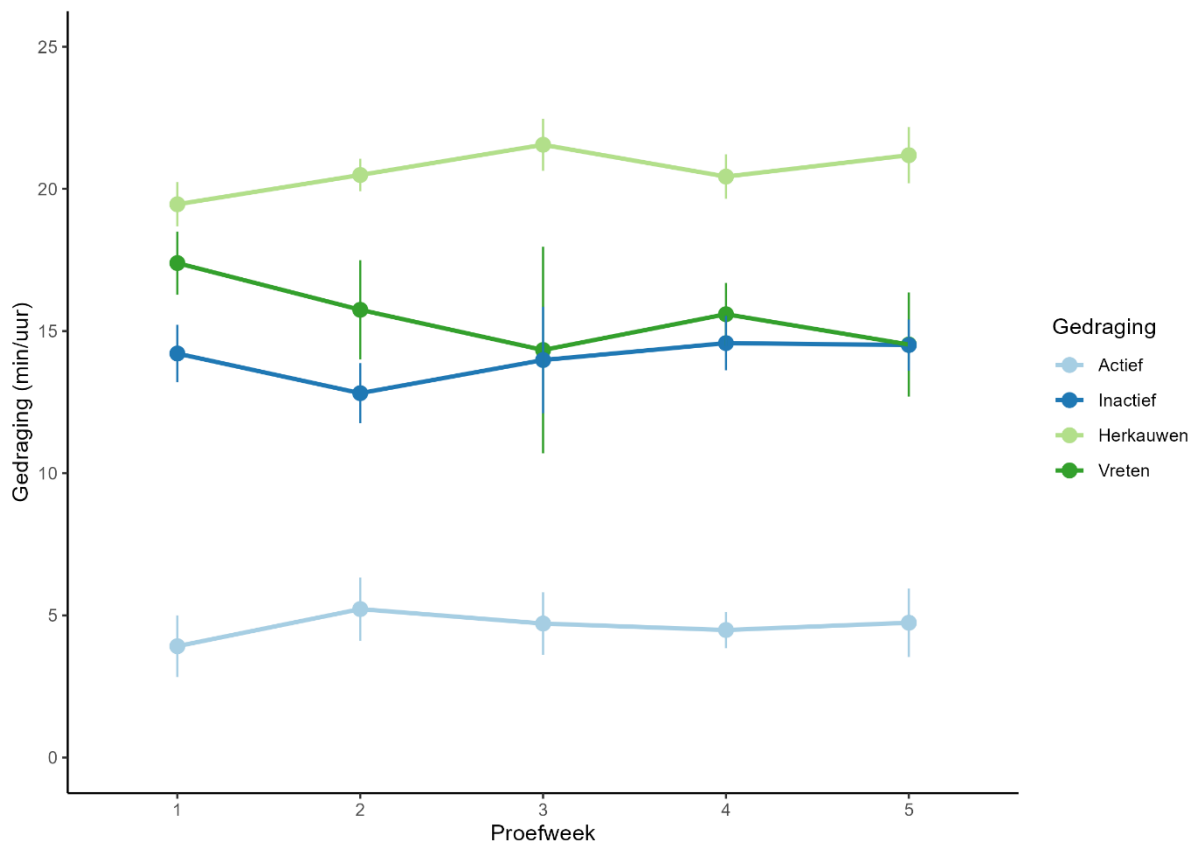
## 5.3 Diergedrag

### 5.3.1 Activiteitsmeters

Met behulp van activiteitsmeters werd voor alle dieren dag en nacht het aandeel vreten, herkauwen, actief en inactief (gemiddeld min/uur) gemeten (figuur 7). De koeien besteedden de meeste tijd aan herkauwen, vreten en rusten (inactiviteit). De minste tijd werd actief gependend. Voor alle gedragingen werd een significant proefweek effect ( $P < 0.01$ ) gevonden.

