



Dynamisch draadloos weiden

Werkbaarheid van draadloze afrastering binnen twee beweidingssystemen voor melkvee

E.E.A. Burgers, B.G.C. de Bruijn, I.D.E. van Dixhoorn, M.H. Bruinenberg

Openbaar
Rapport 1550



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Dynamisch draadloos weiden

Werkbaarheid van draadloze afrastering binnen twee beweidingssystemen voor melkvee

E.E.A. Burgers¹, B.G.C. de Bruijn², I.D.E. van Dixhoorn², M.H. Bruinenberg¹

1 Wageningen Livestock Research, Animal Nutrition, Wageningen University & Research, PO Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

2 Wageningen Livestock Research, Animal Health and Welfare, Wageningen University & Research, PO Box 338, 6700 AH Wageningen, the Netherlands

Dit rapport is opgesteld door 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).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, februari 2025

Rapport 1550

Samenvatting NL Beweiden met draadloze afrastering zou weidegang breder toepasbaar kunnen maken op praktijkbedrijven. In deze proef is de werkbaarheid van het gebruik van draadloze afrastering t.o.v. fysieke afrastering in twee beweidingssystemen van melkvee onderzocht: wekelijks omweiden en dagelijks omweiden. Gebaseerd op de resultaten uit de huidige studie kan geconcludeerd worden dat koeien goed leren omgaan met draadloze afrastering, ongeacht het beweidingssysteem (dagelijks of wekelijks omweiden). Draadloze afrastering had geen effect op voeropname, productiegegevens, diergedrag en cortisolwaardes vergeleken met fysieke afrastering. Ongeacht het beweidingssysteem nam het aantal elektrisch schokken af en het aantal geluidssignalen toe bij de dieren met draadloze afrastering gedurende de proefperiode. Diergedrag en cortisolmetingen toonden geen negatieve effecten van draadloze afrastering op dierenwelzijn vergeleken met fysieke afrastering in de getoetste beweidingssystemen, maar potentiële positieve effecten zijn niet onderzocht.

Summary UK Virtual fences could make grazing more widely applicable on commercial farms. This trial investigated the feasibility of using virtual fencing compared to physical fencing in two grazing systems for dairy cows: weekly rotation and daily rotation. Based on the results of the current study, it can be concluded that cows learn to cope well with virtual fencing, regardless of the grazing system (daily or weekly rotation). Virtual fencing had no effect on feed intake, production data, animal behaviour and cortisol levels compared to physical fencing. Regardless of the grazing system, the number of electric shocks decreased and the number of sound signals increased for the animals with wireless fencing during the trial period. Animal behaviour and cortisol measurements showed no negative effects of virtual fencing on animal welfare compared to physical fencing in the tested grazing systems, but potential positive effects were not investigated.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/687530> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2025

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
Aanleiding onderzoek	9
1.1 Doel van het onderzoek	9
2 Materiaal en methode	10
2.1 Proefopzet	10
2.1.1 Proefbehandeling en tijdspad	10
2.1.2 Halsbanden voor draadloze afrastering	10
2.2 Dieren en huisvesting	11
2.3 Metingen en monsternamen	12
2.3.1 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht	12
2.3.2 Signalen uit de halsband	13
2.3.3 Gedrag en welzijn	13
2.4 Data-analyse	15
2.4.1 Voeropname, melkgift en lichaamsgewicht	15
2.4.2 Signalen uit de halsband	15
2.4.3 Gedrag en cortisol	15
3 Resultaten	17
3.1 Signalen uit de halsband	17
3.2 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht	20
3.3 Gedrag en welzijn	23
3.3.1 Continue gedragsmetingen	23
3.3.2 Gedragsobservaties	25
3.3.3 Melk- en haarcortisol	26
4 Discussie	28
4.1 Signalen uit de halsband	28
4.2 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht	29
4.3 Gedrag	30
4.4 Melk- en haarcortisol als indicator voor stress	31
5 Conclusie	32
6 Dankwoord	33
Literatuur	34

Woord vooraf

Dit onderzoek is gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur, en maakt deel uit van het project 'Dynamisch draadloos weiden op veen, klei en zandgronden: innovatie-onderzoek 'track, trace, enclose' met bijdragen aan klimaat, stikstof, biodiversiteit en meer'. Het overkoepelende doel binnen dit programma is te onderzoeken of met de inzet van beweidingstechnologie als draadloze afrastering de stikstof-, klimaat-, en biodiversiteitsdoelen makkelijker en met meer arbeidsplezier gehaald kunnen worden. Deze gps-gestuurde technologie maakt weidemanagement in potentie namelijk beter stuurbaar. Met draadloze beweiding kan er bespaard worden op arbeid en het kan zorgen voor meer werkgemak en -plezier voor de boer. Ook kunnen de bekende beweidingsvoordelen zoals winst in biodiversiteit en vermindering van de ammoniakemissie verder worden geoptimaliseerd. Vooral in veenweidegebieden - waar het grondwaterpeil vanwege CO₂-emissie en bodemdaling verder wordt verhoogd - kunnen betere klimaatresultaten worden behaald door minder lachgas- en methaanemissie.

Dit onderzoek is uitgevoerd binnen het project 'Dynamisch draadloos weiden op veen, klei en zandgronden: innovatie-onderzoek 'track, trace, enclose', en past binnen werkpakket 2: weiden en stikstof. Het onderzoek is uitgevoerd op de Dairy Campus tussen 23 mei en 26 juni 2024.

Samenvatting

Gebruik van draadloze afrastering zou weidegang breder toepasbaar kunnen maken op praktijkbedrijven. In deze proef is het gebruik van draadloze afrastering in plaats van fysieke afrastering in twee beweidingssystemen onderzocht: wekelijks omweiden en dagelijks omweiden. De proef had twee doelstellingen: 1. Testen of de dieren in beide beweidingssystemen begrijpen dat de draadloze afrastering dagelijks dan wel wekelijks wordt opgeschoven, en binnen de draadloze afrastering blijven, en 2. Bepalen wat het effect is van draadloze afrastering op diergedrag en dierenwelzijn in deze beweidingssystemen. Deze proef bestond uit een compleet gerandomiseerd blok design met 64 dieren en 4 behandelingen binnen een 2x2 factorieel design. De 4 behandelingen waren: Draadloze afrastering, wekelijks omweiden (DA_WO); Draadloze afrastering, dagelijks omweiden (DA_DO); Fysieke afrastering, wekelijks omweiden (FA_WO); Fysieke afrastering, dagelijks omweiden (FA_DO). Gedurende de nacht werden de koeien per groep in de stal gehuisvest waar zij een PMR aan het voerhek kregen. Gedurende de dag gingen de koeien per groep naar een plot binnen een perceel op het weiland. Na een gewenning op de wei van 4 dagen zijn de koeien in de DA-groepen in 4 dagen getraind om de signalen uit de halsbanden (Nofence®) te leren begrijpen. Het systeem maakt gebruik van een halsband die registreert waar de koeien zijn. De halsband communiceert met een app via de mobiele telefoon. Met deze app kunnen de grenzen van de beschikbare percelen aangegeven worden. De koeien in de proef kregen een halsband om en wanneer de koeien een door ons ingestelde draadloze grens naderden kregen zij een geluidssignaal te horen. Wanneer ze niet op het signaal reageerden door zich van de grens terug te trekken, gaf de halsband oplopende toonhoogtes af. Na de 15^e toonhoogte kregen de dieren een elektrische schok.

Na de training begonnen de 4 proefweken waarbij de koeien in de verschillende groepen dagelijks dan wel wekelijks werden omgeweid met behulp van draadloze dan wel fysieke afrastering. Tijdens de proefweken is de opname van brok in de melkstal, Partial Mixed Ration (PMR) aan het voerhek, en gras op de wei bepaald. Daarnaast is de melkgift bij iedere melkbeurt vastgelegd, en zijn de koeien na iedere melkbeurt gewogen. Uit de halsbanden zijn de geluidssignalen en de elektrische schokken per koe per dag samengevat. Hieruit is het succes berekend door de elektrische schokken van de geluidssignalen af te trekken. De succesratio is berekend door het succes te delen door het aantal geluidssignalen, en de vertrouwensratio is berekend door de succesratio te vermenigvuldigen met het succes en te delen door 20. Om het gedrag van de koeien in kaart te brengen zijn alle 64 koeien uitgerust met een activiteitsensor. Hiermee is het aandeel grazen, herkauwen, activiteit, en inactiviteit continue gemeten. Ook zijn op verschillende dagen gedragsobservaties uitgevoerd. Om het stressniveau van de koeien in kaart te brengen is cortisol in de melk en het haar gemeten.

De voeropname verschilde nauwelijks tussen de 4 behandelingen. Kleine verschillen in grasopname waren waarschijnlijk voornamelijk gerelateerd aan verschil in grasaanbod op de verschillende percelen (en niet het gevolg van het beweidingssysteem of manier van afrasteren). Er waren geen verschillen in melkproductie of lichaamsgewicht tussen de 4 behandelingen. Koeien in de DA-groepen ontvingen in de loop van de proef meer geluidssignalen (zonder een schok), wat erop kan duiden dat de dieren de draadloze afrastering meer op gingen zoeken. Ook zagen we een stijging in het succes, de succesratio, en de vertrouwensratio. Voornamelijk voor koeien in de dagelijks omweiden groep steeg de vertrouwensratio, wat erop kan wijzen dat deze koeien een vrijwillige interactie met de grens opzochten. Dit kan te maken hebben met een groter vertrouwen in het systeem (mogelijk door de frequentere confrontatie met de grens), of een grotere motivatie om naar het verse gras toe te gaan wat doorgaans dicht bij de grens aanwezig is. Het laat zien dat de koeien geen aversie hebben tegen de geluidssignalen van de halsbanden.

Gedrag verschilde tussen koeien in de verschillende beweidingssystemen, maar draadloos weiden had geen effect op gedrag. Diergedrag en cortisolniveau verschilden niet tussen draadloze en fysieke afrastering, waaruit we concluderen dat er geen negatief effect op dierenwelzijn gevonden is als gevolg van draadloze afrastering vergeleken met fysieke afrastering in de getoetste beweidingssystemen. Potentiële positieve effecten van het systeem op dierenwelzijn zijn niet onderzocht. Meer onderzoek naar de langetermijneffecten van draadloze afrastering op het stressniveau van koeien is nodig om de impact op het dierenwelzijn beter in kaart te brengen. Gebaseerd op de resultaten uit de huidige studie kan geconcludeerd worden dat koeien goed leren omgaan met draadloze afrastering, ongeacht het beweidingssysteem.

1 Inleiding

Aanleiding onderzoek

Beweiding van koeien kan bijdragen aan het oplossen van maatschappelijke vraagstukken. Zo zou weidegang kunnen bijdragen aan verbetering van dierenwelzijn en versterking van biodiversiteit (Charlton and Rutter, 2017; Tallowin et al., 2005). Daarnaast zou weidegang kunnen resulteren in een vermindering van ammoniakemissie: in de stal komen mest en urine samen op de stalvloer en roosters en worden ze over het algemeen ook gezamenlijk als drijfmest in de mestkelder opgeslagen. Tijdens beweiding worden mest en urine niet of nauwelijks gemengd, waardoor de emissie van ammoniak lager kan uitpakken dan in de stal. Aan de andere kant zou met beweiding de lokale uitscheiding van urine en mest kunnen resulteren in uitspoeling van stikstof op deze plekken (Selbie et al., 2015). Het toepassen van weidegang op een dynamische, flexibele manier zou een deeloplossing kunnen zijn voor maatschappelijke vraagstukken zoals hierboven beschreven.

Draadloos beweiden zou kunnen bijdragen aan meer weidegang in Nederland, omdat het grasland met minder arbeid en meer flexibiliteit beheerd kan worden. Om het draadloos beweiden daadwerkelijk te kunnen toepassen in de praktijk is kennis nodig over de toepassing van het systeem in verschillende beweidingssystemen die gangbaar zijn binnen de Nederlandse melkveehouderij. Daarnaast is het te allen tijde van belang dat het dierenwelzijn van de koeien gewaarborgd wordt. Op basis van een eerder uitgevoerde literatuurstudie werd geconcludeerd dat draadlose afrastering in vergelijking met schrikdraad geen negatieve, en ook geen positieve invloed heeft op gedrag en stressparameters van koeien (De Bruijn et al., 2024). Daarnaast werd geconcludeerd dat het wenselijk is om de effecten van draadlose afrastering op dierenwelzijn onder Nederlandse omstandigheden verder te onderzoeken, waarbij intensieve beweidingssystemen op kleinere oppervlakten met frequenter verplaatsing van de afrastering plaats vindt. Deze intensieve omstandigheden met frequente verplaatsingen van de afrastering hebben mogelijk impact op het dierenwelzijn. Het meten van stress- en gedragsparameters is een belangrijk onderdeel van de huidige studie om de effecten van de verschillende beweidings- en begrenzingssystemen op dierenwelzijn in Nederland in kaart te brengen.

1.1 Doel van het onderzoek

Beweiden met draadlose afrastering zou weidegang breder toepasbaar kunnen maken op praktijkbedrijven. In deze proef onderzoeken we de werkbaarheid van het gebruik van draadlose afrastering t.o.v. fysieke afrastering in twee beweidingssystemen: wekelijks omweiden en dagelijks omweiden. De proef heeft drie doelstellingen:

1. Bepalen of de dieren in beide beweidingssystemen begrijpen dat de draadlose afrastering dagelijks dan wel wekelijks wordt opgeschoven, dat ze begrijpen dat ze het nieuwe gedeelte kort kunnen grazen, en binnen de draadlose afrastering blijven.
2. Bepalen wat het effect is van draadlose afrastering op diergedrag en dierenwelzijn in deze beweidingssystemen.

2 Materiaal en methode

2.1 Proefopzet

2.1.1 Proefbehandeling en tijdspad

Deze proef bestond uit een compleet gerandomiseerd blok design met 64 dieren en 4 behandelingen binnen een 2x2 factorieel design. De 4 behandelingen waren:

- Draadloze afrastering, wekelijks omweiden (DA_WO)
- Draadloze afrastering, dagelijks omweiden (DA_DO)
- Fysieke afrastering, wekelijks omweiden (FA_WO)
- Fysieke afrastering, dagelijks omweiden (FA_DO)

In totaal zijn 64 lacterende koeien geselecteerd met een pariteit groter dan 2, waarbij gestreefd werd naar koeien die minstens 100 dagen in lactatie waren en al ervaring hadden met weidegang. Deze koeien zijn in groepen van 4 geblokt voor pariteit, lactatiestadium, melkproductie en -gehalten, en lichaamsgewicht, en binnen de blokken willekeurig toegewezen aan een van de 4 behandelingen.

De koeien werden overdag geweid en stonden 's nachts op stal. De gehele proefperiode duurde 5 weken en ging van start op 23 mei 2024 en was opgedeeld in drie fases (tabel 1). De proefperiode begon met een gewenningsperiode van 4 dagen om te wennen aan de weidegang. In deze gewenningsperiode liepen de koeien van alle 4 de groepen op hetzelfde perceel. Na de gewenningsperiode volgde een trainingsperiode van 4 dagen, waarin aan de koeien geleerd is de signalen van de halsbanden te herkennen (zie 2.1.3). Vanaf de start van de training bleven de koeien in de 4 groepen. Na de training begonnen de proefweken. Dit waren er vier in totaal, waarin wekelijks dan wel dagelijks werd omgeweid, afhankelijk van de behandeling.

Tabel 1 Duur en start- en einddatum van de verschillende fases in de proef.

4 dagen (23 mei t/m 26 mei)	4 dagen (27 mei t/m 30 mei)	4 weken (31 mei t/m 26 juni)
Gewenningsperiode (G)	Trainingsperiode (T)	Proefweek (W) 1 t/m 4

2.1.2 Halsbanden voor draadloze afrastering

In deze proef is gewerkt met de halsbanden van Nofence (Nofence®, Batnfjordsøra, Norway). Met deze halsbanden werden de koeien in de draadloze afrasteringsgroepen via GPS binnen een bepaald gebied begrensd. De halsbanden hadden een accu die via een zonnepaneel aan de zijkant van de halsband opgeladen werd. De halsbanden konden via een app bediend worden waarin werd aangegeven binnen welk gebied de koeien mochten lopen. Wanneer een koe een ingestelde grens op 1 meter afstand benaderde gaf de halsband een geluidssignaal, dat opliep in volume en frequentie. Als de koe de grens niet verliet of verder liep gaf de halsband na de laatste (15^e) toonhoogte een elektrische schok, vergelijkbaar met de schok van schrikdraad (elektrische schok: input voltage = 3,4V - 4,2V; geluidssignaal: 82dB). De instellingen wat betreft de afstand tot de grens wanneer het geluidssignaal begon, het volume en de frequentie van het geluidssignaal, en het voltage van de elektrische schok zijn onderdeel van het systeem van Nofence en konden niet aangepast worden. Wanneer een koe de geluidssignalen negeerde, ontving de koe maximaal drie opeenvolgende elektrische schokken. Hierna werd de koe als 'ontsnapt' aangeduid en werden geen signalen meer gegeven (de locatie werd dan nog wel bijgehouden en gecommuniceerd via de app). De banden van Nofence hadden een totaalgewicht van ongeveer 1,5 kg (halsband + batterij). De dieren in de controlegroepen kregen een dummyhalsband om: een halsband met vergelijkbaar gewicht, maar zonder mogelijkheid om geluiden en schoksignalen af te geven of de GPS-locatie te bepalen. Zowel de Nofence halsbanden als de dummy halsbanden werden omgehangen vanaf de gewenningsperiode. De halsbanden van Nofence kennen twee modi: de bedrijfsmodus en de leermodus. In de leermodus wordt het geluidssignaal eerder uitgeschakeld dan in de bedrijfsmodus.

Hierdoor kan het dier gemakkelijker leren hoe het de geluidssignalen kan uitschakelen. Daarentegen is de weidegrens minder nauwkeurig in de leermodus. Nadat een dier binnen een ingesteld weiland 20 geluidssignalen heeft gekregen schakelt de halsband van leermodus over naar bedrijfsmodus. Bij ieder nieuw weiland werd de modus gereset en startte de halsband opnieuw in de leermodus.

2.1.2.1 Training

Tijdens de trainingsperiode werd aan de koeien geleerd de signalen uit de halsbanden te herkennen. De dieren waren al gewend aan schrikdraad en beweiding, vanuit eerdere jaren beweidingsonderzoek en vanuit de gewenningsperiode. De koeien uit de 2 draadloze afrasteringsgroepen liepen tijdens de trainingsperiode per groep op een weiland met fysieke afrastering. Dit weiland bleef tijdens de training voor de 2 groepen hetzelfde. Op de eerste trainingsdag werden de koeien na de ochtendmelking naar hun toegewezen weiland gebracht. Daarna werd binnen 5 meter van een van de fysieke grenzen de eerste draadloze afrastering ingetekend. Deze draadloze afrastering bleef vervolgens de rest van de trainingsperiode staan. Op de tweede trainingsdag werd, nadat de koeien in het weiland stonden, een tweede draadloze afrastering ingetekend, 5 meter binnen de tweede fysieke grens. Dit werd herhaald op dag 3 en 4, zodat op dag 4 de koeien geheel binnen een draadloze afrastering stonden. Tijdens de training werd geëvalueerd hoe de koeien reageerden op de geluidssignalen en elektrische schokken, visueel in het weiland en na afloop van iedere dag werd het aantal geluidssignalen en elektrische schokken bekeken om te zien of er dieren bij waren met zeer veel signalen uit de halsband.

2.2 Dieren en huisvesting

Er zijn 64 lacterende meerderekalfskoeien ingezet. Alle koeien waren tenminste 79 dagen in lactatie (gemiddeld 161 dagen, variërend van 79 – 374 dagen bij de start van de proefweken). De proef is uitgevoerd op Dairy Campus (Leeuwarden). De koeien werden geweid op de percelen A3 en A4 met een totale oppervlakte van 6.1 en 7.1 hectare (ha), respectievelijk. Binnen deze percelen zijn 4 proefvelden gebruikt: 1 proefveld per behandeling. De dieren zijn steeds gehouden in 4 groepen van ieder 16 koeien, zowel in de emissiestal als op het weiland. De omheining van de percelen was een fysieke draad, en de afrastering van de weilanden binnen de percelen was ofwel draadloos ofwel fysiek, afhankelijk van de behandeling.

Tijdens de gewenningsperiode liepen alle 64 koeien van alle 4 de groepen gezamenlijk op een perceel van 1,43 ha. Tijdens de trainingsperiode liepen de koeien per groep in weilanden van ongeveer 0,8 ha. In de proefweken begonnen de behandelingen. Koeien in de groepen die dagelijks werden omgeweid hadden toegang tot 0,17 ha. Aan het eind van iedere dag werd de (draadloze) afrastering verschoven, zodat elke dag de helft van het perceel (0,085 ha) uit vers gras bestond, en de andere helft uit gras van de dag ervoor (0,085 ha). In totaal hadden de koeien steeds 0,17 ha ter beschikking. Koeien in de groepen die wekelijks werden omgeweid hadden toegang tot 0,5 ha. Iedere week gingen deze koeien naar een geheel nieuw weiland van 0,5 ha. De perceelgroottes gingen uit van een vers grasopname van 8 kg drogestof per koe per dag.

De koeien werden 2 keer per dag gemolken met een interval van 11-13 uur. Na de ochtendmelking werden alle koeien per groep naar hun toegewezen weiland gebracht. Na de avondmelking werden alle koeien per groep naar de toegewezen emissiestal gebracht. Alle groepen hadden onbeperkt toegang tot drinkwater, zowel in het weiland als in de emissiestal. Dieren werden 's nachts in de emissiestal onbeperkt bijgevoerd met het gangbare melkveerantsoen Partial Mixed Ration (PMR) via de voermengwagen. Daarnaast kregen de koeien krachtvoer in krachtvoerstations volgens de melkvoertabel, en per dag 1 kg lokbrok in de melkstal.

2.3 Metingen en monsternamen

2.3.1 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht

Tijdens de proefperiode werd de grashoogte op de te beweiden percelen wekelijks (iedere dinsdag) gemeten voor en na het inscharen van de koeien. De grashoogte werd bepaald met een elektronische grashoogtemeter van Jenquip (EC-09). Hierbij werd op de te begrazen percelen via een V- (dagelijks omweiden) of W-vorm (wekelijks omweiden) over het perceel gelopen en werd de grashoogtemeter op willekeurige punten (ongeveer iedere 2 à 3 meter) recht naar beneden neergezet zodat de grashoogte op dat punt geregistreerd werd. Dertig registraties samen vormen 1 meting, en per perceel werden 2 (dagelijks omweiden) of 3 (wekelijks omweiden) metingen gedaan. Reden voor dit verschil is de beperkte oppervlakte (0,15 ha) bij het perceel voor dagelijks omweiden. Het perceel voor wekelijks omweiden was steeds ongeveer 0,5 ha groot. De metingen per perceel werden vervolgens gemiddeld per perceel. Dit betekent dat bij de groepen die dagelijks omweidden, steeds één meting op een niet eerder begraasde strip (0,075 ha) en één op een eerder begraasde strip (0,075 ha) werd uitgevoerd die vervolgens onderling gemiddeld werden. Ook werd er iedere dinsdag tijdens de proefperiode een vers gras monster genomen. Dit werd steeds in de ochtend gedaan, waarbij er diagonaal over het veld gelopen werd en minstens op 25 locaties per perceel een pluk gras vanaf 5 cm hoogte afgesneden werd. Per perceel werden de 25 sub-monsters goed gemengd tot 1 monster en vervolgens opgeslagen in een vriezer geplaatst bij -20 °C. Aan het einde van de proef werden alle monsters (16: 4 monsters per week, gedurende 4 weken) naar Eurofins gestuurd voor analyse. De grasmonsters zijn natchemisch geanalyseerd door Eurofins (Wageningen, Nederland) voor het drogestofgehalte, ruw eiwitgehalte en in vitro verteerbaarheid. Overige chemische componenten zijn met NIRS bepaald. Eurofins Agro heeft ook de voederwaarde berekend (o.a. Voeder Eenheid Melk (VEM), DVE, OEB).

Het rantsoen van de koeien bestond naast gras uit krachtvoerbrok uit de krachtvoerstations, uit krachtvoerbrok in de melkstal, en een PMR bestaande uit graskuil, maiskuil, sojaschroot, gedroogde bietenpulp, en lactatiemineralen aan het voerhek in de emissiestal. De krachtvoeropname uit de krachtvoerstations werd automatisch vastgelegd voor individuele koeien. Voor de PMR aan het voerhek werden de weegdata van de voermengwagen dagelijks per groep geregistreerd, en tijdens de proefperiode werden iedere week op 3 opeenvolgende dagen de resten per groep gewogen. De gemiddelde PMR-opname op deze 3 dagen werd gezien als de dagelijkse PMR-opname per groep per week, en gedeeld door het aantal koeien per groep (n=16) voor de PMR-opname per koe per dag.