Herkauwtijd nam toe van proefweek 1 tot 3, en ging gepaard met een daling in vreettijd in deze periode. Proefweek 3 en 5 waren vergelijkbaar in vreet- en herkauwgedrag, met een lichte daling voor herkauwactiviteit en een lichte stijging voor vreetactiviteit in proefweek 4.

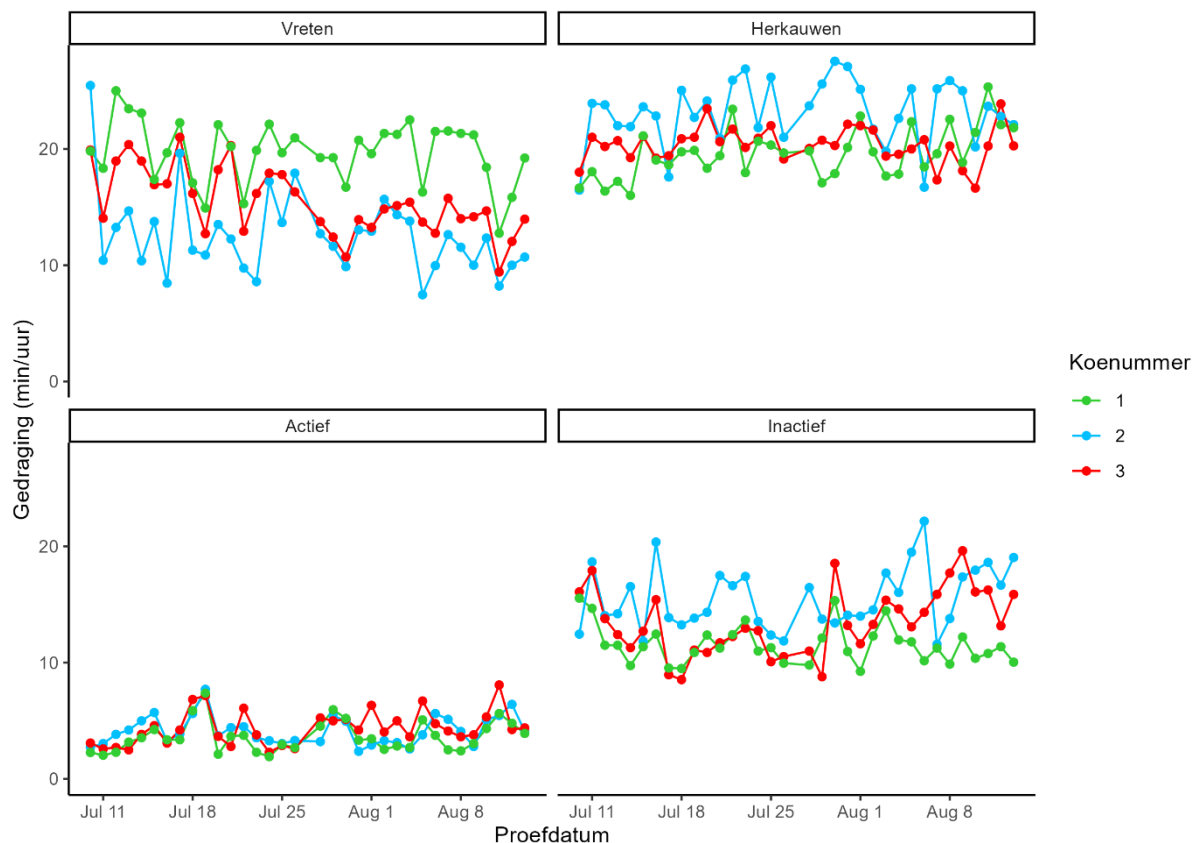
De veranderingen in activiteit en inactiviteit hingen met elkaar samen. De tijd inactief nam af in proefweek 2 t.o.v. proefweek 1, waarna de inactiviteit weer stabiel werd met het hoogste niveau aan inactiviteit in proefweek 4 en 5. De veranderingen in tijd inactief gaan samen met een lichte verandering in activiteit. Activiteit nam toe in proefweek 2 t.o.v. proefweek 1. Hierna volgde een lichte daling in proefweek 3, 4 en 5.