Daarnaast zijn er tijdens de proefperiode wekelijks grasmonsters genomen van ieder (op dat moment beweide) perceel. Ook deze monsters zijn ingevroren bij -20 °C. De grasmonsters zijn natchemisch geanalyseerd door Eurofins (Wageningen, Nederland), voor het drogestofgehalte en de voederwaardeberekening (VEM). Ook de graskuil en de maiskuil als losse componenten in de PMR zijn natchemisch geanalyseerd door Eurofins op drogestofgehalte en VEM. Het drogestofgehalte en de VEM van de krachtvoerders (brok en PMR-componenten) zijn overgenomen uit de KringloopWijzer zoals opgeleverd door de voerleverancier.

De totale voeropname in de stal per koe per dag is berekend met de drogestofopname van de krachtvoerders en de PMR. De grasopname is wekelijks berekend volgens het VEM-systeem (Van Es, 1975). Eerst zijn de VEM-behoeften van iedere koe berekend op basis van behoeften voor onderhoud (inclusief een toeslag van 930 VEM per dag voor beweiding overdag), groei, en dracht (CVB, 2016). Vervolgens is de VEM-opname via PMR en krachtvoer voor elke individuele koe berekend. Tot slot is de drogestofopname van vers gras voor elke individuele koe berekend door het verschil tussen VEM-behoefte en VEM-opname in de stal te delen door het VEM-gehalte van het gras.

De melkproductie werd bij iedere melkbeurt per individuele koe geregistreerd. Daarnaast werd wekelijks, tijdens zowel een ochtend- als een middagmelking, een melkmonster (10 mL) per koe verzameld in een buis met natriumazide (5 µL) voor conservering. Deze werden maximaal 1 dag bij 4 °C bewaard en geanalyseerd op vet-, eiwit-, lactose-, en ureumgehalte, en celgetal door Qlip BV (Zutphen, Nederland). Een gewogen gemiddelde dagelijkse melksamenstelling werd berekend op basis van de gemeten melksamenstelling in combinatie met de melkgift van bijbehorende melkbeurt.

De vet-en-eiwit-gecorrigeerde melk (FPCM) is per week berekend als: $FPCM \text{ (kg/d)} = (0,337 + 0,116 \times \text{vet \%} + 0,06 \times \text{eiwit \%}) \times \text{melkproductie (kg/d)}$ (CVB, 2016). Nadat de koeien terugkwamen van de melkcarrousel liepen ze over een Gea weegschaal (Gea Farm Technologies Nederland BV, Deventer, Nederland) zodat van iedere koe tweemaal daags het lichaamsgewicht kon worden geregistreerd. De weegschaal werd 1 keer per maand gecontroleerd en bij een afwijking van meer dan 2% opnieuw geijkt volgens Dairy Campus protocol.

2.3.2 Signalen uit de halsband

De data uit de halsbanden werden aan het einde van het onderzoek door de fabrikant verstrekt voor wetenschappelijke doeleinden. Voor onze analyses gebruikten we per halsband het tijdstempel, de geluidssignalen, en de elektrische schokken. Per koe en per dag zijn de geluidssignalen en de elektrische schokken samengevat. Hieruit zijn per dag variabelen berekend die gerelateerd zijn aan de leercurve van de koeien van het systeem. Ten eerste is het succes berekend door de elektrische schokken van de geluidssignalen af te trekken (Hamidi et al., 2024). Dit laat zien dat het dier de elektrische schok kon voorkomen door op de juiste manier te reageren op het geluidssignaal. Ten tweede is de succesratio berekend door het succes te delen door het totaal aantal geluidssignalen (Eftang et al., 2022; Hamidi et al., 2024). Ten derde is de vertrouwensratio berekend door de succesratio te vermenigvuldigen met het succes en het resultaat te delen door 20. De vertrouwensratio reflecteert de vrijwillige interacties met de draadloze afrastering, en is op die manier een indicatie van het vermogen van de koeien om te interacteren met de grens zonder een elektrische schok te ontvangen. Bij het berekenen van de vertrouwensratio is, volgens het veranderen van de modus van de halsbanden, het succes op maximaal 20 gezet (Hamidi et al., 2024). Dit wil zeggen dat wanneer een dier meer dan 20 geluidssignalen ontving zonder een daaropvolgende elektrische schok, er slechts 20 geluidssignalen werden meegenomen.

2.3.3 Gedrag en welzijn

Gedrag

Om gedrag continue te meten, werden alle 64 koeien uitgerust met een activiteitsensor 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 (per uur). Naast continue gedragsmetingen zijn gedragsobservaties uitgevoerd op dag 2 van de gewenningsperiode, dag 1 en 4 van de trainingsperiode, en op dag 14 en 27 van de proefperiode. Iedere behandelingsgroep werd 60 minuten geobserveerd. Het algemene gedrag in de weide werd in kaart gebracht door middel van scan sampling, waarbij het gedrag van de dieren binnen de groep in willekeurige volgorde één voor één gescand werd gedurende met een observatie-interval van 5 minuten. Daarnaast werd gedurende de gehele 60 minuten per groep het gedrag geobserveerd van dieren na een interactie met de fysieke of draadloze afrastering (d.w.z. nadat een elektrische schok was ontvangen). De gebruikte ethogrammen zijn te vinden in tabel 2 en 3. Herkauwen is niet meegenomen als aparte gedraging omdat dit samen kan vallen met andere gedragingen zoals liggen of grazen. De gedragsobservaties zijn uitgevoerd door een drietal observatoren. Training om het gebruik van de ethogrammen te standaardiseren tussen observatoren vond plaats voorafgaand aan de eerste observatiedag.

Tabel 2 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 omhooggehouden. 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.
Overig	Overige gedragingen.

Tabel 3 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.
Hoofdschudden	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 wegstijgt van de (draadloze) afrastering.
360° draaien	Volledige lichaamsdraai van 360° of meer.
Overig	Overige gedragingen.

Haar- en melkcortisol

Om het stressniveau in kaart te brengen binnen de verschillende behandelingsgroepen werd cortisol in melk en haar gemeten. Haarmonsters werden genomen 7 dagen voor start van de proef, en op de laatste proefdag. Haarmonsters werden genomen op de linkerflank tegen de ruggengraat van de dominante haarkleur. Met een vee-tondeuse werd een gebied van 20 x 20 cm geschoren, en de monsters werden vervolgens in het donker bewaard bij -20°C. De haarmonsters zijn geanalyseerd door het veterinaire laboratorium van Royal GD (Deventer, Nederland). Cortisolconcentraties in het haar zijn geanalyseerd gebaseerd op een protocol zoals beschreven in voorgaande studies (Burnett et al., 2014; Koren et al., 2002). Hierbij werden de volgende stappen gevolgd: haarmonsters werden drie keer gewassen met isopropanol en daarna gedroogd in een oven bij 37°C voor ongeveer 24 uur. De monsters werden vervolgens gedurende 5 minuten in een Retch-klopper vormalen tot haarpoeder met behulp van een Retch-maalbeker met een kraal van 20 mm. Ongeveer 200 mg haarpoeder werd overgebracht in glazen buisjes. Methanol (5 ml) werd aan de buizen toegevoegd en gemengd met het haarpoeder. De buizen werden vervolgens gedurende 30 minuten aan conisatie onderworpen, vervolgens gedurende ongeveer 24 uur in een oven bij 50°C geplaatst en gedurende 10 minuten gecentrifugeerd. Na het centrifugeren werd 4 ml oplossing van de monsters in nieuwe glazen buizen gepipetteerd en werd de methanol verdampt met behulp van stikstof. Vervolgens werd aan elke buis 500 µl fysiologische zoutoplossing toegevoegd en werden de buizen gemengd, vervolgens gedurende 10 minuten in een ultrasoonbad geplaatst en daarna opnieuw gemengd. De cortisolconcentratie werd vervolgens in de monsteroplossingen geanalyseerd met een IDS-iSYS Salivary Cortisol-testkit (IS-4900) op een IDS-iSYS Multi-Discipline Automated System. De resultaten werden herberekend op basis van de cortisolconcentratie in ng/g haar.

Melkmonsters (gemengd van elk kwartier) werden genomen van alle dieren tijdens acht ochtendmelkingen in de studieperiode: 2 keer per week in de eerste 3 weken van de proefperiode, daarna eens per week. Melkmonsters werden genomen in 15 mL plastic buizen en ingevroren bij -20°C, en vervolgens geanalyseerd met behulp van een salivary cortisol ELISA kit (Salimetrics LLC., State College, PA, USA) volgens bijbehorend protocol.

Verder zijn 4 koeien uit de DA-groep uitgerust met hartslagmeters gedurende 3 dagen (1 dag in de gewenningsperiode, 2 dagen in de trainingsperiode). De metingen hebben geen betrouwbare data opgeleverd doordat de banden onvoldoende op hun plek bleven zitten, waardoor er geen conclusies uit kunnen worden getrokken. Deze meting wordt daarom niet verder toegelicht in het rapport.

2.4 Data-analyse

Aan het begin van dag 3 van de trainingsperiode zijn 5 koeien (2 uit DA_WO, 2 uit FA_DO, en 1 uit FA_WO) vervangen door passende reservekoeien omdat zij tijdens de looptijd van de proef drooggezet zouden moeten worden. De koeien die uit de proef zijn gehaald zijn niet meegenomen in de data-analyse. De reservekoeien hebben 2 van de 4 trainingsdagen meegelopen. Na de trainingsperiode werden koeien niet meer vervangen bij uitval. Eén koe (uit DA_DO) is op dag 5 van de proefperiode uit de proef gehaald omdat bij deze koe de halsbanden (3 verschillende) niet functioneerden.

2.4.1 Voeropname, melkgift en lichaamsgewicht

De statistische analyse voor voeropname, melkgift en lichaamsgewicht is uitgevoerd met behulp van SAS versie 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Gemiddelden zijn berekend voor de gewenningsperiode, trainingsperiode en per week voor de proefperiode. Dit resulteerde in 6 waarden per dier, uitgedrukt per koe per dag. Een herhaald waarnemingenmodel is gebruikt om het effect van behandeling (DA_WO, DA_DO, FA_WO, FA_DO), periode (6 perioden: gewenning, training, wk 1 – 4), en hun interactie te testen op de afhankelijke variabelen gerelateerd aan voeropname, melkproductie en lichaamsgewicht. Ieder model bevatte een herhaald meeteffect van periode met koe als herhaald onderwerp. Waarden zijn gepresenteerd als least squares means (LSM) $\pm$ de maximale standard error (SEM). Statistische tests zijn uitgevoerd op het significantieniveau $P \leq 0,05$ voor Bonferroni-gecorrigeerde P-waarden, met een trend bij $0,05 < P < 0,10$.

2.4.2 Signalen uit de halsband

De statistische analyse voor signalen uit de halsband is uitgevoerd met behulp van SAS versie 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC). Gemiddelden zijn berekend voor de trainingsperiode, en per week voor de proefperiode. Dit resulteerde in 6 waarden per dier, uitgedrukt per koe per dag. Een herhaald waarnemingenmodel is gebruikt om het effect van behandeling (DA_WO, DA_DO), periode (5 perioden: training, wk 1 – 4) en hun interactie te testen op de afhankelijke variabelen: geluidssignalen, elektrische schokken, succes, succesratio en vertrouwensratio. Ieder model bevatte een herhaald meeteffect van periode met koe als herhaald onderwerp. Waarden zijn gepresenteerd als least squares means (LSM) $\pm$ de maximale standard error (SEM). Statistische tests zijn uitgevoerd op het significantieniveau $P \leq 0,05$ voor Bonferroni-gecorrigeerde P-waarden, met een trend bij $0,05 < P < 0,10$. De signalen op 6 dagen dat koeien onterecht signalen uit de halsband kregen doordat het systeem nog niet (voor alle koeien) uitstond bij het ophalen zijn niet meegenomen in de analyse.

2.4.3 Gedrag en cortisol

De statistische analyse voor gedrag en cortisol is uitgevoerd met behulp van RStudio (Version 4.4.1). Gemiddelden zijn berekend voor de gedragsvariabelen per dier per dag voor de gewenningsperiode en de trainingsperiode, en per week voor de proefperiode. Een herhaald waarnemingenmodel is gebruikt om het effect van behandeling (DA_WO, DA_DO, FA_WO, FA_DO), periode (5 perioden: gewenning, training, wk 1 – 4), en hun interactie te testen op de afhankelijke variabelen: vreettijd, herkauwtijd, activiteit, inactiviteit, melkcortisol en haarcortisol. Gedragsobservaties zijn uitgedrukt in %waargenomen gedraging/totaal aantal gedragingen per observatiemoment per behandeling.