Figuur 7. Gedragingen (min/uur) van de 10 koeien die geweid werden met draadloze afrastering gedurende de 5-weekse proefperiode.



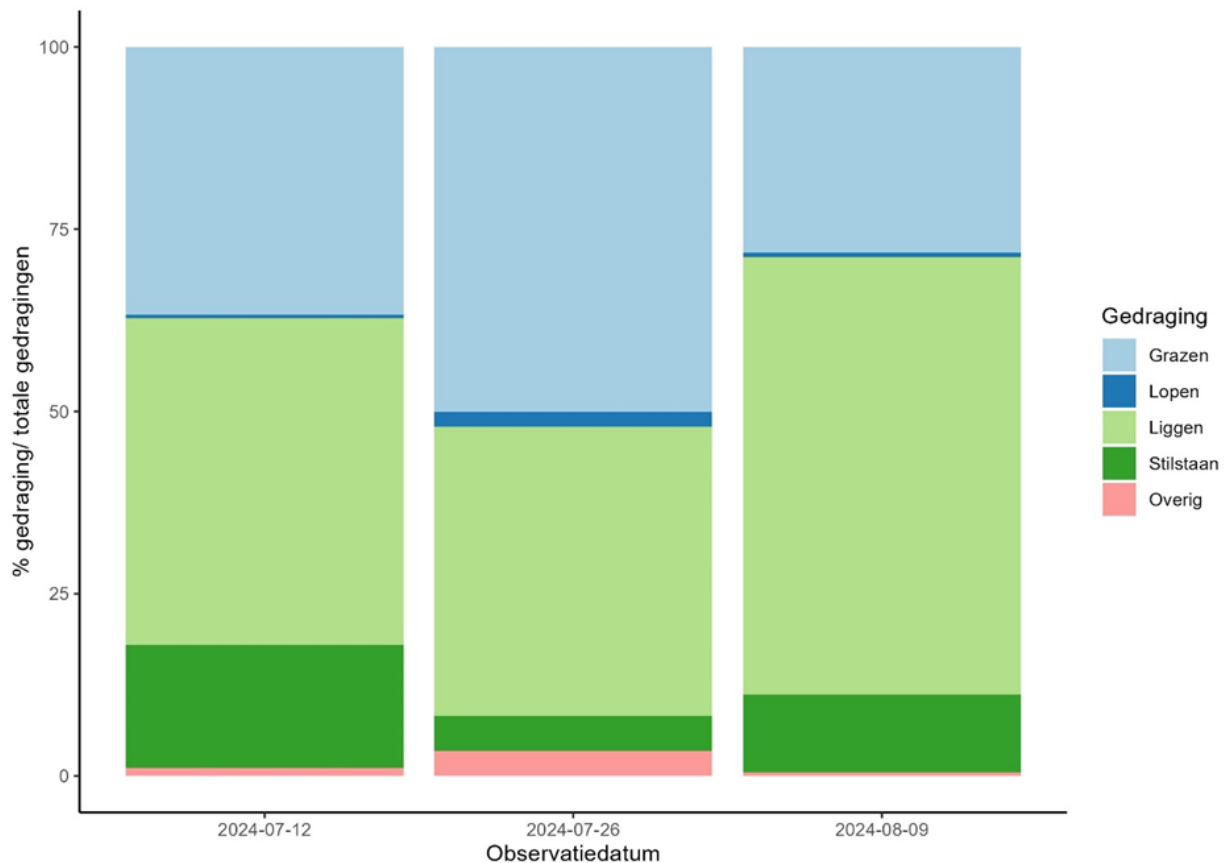
Individuele verschillen tussen dieren in gedrag waren groot. Dit is weergegeven in figuur 8, waarbij de gedragingen van drie verschillende koeien zijn weer gegeven. De figuur wijst uit dat met name de vreet- en herkauwtijd varieerde tussen de koeien, maar ook inactiviteit. De koeien vertoonden grote overeenkomst in mate van activiteit. Met name vreetgedrag leek zich te synchroniseren tussen de koeien, aangezien opvallende pieken en dalen in vreettijd gelijktijdig plaatsvonden op bepaalde dagen en samenhang met veranderingen in weideopstelling en daarmee grasaanbod.



Figuur 8. Gedragingen (min/uur) per proefdatum van drie willekeurige koeien die geweid werden met draadloze afrastering gedurende de 5-weekse proefperiode.

### 5.3.2 Gedragsobservaties

In de eerste, derde en vijfde proefweek vonden gedragsobservaties plaats met behulp van scansampling, en de meest voorkomende gedragingen per observatiedag zijn weergegeven in figuur 9. De meest voorkomende gedraging was liggen, gevolgd door grazen en stilstaan. Daarnaast werd lopen geobserveerd en overige gedragingen. Geobserveerd gedrag (grazen, lopen, liggen, stilstaan of overig) bleek niet te verschillen tussen de observatiedagen. Op elke observatiedag werden drie observaties uitgevoerd verspreid over de dag heen. Tussen observatiemomenten binnen observatiedagen werden ook geen significante verschillen gevonden.



Figuur 9. Aandeel geobserveerde gedragingen over het totaal aantal geobserveerde gedragingen (%) per observatiedatum.

Gedurende de gedragsobservaties werd ook de reactie na geobserveerde interactie met de draadloze afrastering beschreven. Gedurende deze negen uur aan gedragsobservaties werden de volgende gedragingen geobserveerd na interactie met de draadloze afrastering:

- 10 x opzij draaien (90 tot 180° t.o.v. de draadloze afrastering),
- 10 x omdraaien (180 tot 360° t.o.v. de draadloze afrastering),
- 1 x overig (reactie onbekend)

## 6 Discussie

De resultaten van dit onderzoek tonen aan dat draadloze afrastering een waardevol instrument kan zijn voor het bevorderen van biodiversiteit en het beschermen van gevoelige habitats op weidepercelen. Zoals in de introductie besproken, biedt draadloze afrastering aanzienlijke voordelen ten opzichte van traditionele methoden, zoals arbeidsbesparing en minder verstoring van de natuurlijke omgeving. Dit onderzoek draagt bij aan deze kennis door de technische en praktische vereisten voor het succesvol implementeren van draadloze afrastering in kaart te brengen.

## 6.1 Diergedrag en dierenwelzijn

De koeien waren al bekend met het systeem vanuit een eerder onderzoek naar twee beweidingssystemen, beschreven in Burgers et al. (2025). Tijdens het hier beschreven onderzoek in een biodiversiteits context, nam de complexiteit toe in de tijd. Gemiddeld per koe per dag nam het aantal geluidssignalen en schokken toe met de complexiteit.

De gemiddelde succesratio was met 98-99% gedurende de hele proef hoog, wat betekent dat slechts 1-2% van de geluidssignalen werd gevolgd door een elektrische schok. Alle andere keren verplaatsten de koeien zich weer tijdig buiten de uitgerasterde zone, zonder dat het geluidssignaal werd gevolgd door een elektrische schok. Deze succesratio komt grotendeels overeen met die van de koeien aan het eind van het voorgaande experiment (Burgers et al., 2025). Toen liep hij op van 66% in de trainingsperiode en 90% in de 1<sup>e</sup> proefweek naar 93% en 98% in de 4<sup>e</sup> (tevens laatste) proefweek in de groep die respectievelijk wekelijks en dagelijks werden omgeweid. De succesratio van 98-99% is vergelijkbaar met die in Hamidi et al. (2024), die gemiddeld over hun onderzoeksperiode weliswaar 91% vonden, maar met 97% het hoogst in de laatste week.