Een herhaald waarnemingenmodel is gebruikt om het effect van behandeling (DA_WO, DA_DO, FA_WO, FA_DO), periode (5 perioden: gewenning, training (2x), wk 2 en wk 4) en hun interactie te testen op de afhankelijke variabelen: grazen, liggen, lopen, overig. Waarden zijn gepresenteerd als gemiddelden $\pm$ standard deviatie (sd). Statistische tests zijn uitgevoerd op het significantieniveau $P \leq 0,05$ voor Bonferroni-gecorrigeerde P-waarden.

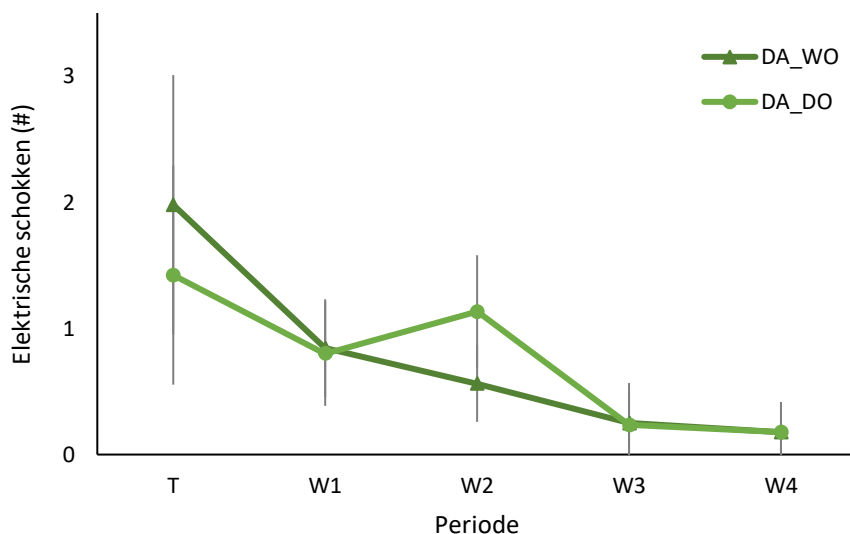
Relaties tussen gedrags- en welzijnsvariabelen en signalen uit de halsbanden (succes, succesratio en vertrouwensratio) van individuele koeien zijn getest in een herhaald waarnemingenmodel met een vergelijkbare methode als hierboven beschreven. Afhankelijke variabelen waren continue gedragsmetingen of cortisolmetingen per koe per dag. Behandeling (DA_WO, DA_DO), periode (4 perioden: training, wk 1 – 4), één van de signalen uit de halsband (succes of succesratio of vertrouwensratio per koe per dag) en hun interacties waren onafhankelijke variabelen.

3 Resultaten

3.1 Signalen uit de halsband

Koeien in DA_DO kregen over de gehele proef, inclusief de training, meer geluidssignalen ($13,5 \pm 1,66$) vergeleken met koeien in DA_WO ($8,8 \pm 1,61$) (tabel 4). Gedurende de trainingsperiode (T) kregen alle koeien in beide groepen minder geluidssignalen ($8,5 \pm 1,45$) dan in W2 ($13,0 \pm 1,45$; $P=0,02$), en alle koeien neigden minder geluidssignalen te krijgen gedurende de training vergeleken met W3 ($12,9 \pm 1,45$; $P=0,08$). Tussen de overige weken waren geen significante verschillen voor het aantal geluidssignalen.

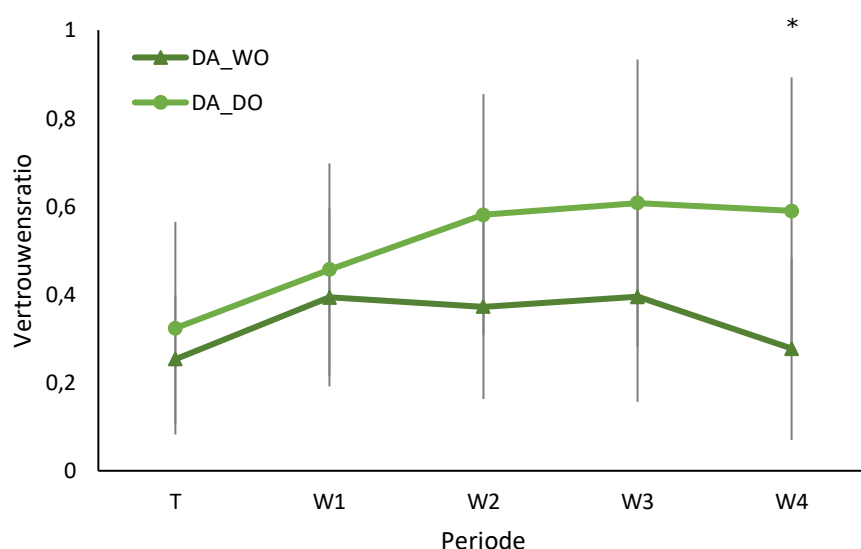
Voor het aantal elektrische schokken was een interactie tussen behandeling en periode, maar binnen dezelfde weken waren geen verschillen in het aantal elektrische schokken tussen de behandelingen (figuur 1). Tijdens de trainingsperiode kregen koeien in DA_WO meer schokken vergeleken met alle andere weken ($P<0,01$), en kregen koeien in DA_DO meer schokken vergeleken met W1 ($P=0,01$), W3 ($P<0,01$), en W4 ($P<0,01$). Koeien in DA_WO neigden meer elektrische schokken te krijgen in W1 vergeleken met W2 ($P=0,06$) en kregen meer schokken in W1 vergeleken met W3 ($P=0,02$). Daarnaast neigden koeien in DA_DO meer schokken te krijgen in W1 vergeleken met W4 ($P=0,07$), en deze koeien kregen meer schokken in W2 vergeleken met W3 en W4 ($P<0,01$).



Figuur 1 Aantal elektrische schokken van de 32 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende training (T) en proefweek (W) 1 tot en met 4. Foutbalken geven de standaarddeviatie weer.

Over de gehele proef, inclusief de training, was het succes hoger voor koeien in DA_DO vergeleken met koeien in DA_WO ($12,7 \pm 1,64$ vs $8,0 \pm 1,59$). Gedurende de training was het succes lager voor koeien in beide groepen ($6,8 \pm 1,43$) vergeleken met W1 ($10,0 \pm 1,43$; $P=0,03$), W2 ($12,2 \pm 1,43$; $P<0,01$), en W3 ($12,7 \pm 1,43$; $P<0,01$). Koeien in beide groepen hadden gedurende de training een lagere succesratio ($0,66 \pm 0,025$) vergeleken met alle andere weken (W1: $0,90 \pm 0,025$, W2: $0,91 \pm 0,025$, W3: $0,97 \pm 0,025$, W4: $0,95 \pm 0,025$, $P<0,01$ voor alle vergelijkingen).

Voor de vertrouwensratio neigde er een interactie te zijn tussen behandeling en periode, waarbij koeien in DA_DO in W4 een hogere vertrouwensratio hadden vergeleken met koeien in DA_WO ($P=0,02$) (figuur 2). In de andere weken was er geen significant verschil tussen beide groepen. Gedurende de training hadden koeien in DA_DO een lagere vertrouwensratio vergeleken met W2 ($P<0,01$), W3 ($P<0,01$), en W4 ($P=0,03$). Voor koeien in DA_WO verschilde de vertrouwensratio niet tussen de perioden.



Figuur 2 Vertrouwensratio ($((\text{succesratio} \times \text{succes}[\text{max } 20]) / 20)$) van de 32 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende training (T) en proefweek (W) 1 tot en met 4. * geeft een significant verschil aan tussen beide behandelingen in desbetreffende week. Foutbalken geven de standaarddeviatie weer.

Tabel 4 Geluidssignalen, elektrische schokken, succes, succesratio, en vertrouwensratio per dag van 32 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO).

	Periode x Behandeling										P-waarde			
	Training		W1		W2		W3		W4		Max SEM	Behandeling	Periode ¹	BxP ²
	DA_WO	DA_DO	DA_WO	DA_DO	DA_WO	DA_DO	DA_WO	DA_DO	DA_WO	DA_DO				
Geluidssignalen (#/ dag)	8,15	8,87	10,03	11,59	9,79	16,26	9,39	16,46	6,40	14,13	2,088	0,05	0,01	0,17
Elektrische schok (#/ dag)	1,98	1,42	0,84	0,80	0,56	1,13	0,25	0,23	0,18	0,18	0,136	0,93	<0,01	<0,01
Succes (#/ dag) ³	6,17	7,44	9,19	10,79	9,23	15,12	9,14	16,23	6,23	13,96	2,050	0,05	<0,01	0,24
Succesratio ⁴	0,66	0,66	0,90	0,90	0,92	0,90	0,95	0,99	0,93	0,98	0,035	0,71	<0,01	0,64
Vertrouwensratio ⁵	0,25	0,32	0,39	0,46	0,37	0,58	0,40	0,61	0,28 ^b	0,59 ^a	0,062	0,01	<0,01	0,09

¹ Behandeling x periode interactie. ² 5 perioden: training en wk 1 – 4. Gedurende de gewenning waren de Nofence halsbanden nog niet actief en is er geen data verzameld. ³ Succes = # geluidssignalen – # elektrische schokken. ⁴ Succesratio = Succes/ # geluidssignalen. ⁵ Vertrouwensratio = (Succesratio × Succes)/20. Hierbij gold succes[max]=20. ^{a-b} Waarden binnen periode met verschillende superscripts verschillen significant bij P<0,05.

3.2 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht

De gemiddelde grashoogte was vóór inscharen 3059 kg DS/ha en na beweiden 2672 kg DS/ha, wat betekent dat er volgens deze meting gemiddeld (over alle groepen en over de hele periode) 386 kg DS per hectare opgenomen werd. Dit komt, na correctie voor oppervlakte en aantal dieren, neer op 4,9 kg DS per dier per dag. Er waren verschillen tussen de percelen. Op A4 stond meer gras dan op A3, 3258 kg DS voor inscharen op A4 versus 2859 kg DS voor inscharen op A3. De resten op A4 waren als gevolg hiervan ook iets hoger (2901 kg DS/ha) dan op A3 (2444 kg DS/ha). Desondanks was de berekende opname uit vers gras ook hoger op A4 (5,4 kg DS per dier per dag) dan op A3 (4,4 kg DS per dier per dag). Verschillen in aanbod tussen dagelijks en wekelijks omweiden waren klein en bij dagelijks omweiden leken de percelen verder afgegraasd te worden, maar door de kleinere oppervlakte was de berekende opname lager bij dagelijks omweiden (3,1 kg DS per dier per dag) dan bij wekelijks omweiden (6,7 kg DS per dier per dag). Doordat het een enkele variabele per perceel en per week was, was het niet mogelijk deze berekeningen statistisch te analyseren. Grashoogte voor en na beweiden en de berekende opname per groep en per dier per dag zijn weergegeven in Bijlage X1.

Voederwaardekenmerken van het verse gras zijn niet statistisch geanalyseerd, omdat deze geen effect waren van de behandeling maar gezien kunnen worden als onafhankelijke input. De VEM van het verse gras op de verschillende percelen was gemiddeld 950 met een gemiddeld ruw eiwitgehalte van 114 en een gemiddelde NDF-gehalte van 474 g/kg DS. Er was wat betreft VEM geen sprake van een toe- of afname gedurende de weken. Het ruw eiwit (re) gehalte was in week 3 en 4 wel hoger dan in week 1 en 2 door de oplopende temperaturen (met meer mineralisatie in de bodem, en dus vrijkomen van stikstof, tot gevolg). Voor wat betreft voederwaarde leek de VEM op perceel A3 (FA_DO: 931 en DA_WO: 920) lager dan op perceel A4 (DA_DO: 987 en FA_WO: 964). Dit correspondeerde met het lagere ruw eiwitgehaltes bij de behandelingen FA_DA (83g/kg DS) en DA_WO (104 g/kg DS) ten opzichte van DA_DO (137 g/kg DS) en FA_WO (132 g/kg DS). NDF (bepaald met NIRS) was dan wel weer vergelijkbaar tussen perceel A3 (476 g/kg DS) en A4 (474 g/kg DS). Een tabel met de VEM, re en NDF is weergegeven in Bijlage X2.