De gemiddelde vertrouwensratio nam gedurende de proef toe van 17% in de 1<sup>e</sup> week naar 57% in de laatste week. Deze 17% is lager dan die van de koeien aan het eind van het voorgaande experiment, nl 28% en 59% in respectievelijk de wekelijks en de dagelijks omgeweide groep (Burgers et al., 2025). De toename en orde van grootte van de vertrouwensratio komt overeen met de resultaten van Hamidi et al. (2024), die een toename zagen van 20% in de eerste fase naar 67% en 51% in hun laatste weken. Er is echter geen 'norm' vanaf welke waarde de vertrouwensratio goed genoeg is in termen van dierenwelzijn.

De hoge succesratio en de toenemende vertrouwensratio laten zien dat de dieren gemiddeld het systeem goed kenden, maar ook dat ze bij toenemende complexiteit blijven leren en hun vertrouwen met het systeem verder opbouwen.

Voor wat betreft gedrag was er op groepsniveau geen verschil in de activiteit van de koeien tussen de weken, ondanks de toegenomen complexiteit van de proefopzet. Dit suggereert dat de dieren zich consistent aanpasten aan de veranderingen.

De resultaten bevestigen de robuustheid van draadloze afrastering als technologie, zelfs bij complexe opstellingen. In dit rapport zijn vooral gemiddelde resultaten gepresenteerd en de individuele resultaten vooral op hoofdlijnen. Bij gebruik van het systeem blijft oog voor individuele scores en eventuele veranderingen daarin nodig.

## 6.2 Toepasbaarheid uitrasteren elementen

Een van de belangrijkste bevindingen is dat een uitsluiting met een minimale diameter van 15 meter nodig is om weidevogelnesten effectief te beschermen. Kleiner uitgevoerde uitsluitingen, zoals de aanvankelijk geplande cirkel van 5 meter, bleken niet haalbaar vanwege de beperkingen in de nauwkeurigheid van het gps-systeem en de foutgevoeligheid bij het handmatig intekenen van uitsluitingen in de app. Een uitsluiting van 15 meter biedt echter een belangrijk bijkomend voordeel: het creëert een natuurlijke overgangszone tussen het begraasde en onbegraasde gebied, en zorgt ervoor dat de precieze locatie van het nest beter verborgen blijft voor predatoren.

Tegelijkertijd brengt de relatief grote bufferzone ook uitdagingen met zich mee. Het grotere niet-begraasde gebied kan leiden tot een verminderde benutting van gras, omdat er meer biomassa blijft staan.

Daarnaast moet er minimaal 15 meter afstand zijn tussen afzonderlijke draadloze afrasteringen, omdat een kleinere afstand leidt tot verwarring bij de koeien en een toename van geluidsignalen en schokken. Dit werd vooral in week 4 en 5 duidelijk waarbij draadloze afrastering relatief dicht op elkaar geplaatst werd. Dit kan nadelig zijn voor veehouders, vooral in percelen met meerdere nesten op ca 25 meter van elkaar. In zulke gevallen blijft er slechts 10 meter over tussen de uitsluitingen, wat onvoldoende is om verwarring bij het vee te voorkomen of effectieve beweiding mogelijk te maken. In deze situaties is het essentieel om slimme oplossingen toe te passen, zoals het combineren van nesten in één grotere uitsluitingszone of het doortrekken van de uitsluiting naar de perceelrand. Of door een signaaltype ('verleidingsfunctie') toe te voegen, bijv. een vibratie, die aangeeft dat verderop iets aantrekkelijks te vinden is.

Eén van de aspecten die nog niet helemaal duidelijk is, is in hoeverre de koeien de uitsluitingen begrijpen. De koeien stonden meer in de westelijke helft van percelen, nabij de waterbak, en minder in de oostelijke helft terwijl dit in de referentieweek minder het geval was. Mogelijk interpretern de koeien de uitsluiting als een rechte virtuele grens en benutten ze hierdoor de 'achterste' helft van het perceel minder. Het was echter niet zo dat de koeien de 'achterste' helft helemaal niet gebruikten, aangezien hier ook locaties van koeien werden doorgegeven. In week 4 werd ook geen verschil gemeten in de opname van gras in de moeilijker te bereiken helft van het perceel.