Numeriek hadden koeien in DA_WO de hoogste PMR-opname en koeien in DA_DO de laagste PMR-opname (tabel 5). Echter, door de berekening van de PMR-opname was deze voor alle koeien binnen een groep gelijk, en kon er geen betrouwbare statistische test worden uitgevoerd. Er was geen verschil in krachtvoeropname tussen de vier groepen. Voor de grasopname, de totale voeropname (figuur 3), de voerefficiëntie en het lichaamsgewicht van de koeien was er een interactie-effect tussen periode en behandeling. In W1 hadden koeien in FA_WO een hogere grasopname ($9,1 \pm 0,35$ kg DS/d) dan de koeien in DA_DO ($6,8 \pm 0,34$ kg DS/d), FA_DO ($4,8 \pm 0,35$ kg DS/d), en DA_WO ($3,1 \pm 0,35$ kg DS/d) ($P < 0,01$ voor alle vergelijkingen). In deze week hadden koeien in DA_DO een hogere grasopname dan de koeien in FA_DO en DA_WO ($P < 0,01$). In W4 hadden koeien in DA_DO een hogere grasopname ($5,7 \pm 0,35$ kg DS/d) dan de koeien in FA_WO ($2,5 \pm 0,35$ kg DS/d), DA_WO ($0,9 \pm 0,40$ kg DS/d), en FA_DO ($0,4 \pm 0,52$ kg DS/d, $P < 0,01$ voor alle vergelijkingen). In deze week neigden de koeien in FA_WO een hogere grasopname te hebben dan de koeien in FA_DO ($P = 0,09$). Voor de totale voeropname, de voerefficiëntie en het lichaamsgewicht waren er, binnen dezelfde weken, geen verschillen tussen de vier behandelingen.

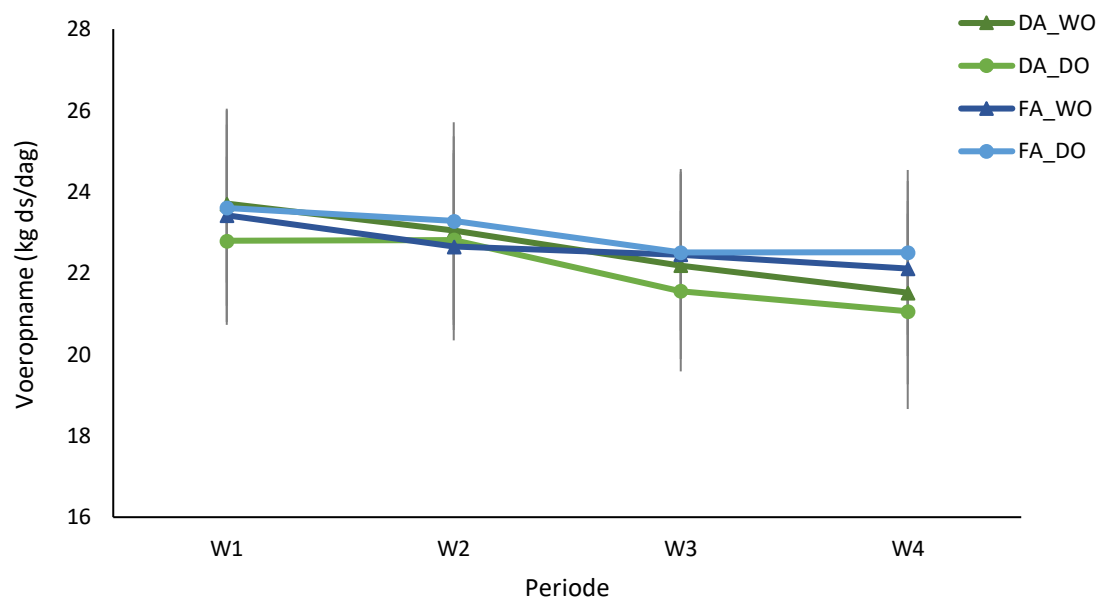
Het eiwitgehalte in de melk van koeien in DA_DO was hoger dan het eiwitgehalte in de melk van koeien in FA_DO (tabel 5). Daarnaast was het lactosegehalte in de melk van koeien in FA_WO hoger vergeleken met het lactosegehalte in de melk van koeien in DA_DO. Er was geen effect van behandeling op melkproductie, FPCM, vetpercentage of celgetal in de melk. Gedurende de training was het ureumgehalte van koeien in DA_WO ($19,2 \pm 0,94$ mg/dL) lager vergeleken met het ureumgehalte van koeien in FA_DO ($24,6 \pm 0,94$ mg/dL; $P = 0,01$) en FA_WO ($24,6 \pm 0,92$ mg/dL, $P = 0,01$). In deze periode neigde het ureumgehalte van koeien in DA_DO ($19,9 \pm 0,92$ mg/dL) lager te zijn vergeleken met het ureumgehalte van koeien in FA_DO ($P = 0,07$) en FA_WO ($P = 0,07$).

Voor alle variabelen was er een periode-effect. Globaal resulteerde dit in een afname in van de melkproductie, FPCM, en ureumgehalte over de tijd. Lichaamsgewicht steeg tot week 1 van de proefperiode en nam daarna weer af.

Tabel 5 Gemiddelde dagelijkse voeropname, melkproductie en lichaamsgewicht van 64 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) of fysieke afrastering (FA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) voor de gewenning, training, en proefperiode.

	Behandeling				P-waarde			
	DA_WO	DA_DO	FA_WO	FA_DO	Max SEM	Behandeling	Periode ¹	BxP ²
Voeropname								
Krachtvoer (kg DS ³ /d)	5,78	5,55	5,88	6,59	0,504	0,50	<0,01	0,07
Rantsoen (PMR) (kg DS/d) ⁴	13,3	11,2	11,3	12,3	0,000029	-	-	-
Gras (kg DS/d)	3,8	5,5	5,6	4,3	0,29	<0,01	<0,01	<0,01
Totaal (kg DS/d)	22,4	22,0	22,7	22,9	0,54	0,70	<0,01	0,02
Melkproductie								
Melk (kg/d)	33,0	31,9	33,7	34,5	1,28	0,56	<0,01	0,67
Vet-en-eiwit-gecorrigeerde melk (kg/d)	34,2	34,0	35,6	36,0	1,19	0,59	<0,01	0,79
Vetgehalte (g/100 g)	4,49	4,62	4,51	4,48	0,098	0,74	<0,01	0,16
Eiwitgehalte (g/100 g)	3,49 ^{ab}	3,61 ^a	3,53 ^{ab}	3,35 ^b	0,055	0,01	<0,01	0,37
Lactosegehalte (g/100 g)	4,48 ^{ab}	4,41 ^b	4,53 ^a	4,45 ^{ab}	0,027	0,02	0,03	0,90
Celgetal (x 1,000 cellen) ⁵	56,6	71,1	45,4	55,8	1,31	0,70	0,02	0,80
Ureumgehalte (mg/dL)	16,7	17,3	18,1	16,6	0,64	0,31	<0,01	<0,01
Voerefficiëntie	1,49	1,52	1,53	1,52	0,023	0,63	<0,01	<0,01
Lichaamsgewicht (kg)	634,2	619,5	634,2	626,6	15,5	0,89	<0,01	<0,01

¹ 6 perioden: gewenning, training, wk 1 – 4. Voeropname en voerefficiëntie zijn alleen tijdens de proefperiode geanalyseerd en daarom zijn er voor deze variabelen 4 perioden meegenomen (wk 1-4) (m.u.v. krachtvoeropname). ² Behandeling x periode interactie ³ DS = drogestof. ⁴ Iedere koe binnen een groep had een gelijke PMR-opname per dag; 'Hessian matrix not positive definite'. ⁵ De analyse is gedaan op de natuurlijk logaritme om een normale verdeling te verkrijgen. De gepresenteerde LSM zijn terug getransformeerd. ^{a-c} Waarden binnen een rij met verschillende superscripts verschillen significant bij P<0,05. [†] Waarden binnen een rij met hetzelfde symbool neigen te verschillen bij P<0,10.



Figuur 3 Totale voeropname (kg DS/dag) van de 64 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) of fysieke afrastering (FA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende proefweek (W) 1 tot en met 4.

3.3 Gedrag en welzijn

3.3.1 Continue gedragsmetingen

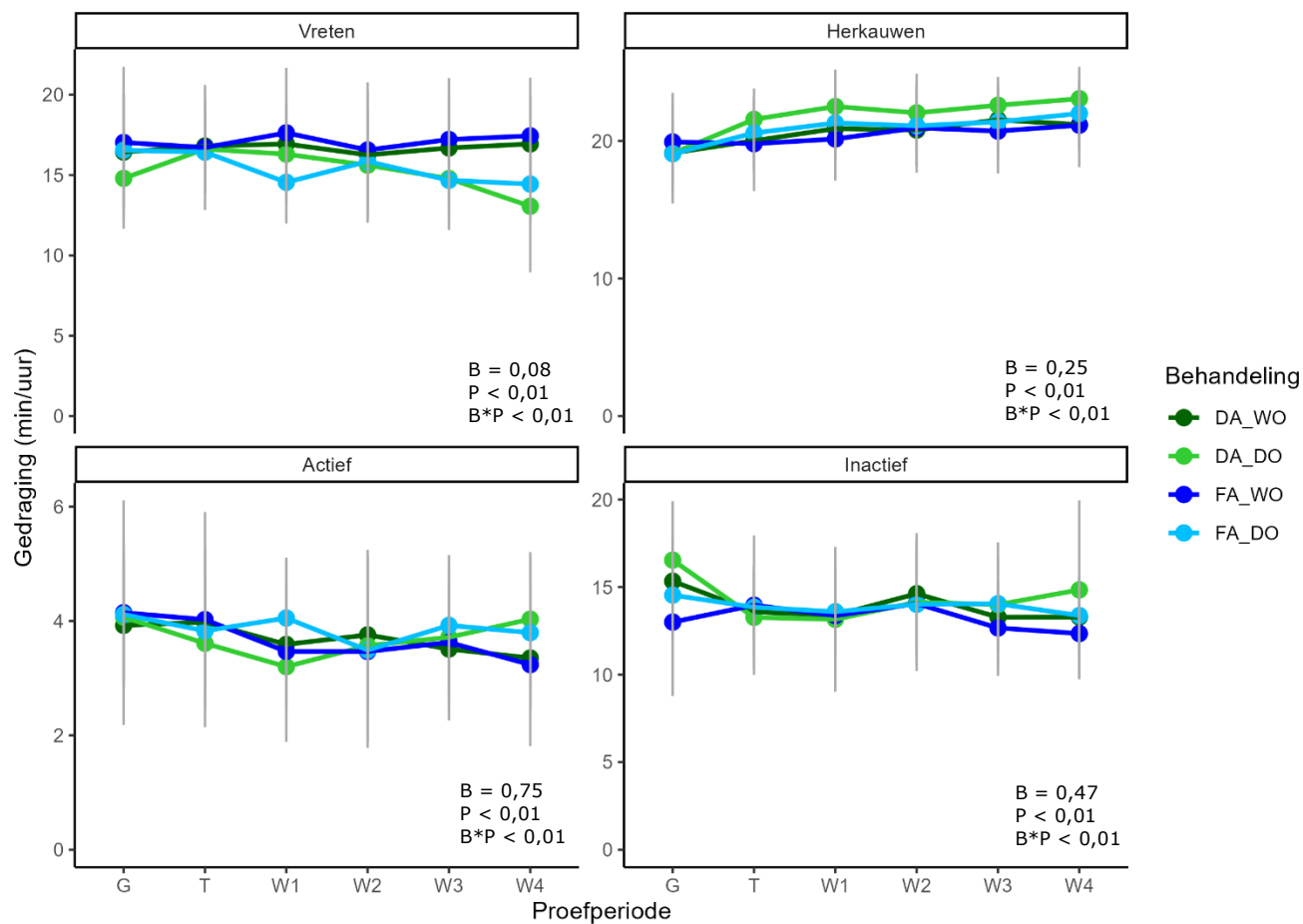
Met behulp van gedragsmeters werd voor alle dieren dag en nacht het aandeel vreten, herkauwen, activiteit en inactiviteit (gemiddeld min/uur) gemeten (figuur 4). Voor alle behandelingen werd gemiddeld de meeste tijd aan vreten en herkauwen besteed, gevolgd door inactiviteit. De minste tijd werd aan het gedrag "actief" gespendeerd. Voor alle gedragingen werd een proefweekeffect ($P < 0,01$) en een interactie-effect tussen behandeling en proefperiode ($P < 0,01$) gevonden. Het gedrag tijdens de weide-uren (dus niet 24-uurs data maar alleen overdag wanneer de dieren in de weide zijn) is ook apart geanalyseerd. Dit zorgde voor vergelijkbare resultaten met de 24-uurs data en is daarom niet verder weergegeven.

De dieren die wekelijks omgeweid werden lieten een afname in activiteit zien over de proefperiode heen. Voor FA_DO dieren was de activiteit min of meer constant gedurende de proefperiode, met een daling tussen week 1 en 2. De DA_DO dieren verminderden hun activiteit van de gewenning tot proefweek 1, waarna de activiteit toenam tot de laatste proefweek. In de laatste proefweek was de activiteit in de DA_DO dieren dan ook hoger vergeleken met de FA_WO dieren, met de overige behandelingen ertussenin.