Om deze uitdagingen te mitigeren, is verdere technologische ondersteuning nodig. Het automatisch genereren van een uitsluiting van voldoende grootte op basis van een gps-coördinaat van het nest kan de foutgevoeligheid bij het handmatig intekenen verminderen. Dit zou niet alleen het gebruiksgemak vergroten, maar ook de precisie en betrouwbaarheid van het systeem verbeteren. Echter, in situaties van smalle percelen met meerdere nesten, is een draadloos afrasteringssysteem mogelijk niet bruikbaar. Deze beperkingen benadrukken de

noodzaak van verdere ontwikkeling en optimalisatie van zowel de technologie als het gebruik in de praktijk.

Bij het uitrasteren van greppels werd vastgesteld dat een minimale breedte van 8 meter aan beide zijden noodzakelijk is om begrazing effectief te voorkomen. Smallere uitsluitingen zorgden ervoor dat koeien vaker de greppel betraden, wat ongewenst is binnen het doel van dit onderzoek. Dit komt waarschijnlijk door de onnauwkeurigheid in de gps, waardoor koeien geen waarschuwing en schok kregen terwijl ze in de greppel stonden. Daarnaast vormt de combinatie van smalle beweidingsstroken en het gebruik van een draadloos afrasteringssysteem een belangrijke uitdaging. Wanneer grenzen binnen een perceel te dicht bij elkaar liggen, bijvoorbeeld bij meerdere parallelle greppels, kunnen koeien verwarring ervaren door overlappende signalen. Dit leidt niet alleen tot een toename van geluidssignalen en schokken, maar ook tot een inefficiënte benutting van de beschikbare beweidingsruimte. Het ontwerp van de virtuele grenzen moet daarom zorgvuldig worden afgestemd om voldoende beweidingsruimte te behouden en de functionaliteit van het systeem te waarborgen.

In vervolgonderzoek zal het gebruik van draadloze afrasteringssystemen verder worden getest op praktische schaal. Het testen in een realistische praktijkomgeving biedt de mogelijkheid om niet alleen de effectiviteit van het systeem beter te beoordelen, maar ook om te zien hoe sommige problemen die op kleine schaal zichtbaar waren, zoals beperkte spelingsruimte, mogelijk minder relevant worden op grotere schaal. Ook zal moeten worden onderzocht of de auditieve signalen een effect hebben op het gedrag en het broedsucces van weidevogels. Tegelijkertijd zal de praktijktoepassing waardevolle inzichten bieden in zowel de technische en functionele optimalisatie van het systeem en ook de eventuele impact op het dierenwelzijn bij gebruik van draadloze afrastering op langere termijn.

### **6.3   Systeem draadloze afrastering**

De hoge succesratio (99%) laat zien dat de koeien de draadloze afrastering goed begrepen en in staat waren schokken te vermijden. Er deden zich wel enkele problemen voor, met name bij de synchronisatie van het uitschakelen van het systeem op het moment dat de koeien werden opgehaald voor het melken. Wanneer de halsbanden niet tijdig werden uitgeschakeld, werden dieren bij het ophalen alsnog door de draadloze afrastering geleid, wat resulteerde in ongewenste schokken. Daarnaast leek het voor de koeien lastig om cirkelvormige uitsluitingen te begrijpen, mogelijk doordat het systeem geen 'richting-aanwijzingen' of 'verleidingsfunctie' biedt. Dit suggereert dat alternatieve systemen of een extra signaaltype, waarin richtingen explicieter worden aangegeven of koeien gestimuleerd of verleid worden door te lopen, een effectievere oplossing kunnen bieden. Daarnaast bleek de onnauwkeurigheid van de draadloze grens, veroorzaakt door de beperkingen van het gps-systeem, een uitdaging te vormen. Het gebruik van draadloze afrastering-systemen met een nauwkeuriger gps-signaal zou deze problemen mogelijk kunnen verminderen en de betrouwbaarheid van de uitsluitingen verbeteren. Ook door het



intekenen van percelen en uitsluitingen op een pc zou de locatie hiervan preciezer ingetekend kunnen worden.