De mate van inactiviteit verschilde tussen de behandelingen in de gewenningsperiode, waarbij de dieren in de FA_WO minder inactiviteit lieten zien vergeleken met de DA_WO en DA_DO groep. Vanaf de trainingsperiode stabiliseerde de inactiviteit voor alle behandelingen tot het einde van de proef. In de laatste proefweek waren de DA_DO dieren meer tijd inactief vergeleken met de FA_WO dieren, met de overige behandelingen ertussenin.

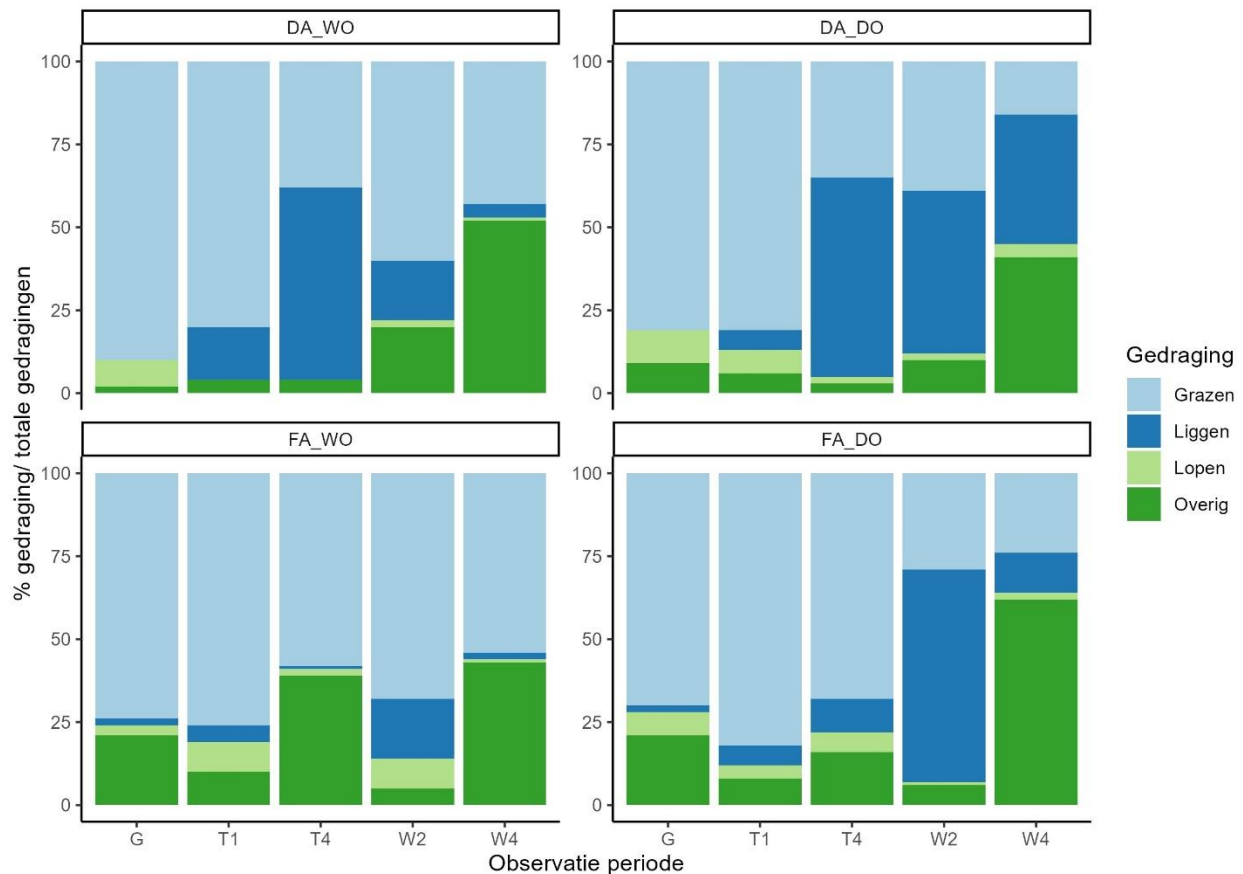
Het vreetgedrag verschilde gedurende de proefperiode met name tussen beweidingssystemen. Dieren die dagelijks omgeweid werden, verminderden hun vreetgedrag gedurende de looptijd van de proef, terwijl dit bij dieren die wekelijks omgeweid werden redelijk constant bleef. Het vreetgedrag verschilde tussen de verschillende behandelingen in de gewenningsperiode, en in proefweek 1, 3 en 4. Tijdens de gewenningsperiode vertoonde de DA_DO groep minder vreetgedrag vergeleken met de FA_WO groep. In de eerste en derde proefweek vertoonde de FA_DO groep minder vreetgedrag vergeleken met de FA_WO groep. In de laatste proefweek vertoonden de dieren die dagelijks omgeweid werden minder vreetgedrag vergeleken met de dieren die wekelijks omgeweid werden.

Kleine verschillen in herkauwgedrag werden gevonden tussen de verschillende behandelingen over de verschillende proefweken heen. Alle dieren verhoogden hun herkauwtijd gedurende proefperiode. De DA_DO dieren vertoonden meer herkauwgedrag in proefweek 1 vergeleken met de FA_WO dieren, met de andere behandelingen ertussenin. Een vergelijkbare trend werd gevonden voor proefweek 4 waarbij de DA_DO dieren meer herkauwgedrag leken te vertonen dan de FA_WO en DA_WO dieren ($P < 0,10$).



Figuur 4 Gedragingen (min/uur) van de 64 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) of fysieke afrastering (FA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende gewenning (G), training (T) en proefweek (W)1 tot en met 4. B=behandeling, P=proefperiode.

3.3.2 Gedragsobservaties



Figuur 5 Aandeel van geobserveerde gedragingen over het totaal aantal geobserveerde gedragingen (%) per gedragsobservatie van de 64 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) of fysieke afrastering (FA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende gewenning (G), trainingsdag (T)1 en 4 en proefweek (W)2 en 4.

Gedragsobservaties zijn uitgevoerd gedurende 5 proefdagen en het percentage van gedragingen ten opzichte van het totaal aantal geobserveerde gedragingen per observatiemoment zijn weergegeven in figuur 5 per behandeling. Grazen, liggen en lopen waren de meest frequent geobserveerde gedragingen. Overige gedragingen (die opgenomen waren in de ethogram) werden ook vaak geobserveerd, en dat was meestal "stilstaan" zonder te grazen. Figuur 5 laat zien dat gedurende de eerste observatiemomenten de meest voorkomende gedraging grazen is. Bij de volgende observaties werd liggedrag en overig gedrag in toenemende mate geobserveerd bij alle behandelingen, maar er werd geen significant verschil gevonden tussen de behandelingen. Dieren die wekelijks omgeweid werden leken in W2 en W4 meer tijd te grazen dan dieren die dagelijks omgeweid werden (behandeling * observatie dag interactie $P=0,04$).

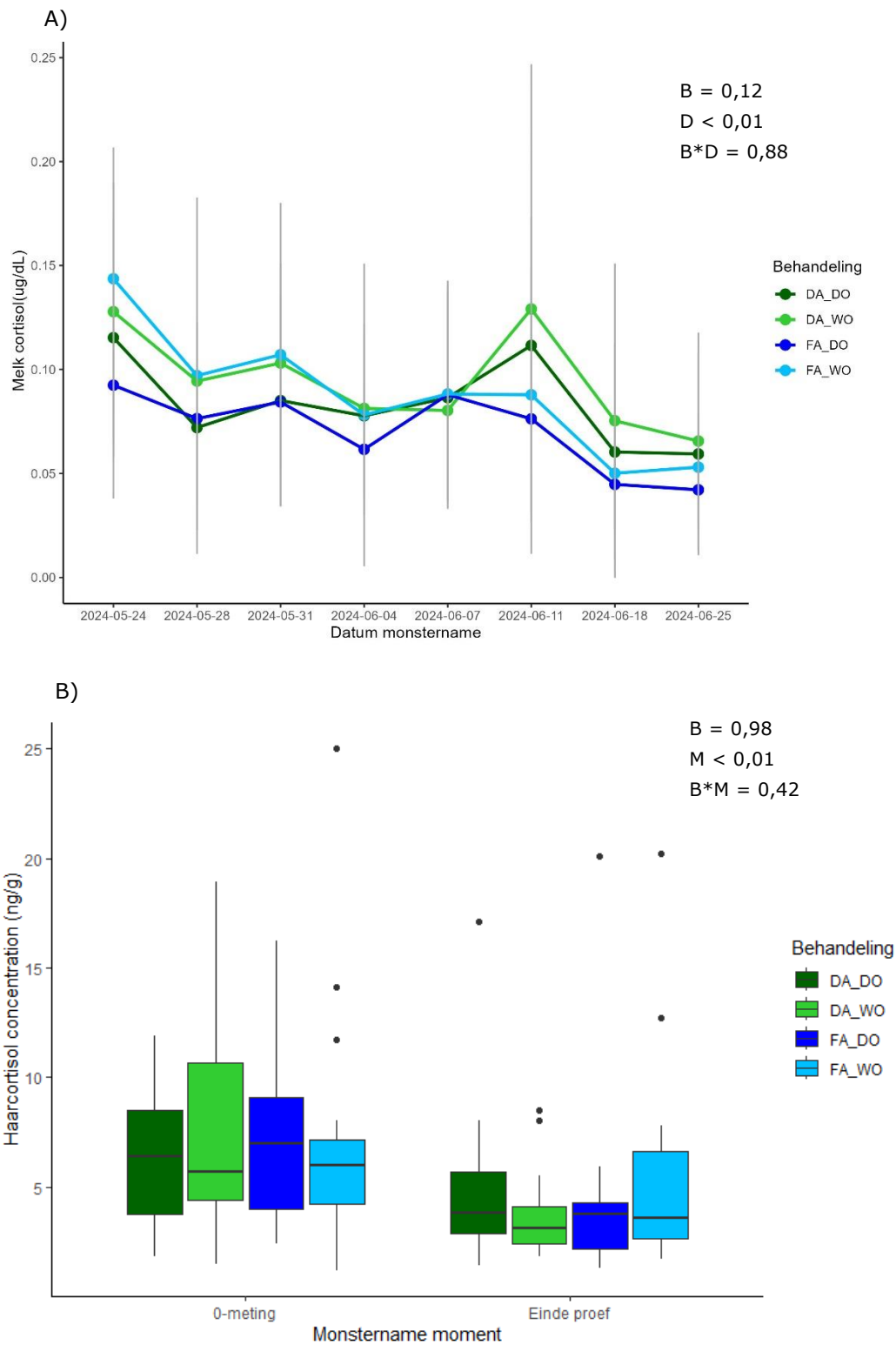
Naast observatie van het algemene gedragspatroon werd ook de gedraging na interactie (d.w.z. na ontvangst van een elektrische schok) met de draadloze of fysieke afrastering in kaart gebracht. Een overzicht hiervan is te vinden in tabel 6. De gedragingen die geobserveerd werden na interactie met de afrastering zijn opzij draaien (tot 90°) of omdraaien (90 tot 180°). De overige gedragingen uit de ethogram in tabel 3 zijn niet waargenomen. Voor de DA dieren werd een vergelijkbaar aantal interacties en vergelijkbare gedragingen geobserveerd. Voor de FA dieren werd slechts één interactie geobserveerd.

Tabel 6 *Overzicht van geobserveerde gedragingen bij interacties met een draadloze (DA) of fysieke afrastering (FA) en het totale aantal over 5 gedragsobservaties van de 64 koeien die geweid werden met DA of FA en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO).*

Behandeling	Gedraging	Aantal interacties
DA_WO	Opzij draaien (tot 90°)	2
	Omdraaien (90 tot 180°)	15
DA_DO	Opzij draaien (tot 90°)	2
	Omdraaien (90 tot 180°)	14
FA_WO	Opzij draaien (tot 90°)	1
	Omdraaien (90 tot 180°)	0
FA_DO	Opzij draaien (tot 90°)	0
	Omdraaien (90 tot 180°)	0

3.3.3 Melk- en haarcortisol

Melkcortisol is gemeten gedurende 8 ochtendmelkingen, en er is alleen een significant tijdseffect gevonden ($P < 0,01$), maar geen behandeling- of B*D-effect (figuur 6A). Onafhankelijk van behandeling daalden melkcortisolconcentraties tussen de eerste meting en laatste meting. Vergelijkbare resultaten werden gevonden voor haarcortisolmetingen (figuur 6B). Ook hiervoor werd alleen een significant tijdseffect ($P < 0,01$) gevonden waarbij onafhankelijk van de behandeling de haarcortisolconcentraties daalden tussen de 0-meting voor aanvang van de proef en het eind van de proef. Geen van de cortisolmetingen bleek significant beïnvloed te worden door signalen uit de halsband van de draadloze afrastering, en resultaten zijn daarom niet verder weergegeven.



Figuur 6 Melk cortisol (ug/dL; **A**) en haarcortisol (ng/g; **B**) concentraties van de 64 koeien die geweid werden met draadloze afrastering (DA) of fysieke afrastering (FA) en die wekelijks werden omgeweid (WO) of dagelijks werden omgeweid (DO) gedurende gewenning (G), training (T) en proefweek (W)1 tot en met 4. B=behandeling, P=proefperiode.

4 Discussie

4.1 Signalen uit de halsband

In dit onderzoek is de toepassing van draadloze afrastering in twee beweidingssystemen (dagelijks omweiden en wekelijks omweiden) onderzocht. Draadloze afrastering kan pas succesvol worden toegepast als koeien in staat zijn om de geluidssignalen te begrijpen en daar zodanig op te reageren dat een elektrische schok vermeden wordt (Lee et al., 2018). Een afname van elektrische schokken over de tijd zou een indicatie kunnen zijn voor een succesvolle leerervaring (Lomax et al., 2019). In de huidige studie zagen we voor koeien in beide beweidingssystemen minder elektrische schokken in de weken na de training dan tijdens de training zelf. In deze studie hanteerden wij een trainingsperiode van 4 dagen. In een eerdere studie van Hamidi et al. (2024) werd een trainingsperiode van 12 dagen gehanteerd. Aan de andere kant zijn in de studie van Verdon et al. (2021) de dieren in 3 dagen getraind. Het 'Animal Welfare Committee' (2022) beveelt een trainingsperiode van minimaal 5 tot 7 dagen aan. Ondanks de afname in elektrische schokken na afloop van de training in de huidige studie zou deze trainingsperiode dus aan de korte kant geweest kunnen zijn. De verdere afname in het aantal elektrische schokken in de weken volgend op de trainingsperiode zou een te korte trainingsperiode kunnen aantonen. In de laatste proefweek van de huidige studie kregen koeien gemiddeld 0,18 schokken per dag. Dit lage gemiddelde komt doordat veel koeien helemaal geen elektrische schokken kregen. De afname in aantal elektrische schokken over de tijd wijst erop dat de koeien gedurende de proef beter in staat waren om een elektrische schok te vermijden en in beide systemen in staat waren de signalen van de draadloze afrastering te begrijpen.

Gedurende de training zagen we minder geluidssignalen vergeleken met de daaropvolgende weken, wat erop wijst dat koeien in deze latere weken meer interactie opzochten met de draadloze afrastering. Ook zagen we een stijging in het aantal geluidssignalen dat niet werd gevolgd door een elektrische schok (succes), een stijging in de ratio van deze geluidssignalen ten opzichte van alle geluidssignalen (succesratio), en een stijging in de vrijwillige interacties met de draadloze afrastering (vertrouwensratio). De succesratio laat zien dat koeien in staat zijn om te keren bij een geluidssignaal om zo een elektrische schok te vermijden. De gemiddelde succesratio van de gehele proef, inclusief training, was 0,88 of 87,8%. Dit is iets lager dan de studie van Hamidi et al., (2024: 91,3%) naar eerstekalfs Fleckvieh, en hoger dan een studie naar éénjarige Angus koeien (Campbell et al., 2020: 74,5%) en een studie naar drachtige Limousin koeien (Confessore et al., 2022: 28,8%-40,2%). Verschillen tussen studies zouden mogelijk verklaard kunnen worden door verschillen in rassen en leeftijden van de dieren en verschillen in duur van de experimenten. Een beperking van deze succesratio is dat de frequentie van geluidssignalen zonder elektrische schok niet wordt meegenomen. Dit komt doordat de succesratio hetzelfde is voor een dier met 1 geluidssignaal zonder elektrische schok als voor een dier met 15 geluidssignalen zonder elektrische schok (Hamidi et al., 2024), namelijk altijd 1 omdat zonder elektrische schok het succes gelijk is aan het aantal geluidssignalen. Het dier met slechts 1 geluidssignaal zou echter de draadloze afrastering met opzet kunnen vermijden, wat kan duiden op een dier dat niet op het systeem vertrouwt of het niet voldoende begrijpt. Om deze reden is de vertrouwensratio berekend, welke laat zien of koeien vrijwillig met de draadloze afrastering interacteren. De totale spreiding in vertrouwensratio voor beide groepen over alle perioden (0,25 – 0,61) was vergelijkbaar met de spreiding in de eerdere studie van Hamidi et al. (2024) (0,20 – 0,67). De stijging in de vertrouwensratio voor voornamelijk de koeien die dagelijks werden omgeweid, wijst erop dat deze koeien vrijwillige interactie met de grens opzochten, en mogelijk nauwelijks tot geen aversie hadden tegen de draadloze afrastering. Wel was er een grote individuele variatie tussen koeien in het aantal signalen uit de halsband en de berekende ratio's. Zo varieerde de gemiddelde vertrouwensratio van koeien per week tussen de 0 en de 0,99. Koeien met een laag succes, lage succesratio, en lage vertrouwensratio zouden minder comfortabel kunnen zijn met de draadloze begrenzing vergeleken met koeien met hoge ratio's. Deze grote individuele verschillen zouden in vervolgstudies verder onderzocht kunnen worden.

De omgang met de draadloze afrastering verschilde tussen koeien die dagelijks werden omgeweid en koeien die wekelijks werden omgeweid.

Zo kregen koeien die dagelijks werden omgeweid meer geluidssignalen en hadden ze een hoger succes over de gehele proef dan koeien die wekelijks werden omgeweid. Ook hadden de koeien die dagelijks werden omgeweid een hogere vertrouwensratio in de laatste week van de proef. Dit wijst erop dat deze koeien meer vrijwillige interactie opzochten met de draadloze afrastering, mogelijk door meer aanbod van vers gras. Enerzijds zou dit verklaard kunnen worden doordat deze koeien het systeem sneller leren omdat ze iedere dag te maken krijgen met veranderende grenzen. Anderzijds zou dit verklaard kunnen worden doordat koeien die dagelijks omgeweid werden een minder groot oppervlakte aan gras tot hun beschikking hadden, en meer gemotiveerd waren om de grenzen op te zoeken. Dit resulteerde in onze studie echter niet in meer ontsnappingen. In een eerdere studie gingen enkel de beperkt gevoerde koeien, en niet de boven onderhoud gevoerde koeien, de draadloze afrastering door om een luzernebrok te bemachtigen (Colusso et al., 2021). Deze ontsnappingen waren echter gering en verdwenen bij volgende testen, wat laat zien dat ook koeien die beperkt gevoerd werden het draadloze afrasteringssysteem konden leren. Zowel de koeien die wekelijks en dagelijks omgeweid werden waren goed in staat het systeem te leren. Dit zou kunnen laten zien dat ook andere type beweidingssystemen, zoals het Nieuw Nederlands Weiden, geschikt zouden zijn voor draadloze afrastering. De werkbaarheid hiervan zou in de praktijk getest kunnen worden.

Met het huidige systeem waren er enkele uitdagingen gerelateerd aan menselijke communicatie en techniek. Zo waren er in de huidige proef verschillende mensen verantwoordelijk voor het ophalen van de koeien en het beheren van de draadloze velden in de NoFence app. Het protocol was dat eerst iemand met beheer van de app de draadloze velden moest uitschakelen, alvorens de koeien konden worden opgehaald. Tijdens het ophalen van de koeien zijn een aantal keer dieren uit het land gehaald zonder dat de draadloze afrastering uit stond, dan wel doordat deze te laat was uitgezet of doordat het systeem niet voor alle dieren even snel reageerde waardoor het voor sommige dieren nog aan stond. Met een beperkt aantal mensen die zowel de app kunnen beheren als de koeien ophalen zou dit kunnen voorkomen. Daarnaast gingen de dieren soms aan het eind van de dag zelf door de draadloze afrastering heen als ze naar binnen wilden, voornamelijk bij slecht weer. Enerzijds kan dit erop wijzen dat de koeien de elektrische schok als zodanig mild ervaren dat zij vrijwillig door de grens gaan. Anderzijds zouden koeien die de elektrische schok wel graag vermijden toch door de grens kunnen gaan wanneer het kudgedrag hen hiertoe overtuigt.

Wanneer een koe de geluidssignalen negeerde, ontving de koe maximaal drie opeenvolgende elektrische schokken. Hierna werd de koe als 'ontsnapt' aangeduid en werden geen signalen meer gegeven (de locatie werd dan nog wel bijgehouden en gecommuniceerd via de app). Buiten de dagen dat de koeien door een langzame koppeling met het systeem of door miscommunicatie door de draadloze begrenzing zijn opgehaald en buiten de keren dat de koeien uit zichzelf naar de stal terugliepen zagen we over de gehele proef 12 ontsnappingen, waarvan 8 op een dag in de DA_WO groep toen de koeien geschrokken waren (mogelijk van een wild dier). Van de overige 4 (1 voor DA_WO, 3 voor DA_DO) waren er 2 ontsnappingen tijdens de trainingsperiode, wat laat zien dat over het algemeen de koeien goed binnen de grenzen bleven en beheerd konden worden via draadloze afrastering. Wel laat dit zien dat het te allen tijde nodig is om de uiterste randen van de percelen af te rasteren met fysiek draad (of een sloot), om volledige ontsnapping te voorkomen.

4.2 Voeropname, melkgift, en lichaamsgewicht

Voeropname verschilde nauwelijks tussen de vier behandelingen. Met name in de eerste week van de proefperiode waren er wat verschillen in grasopname tussen de groepen (gebaseerd op de berekening uit de VEM-dekking). Dit zou gerelateerd kunnen zijn aan het verschil in grasaanbod op de verschillende percelen. De voeropname van zowel PMR aan het voerhek als vers gras is ingeschat op basis van het terugwegen van de PMR voerresten op 3 dagen per week, de VEM-behoefte van de koeien en de VEM-opname van de koeien op stal. Deze inschatting geeft een bepaalde onzekerheid, omdat 1. Het terugwegen op 3 dagen representatief wordt gesteld voor de hele week, en 2. Er bij de VEM-berekening voor iedere koe een aantal individuele aannames gedaan worden. Voor enkele koeien waren er weken waarbij de VEM-opname op stal de VEM-behoefte van deze koeien al (meer dan) volledig dekte, waardoor voor deze koeien in deze weken geen grasopname meer berekend kon worden. Dit gold voornamelijk voor koeien in de FA_DO groep, wat erop kan wijzen dat deze koeien minder energie van gras binnenkregen en daardoor meer energie op stal moesten opnemen.

Dat klopt ook met het grasaanbod op de percelen, waarbij het perceel waar groep FA_DO en DA_WO geweid werden visueel het minste grasaanbod had (2884 en 2834 kg DS/ha versus 3156 en 3359 kg/ha voor de groepen FA_WO en DA_DO). De berekening van de grasopname op basis van de grashoogtemeter komt niet goed overeen met de berekening op basis van de VEM-dekking. Echter, deze berekening is slechts gebaseerd op één dag per week en kon daardoor niet verder statistisch geanalyseerd worden. Deze meting is daarom verder niet meegenomen.

Er waren echter zeer weinig verschillen tussen de vier behandelingen wat betreft de voeropnamevariabelen. In een eerdere studie was de grasopname hoger voor koeien met een fysieke afrastering vergeleken met dezelfde koeien nadat deze één draadloze afrastering kregen in plaats van de eerdere fysieke afrastering (Langworthy et al., 2021). Dit verschil werd echter gecompenseerd met een hogere brokopname, waardoor er geen verschil was in energieopname. Om een duidelijker beeld te krijgen van het verschil in graasgedrag tussen koeien die met fysieke of draadloze afrastering geweid worden zou hier specifiek naar gekeken kunnen worden in een volgende studie, hoewel er geen indicaties zijn dat er grote verschillen zullen zijn.

De melkproductie, FPCM, het vetgehalte in de melk van de koeien, en het lichaamsgewicht van de koeien verschilden niet tussen de vier behandelingen. Over de gehele proef hadden koeien in DA_DO een wat hoger eiwitgehalte in de melk, en koeien in FA_WO een wat hoger lactosegehalte in de melk. Deze verschillen waren relatief klein (0,26 g/100 g voor eiwit en 0,12 g/100 g voor lactose), en zouden eerder gerelateerd kunnen zijn aan voeropname van de koeien of het beweidingssysteem dan aan het type afrastering (draadloos of fysiek). Het ureumgehalte verschildte alleen gedurende de trainingsperiode tussen de behandelingen, wat de kans klein maakt dat deze verschillen daadwerkelijk door de opgelegde behandelingen kwamen. In een eerdere studie is geen verschil gevonden in melkproductie of lichaamsgewicht van koeien die werden blootgesteld aan een draadloze afrastering (Verdon et al., 2021).