## 7 Conclusies

- **Inzet van draadloze afrastering voor biodiversiteit**
  - Draadloze afrastering biedt mogelijkheden om biodiversiteit te bevorderen of beschermen in landbouwgebieden, mits aan de minimale vereisten voor grootte van uitsluitingen, afstand tussen uitsluitingen en gebruiksgemak wordt voldaan
  - **Mogelijkheid tot het vormen van uitsluitingen:** Het is mogelijk om effectief uitsluitingen te vormen in percelen ter bevordering of bescherming van biodiversiteit, zoals voor de bescherming van weidevogelnesten en kwetsbare flora. Dit blijkt uit het gegeven dat de uitsluitingen leidden tot een verminderde begrazing in de afgeschermd zones, terwijl grashoogte in aangrenzende gebieden gemiddeld meer afnam.
  - **Minimale uitsluitingsgrootte:** Met het hier geteste systeem is een uitsluiting met een minimale diameter van 15 meter noodzakelijk om weidevogelnesten effectief te beschermen. Dit vanwege de beperkingen in gps-nauwkeurigheid en om een adequate overgangszone te creëren.
  - **Effectiviteit van greppeluitsluitingen:** Bij greppels is een minimale breedte van 8 meter aan beide zijden nodig om de begrazingsdruk effectief te verminderen. Uitsluitingen van 4m aan beide zijden zorgden ook voor een vermindering van begrazing in de greppel en is ook een optie als het gevolg van overschrijding van de grens niet zo ernstig is als in bijvoorbeeld het geval van een vertrapt weidevogelnest.
- **Dierenwelzijn en gedrag**
  - In de huidige proef was er geen indicatie dat de inzet van draadloze afrastering een negatief effect op dierenwelzijn heeft.
  - De koeien snaptten het systeem goed: binnen de proef werd een geluidssignaal in minder dan 1% van de gevallen gevolgd door een elektrische schok.
  - **Individuele variatie in leervermogen:** Vanwege de individuele variatie in het aantal ontvangen signalen en de vertrouwensratio blijft bij toenemende complexiteit oog voor het individu belangrijk.
- **Technologische beperkingen:**
  - **Afstand tussen draadloze afrasteringen:** Een afstand van minimaal 15 meter tussen draadloze afrasteringen is essentieel om verwarring bij vee te voorkomen en daarmee een risico voor het welzijn van de dieren of niet optimaal gebruiken van de grasvoorraad.
  - De beperkte nauwkeurigheid van gps-systemen beperkt de mogelijkheid om kleinere en nauwkeurigere uitsluitingen te creëren. Dit onderstreept de noodzaak van technologische verbeteringen.

- o Het geteste systeem bleek onvoldoende in staat goed te functioneren met het dagelijks ophalen en wegbrengen van koeien. Er waren een aantal keren schokken doordat het systeem niet tijdig gesynchroniseerd was bij alle halsbanden.
- **Aanbevelingen voor toekomstig onderzoek en ontwikkeling:**
  - o Het gebruiksgemak van huidige applicaties voor het markeren van uitsluitingen kan worden verbeterd. Een functie die de juiste maat uitsluiting vormt rond een gemarkeerd nest zou het proces vergemakkelijken en de precisie vergroten.
  - o Toekomstig onderzoek zou zich moeten richten op het verbeteren van de gps-nauwkeurigheid en het ontwikkelen van geautomatiseerde tools om het systeem verder te optimaliseren voor praktische toepassingen. Daarnaast is het belangrijk om het systeem aan te passen zodat er richting aan de signalen wordt gegeven en koeien gestimuleerd of verleid worden een bepaalde richting uit te lopen ('verleidingsfunctie'). Dit zou koeien kunnen helpen om de vorm van de uitsluitingen beter te begrijpen, waardoor verwarring vermindert en de effectiviteit van het systeem verder wordt vergroot.
  - o Daarnaast moeten de lange termijn effecten van het gebruik van draadloze afrastering op welzijn van individuele dieren steeds meegenomen worden.
  - o Het is aan te bevelen om de interacties tussen weidevogels en de draadloze afrastering nader te onderzoeken. Specifiek zou de focus moeten liggen op de reacties van weidevogels op verschillende stimuli gerelateerd aan de afrastering. Hierbij kan gedacht worden aan het effect van de akoestische signalen van de afrastering, veranderingen in de grasgroei, en de nabijheid van grazend vee. Onderzoek zou moeten vaststellen of weidevogels afstand nemen van gebieden met vee binnen een straal van 10 tot 15 meter, en in welke mate deze afstand invloed heeft op hun gedrag en keuzes voor nestlocaties.

## 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.
- Báldi, A., Batáry, P., & Erdős, S. (2005). Effects of grazing intensity on bird assemblages and populations of Hungarian grasslands. *Agriculture, ecosystems & environment*, 108(3), 251-263.
- Buckingham, D. L., Peach, W. J., & Fox, D. S. (2006). Effects of agricultural management on the use of lowland grassland by foraging birds. *Agriculture, ecosystems & environment*, 112(1), 21-40.
- Burgers, E.E.A., de Bruijn, B.G.C., van Dixhoorn, I.D.E., Bruinenberg, M.H. 2024. Dynamisch draadloos weiden; Werkbaarheid van draadloze afrastering binnen twee beweidingssystemen. Wageningen Livestock Research, Rapport XXXX.
- Campbell, D. L., Lea, J. M., Keshavarzi, H., & Lee, C. (2019). Virtual fencing is comparable to electric tape fencing for cattle behavior and welfare. *Frontiers in Veterinary Science*, 6, 445.
- Churchwell, R., Davis, C. A., Fuhlendorf, S. D., & Engle, D. M. (2005). Direct impacts of cattle grazing on grassland nesting birds. *Bulletin of the Oklahoma Ornithological Society*, 25-30.
- De Bruijn, B.G.C, M.W.P. Bestman, A.C. Strappini, I.D.E. van Dixhoorn, 2024. De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen; Literatuuronderzoek. Wageningen Livestock Research, Rapport 1482.
- Hamidi, D., Grinnell, N. A., Komainda, M., Riesch, F., Horn, J., Ammer, S., Traulsen, I., Palme, R., Hamidi, M. & Isselstein, J. (2022). Heifers don't care: no evidence of negative impact on animal welfare of growing heifers when using virtual fences compared to physical fences for grazing. *animal*, 16(9), 100614.
- Hamidi, D., Grinnell, N. A., 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 Behaviour Science*, 273, 106220.
- Herlin, A., Brunberg, E., Hultgren, J., Högberg, N., Rydberg, A., & Skarin, A. (2021). Animal welfare implications of digital tools for monitoring and management of cattle and sheep on pasture. *Animals*, 11(3), 829.
- Hoekstra, N., Bestman, B., Pijlman, J., Honkoop, W., van der Weijde, H., van Houwelingen, K., Beek, J. (2024). Greppelinfiltratie als low-cost vernattingsmethode. *Vfocus*. November. p. 20-23
- Hoving, I.E., Tempelman, D., Riel, J. van, Zom, R., Visbeen, F. (2021). Leverbot en vernatting veenweide; Het voorkomen van de leverbotslak in percelen met onderwaterdrains en greppelinfiltratie. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1344.
- 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. and Lenssinck, F. (2022). Winst & Weidevogels: Weidemaatregelen voor (functionele agro-)biodiversiteit. 2022-015LbD. Louis Bolk Instituut.
- Pakanen, V. M., Luukkonen, A., & Koivula, K. (2011). Nest predation and trampling as management risks in grazed coastal meadows. *Biodiversity and Conservation*, 20, 2057-2073.
- 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(6), 7084-7094.
- 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, 110736.