4.3 Gedrag

Om effecten van afrasterings- en beweidingssysteem op het gedrag van koeien te onderzoeken werden bij alle koeien continue gedragsmetingen en gedragsobservaties uitgevoerd. De belangrijkste, meest voorkomende gedragingen (90-95% van de dag) van een koe zijn vreten/grazen, herkauwen en rusten (Kilgour, 2012), en deze werden ook veruit het meest geobserveerd tijdens de gedragsobservaties. Gedurende de laatste observatiedag werden de observaties beïnvloed door een groep toeschouwers in de weide wat invloed had op de gedragingen van de dieren, en ook op de observators. Hierdoor werd niet het normale gedragspatroon geobserveerd op die dag (maar veel "overig"), maar dit blijkt weinig invloed te hebben gehad op de algehele conclusie van de gedragsobservaties. Vrijwel alle geobserveerde interacties met de draadloze of fysieke afrastering kwamen voor in de DA-groepen. Aversieve gedragingen na een geobserveerde interactie met de draadloze of fysieke afrastering (zoals het schudden van de kop, bokken of vocaliseren) werden niet geobserveerd. Na een elektrische schok van de draadloze of fysieke afrastering draaiden de dieren zich rustig om en liepen weg van de afrastering. Deze reactie na een elektrische schok is vergelijkbaar met die in andere studies waarin draadloze en fysieke afrastering zijn vergeleken (Lee et al., 2008; Verdon et al., 2021).

De continue gedragsmetingen lieten zien dat het gedrag van de dieren verschildte tussen behandelingen gedurende de looptijd van de proef, en dat met name het type beweidingssysteem invloed uitoefende op de verschillen in gedrag. Vreettijd bleek met name te verschillen tussen beweidingssystemen, en niet tussen afrasteringssystemen. Dieren die dagelijks omgeweid werden verlaagden hun vreettijd gedurende de loop van de proef en hadden in de laatste week van de proef ook minder vreetgedrag vergeleken met de dieren die wekelijks omgeweid werden. De lagere vreettijd van dieren die dagelijks omgeweid werden zou veroorzaakt kunnen worden door meer aanbod van vers, lang gras in deze groepen vergeleken met dieren die wekelijks omgeweid werden. Hierdoor waren de dieren die dagelijks omgeweid werden waarschijnlijk in staat om grotere happen gras te nemen, waardoor minder tijd nodig was om de gewenste voeropname te realiseren (Pulido & Leaver, 2003). Wat ook invloed zou kunnen hebben op de vreettijd is het verschil in grasaanbod tussen percelen. De vier behandelingen werden geweid verdeeld over twee percelen, waarbij het perceel waar de DA_DO en FA_WO dieren geweid werden een groter grasaanbod had vergeleken met het perceel waar FA_DO en DA_WO dieren liepen.

Verschillen in herkauwactiviteit waren klein tussen groepen, maar een geleidelijke toename van herkauwactiviteit vond plaats voor alle dieren gedurende de looptijd van de proef, ongeacht behandeling. De toename van herkauwactiviteit gaf aan dat alle dieren hun vertering aanpassen aan het verse vezelrijke gras (Abrahamse et al., 2009; Iqbal et al., 2022). Het lijkt dat voeropnamegedrag niet negatief werd beïnvloed door het afrasterings- of beweidingssysteem.

De gedragingen gerelateerd aan activiteit en inactiviteit waren minder makkelijk te interpreteren. Activiteit was vergelijkbaar tussen de behandelingen tijdens het begin van de proef, maar vanaf week 2 of 3 ontstonden verschillen, waarbij de DA_DO dieren hun activiteit verhoogden vergeleken met de dieren die wekelijks omgeweid werden. De FA_DO dieren zaten hier tussenin. De verhoogde activiteit in de DA_DO dieren zou gerelateerd kunnen worden aan de hogere vertrouwensratio in deze dieren vergeleken met DA_WO dieren. De hogere vertrouwensratio geeft aan dat de dieren op het draadloze afrasteringssysteem vertrouwen, en dus niet bang zijn om zich te bewegen langs de draadloze grens wat zich vertaalt in hogere activiteit dan de DA_WO dieren. Voorgaande studies lieten juist zien dat koeien de plekken ontwijken waar eerder een draadloze grens (in de buurt) had gestaan (Lomax et al., 2019; McSweeney et al., 2020), maar dit lijkt niet het geval in onze studie. Dat zou kunnen komen doordat in de huidige studie de DA_DO dieren dagelijks een nieuw stuk weide kregen en daarbij dagelijks te maken hadden met verschuivende grenzen, terwijl in de andere studies de grenzen langer op een plek bleven staan. Het lijkt dat het dagelijks verzetten van de draadloze grens ervoor zorgt dat dieren beter met het systeem om leren gaan. De invloed van het frequent verplaatsen van draadloze afrastering en het uitrasteren van specifieke (kleine) delen van een perceel op het gedrag en welzijn van koeien wordt verder onderzocht in een follow-up studie binnen het huidige project.

4.4 Melk- en haarcortisol als indicator voor stress

Om de impact van afrasteringssysteem op welzijn op zowel korte als langere termijn in kaart te brengen zijn melk- en haarcortisolconcentraties gemeten. Melkcortisol wordt gezien als goede indicator voor stressniveau op korte tot middellange termijn (uren tot dagen) (Gellrich et al., 2015; Pošćić et al., 2017), en haarcortisol wordt gezien als goede indicator voor stress op langere termijn (weken tot maanden) (Heimbürge et al., 2019). Zowel melk- als haarcortisolconcentraties waren binnen de normale ranges in de huidige studie (Burnett et al., 2014; Fuchs et al., 2024), en voor beide variabelen werd geen significant verschil gevonden tussen de behandelingsgroepen gedurende de looptijd van de proef. Wel daalden melk- en haarcortisolconcentraties tussen het begin en eind van de proefperiode, onafhankelijk van behandelingsgroep. In een studie met draadloze afrastering werd een vergelijkbare daling gevonden in melkcortisolconcentraties van dieren die geweid werden met draadloze of fysieke afrastering (Fuchs et al., 2024), en Angus stieren lieten een daling zien in fecale cortisolconcentraties na 4 weken binnen draadloze afrastering (Campbell et al., 2019). In een studie naar de effecten van alpineweide op welzijn van koeien werd een daling in haarcortisol gevonden voor dieren die 24 uur per dag geweid werden vergeleken met dieren die niet geweid werden (Ghassemi Nejad et al., 2021).

Op basis van de resultaten uit de huidige proef lijkt het dat het weiden van de koeien (vergeleken met dag-en-nacht opstallen) meer invloed heeft op de daling van het stressniveau dan het type beweiding- of afrasteringssysteem. Tegen het einde van de proef nam de variatie in melkcortisolconcentraties toe tussen de verschillende behandelingsgroepen, en de dieren binnen de draadloze afrastering hadden numeriek hogere melkcortisolconcentraties dan dieren binnen de fysieke afrastering (maar niet significant). De melkcortisolconcentraties van de dieren binnen de draadloze afrastering bleken niet gerelateerd te zijn aan de succes- en vertrouwensratio uit het draadloze afrasteringssysteem (resultaten zijn niet getoond), en het is daarom onduidelijk waar deze hogere melkcortisolconcentraties door veroorzaakt worden en of dit mogelijk welzijnsimplicaties met zich meebrengt. Meer onderzoek naar de langetermijneffecten van draadloze afrastering op het stressniveau van koeien is nodig om de impact op het dierenwelzijn beter in kaart te brengen.

5 Conclusie

Gebaseerd op de resultaten uit de huidige studie kan geconcludeerd worden dat koeien goed leren omgaan met draadloze afrastering, ongeacht het beweidingssysteem (dagelijks of wekelijks omweiden). Draadloze afrastering had geen effect op voeropname, productiegegevens, diergedrag en cortisolwaarden vergeleken met fysieke afrastering. Ongeacht het beweidingssysteem nam het aantal elektrische schokken af en het aantal geluidssignalen toe bij de dieren met draadloze afrastering gedurende de proefperiode. Daarnaast werd een stijging in succes, succesratio en vertrouwensratio geobserveerd voor alle dieren binnen de draadloze afrastering, wat erop duidt dat ze gedurende de proefperiode steeds beter leerden de geluidsignalen te gebruiken om de elektrische schokken te vermijden. De hogere succes- en vertrouwensratio bij dieren die dagelijks werden omgeweid vergeleken met dieren die wekelijks werden omgeweid lijkt erop te duiden dat het frequent verschuiven van de draadloze grenzen het leervermogen en vertrouwen in het systeem vergroot. Diergedrag en cortisolmetingen toonden geen negatieve effecten van draadloze afrastering op dierenwelzijn vergeleken met fysieke afrastering in de getoetste beweidingssystemen, en weidegang leek het stressniveau van koeien te verlagen ongeacht het afrasteringssysteem.

6 Dankwoord

De auteurs bedanken de medewerkers van Dairy Campus voor hun medewerking aan de studie. Daarnaast bedanken ze Jonell Osaro John en Anne Brinkman voor het uitvoeren van de gedragsobservaties en het nemen van haarmonsters, Ana Strappini voor de hulp bij het opzetten van de gedragsobservaties, Pieter Hogewerf voor het maken van de dummy halsbanden, Gertjan Holshof voor het maken van de graslandplanning, en Martijn van Lith voor de grashoogtemetingen.

Literatuur

- Abrahamse, P. A., Tamminga, S., & Dijkstra, J. (2009). Effect of daily movement of dairy cattle to fresh grass in morning or afternoon on intake, grazing behaviour, rumen fermentation and milk production. *The Journal of Agricultural Science*, 147(6), 721-730. doi:10.1017/S0021859609990153
- Broekhoven, G., and H. Savenije. 2012. Moving forward with forest governance, ETFRN news; issue no. 53. Wageningen: Tropenbos International.
- Burnett, T. A., Madureira, A. M. L., Silper, B. F., Nadalin, A., Tahmasbi, A., Veira, D. M., & Cerri, R. L. A. (2014). Short communication: Factors affecting hair cortisol concentrations in lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7685-7690. doi:<https://doi.org/10.3168/jds.2014-8444>
- Campbell, D. L. M., 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. doi:10.3389/fvets.2019.00445
- Campbell, D. L., Ouzman, J., Mowat, D., Lea, J. M., Lee, C., and Llewellyn, R. S. (2020). Virtual fencing technology excludes beef cattle from an environmentally sensitive area. *Animals*, 10(6), 1069.
- Charlton, G. L., and Rutter, S. M. (2017). The behaviour of housed dairy cattle with and without pasture access: A review. *Applied Animal Behaviour Science*, 192, 2-9.
- Colusso, P. I., Clark, C. E., Green, A. C., and Lomax, S. (2021). The effect of a restricted feed ration on dairy cow response to containment from feed using a virtual fence. *Frontiers in Animal Science*, 2, 710648.
- Confessore, A., Aquilani, C., Nannucci, L., Fabbri, M. C., Accorsi, P. A., Dibari, C., Argenti, G., and Pugliese, C. (2022). Application of virtual fencing for the management of Limousin cows at pasture. *Livestock Science*, 263, 105037.
- CVB. (2016). *CVB Tabellenboek Veevoeding*. Centraal Veevoeder Bureau Lelystad, Netherlands.
- De Bruijn, B., Bestman, M., Strappini, A., & van Dixhoorn, I. (2024). De effecten van het gebruik van draadloze afrastering op gedrag en welzijn van melkkoeien en andere runderen: Literatuuronderzoek. Retrieved from
- De Graaf, L. (2012). Communication about medications for better patient transition. Needed: Format for switching. *Pharmaceutisch Weekblad no. 147(8):14-15*.
- Eftang, S., Vas, J., Holand, Ø., and Bøe, K. E. (2022). Goats are able to adapt to virtual fencing; A field study in commercial goat herds on Norwegian farms. *Applied Animal Behaviour Science*, 256, 105755.
- Fernandes, A. A. A., Gray, A. J. G., and Belhajjame, K. (2011). *Advances in Databases: 28th British National Conference on Databases, BNCOD 28, Manchester, UK, July 12-14, 2011, Revised Selected Papers*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Fuchs, P., Stachowicz, J., Schneider, M. K., Probo, M., Bruckmaier, R. M., & Umstätter, C. (2024). Stress indicators in dairy cows adapting to virtual fencing. *Journal of Animal Science*, 102. doi:10.1093/jas/skae024
- Gellrich, K., Sigl, T., Meyer, H. H. D., & Wiedemann, S. (2015). Cortisol levels in skimmed milk during the first 22 weeks of lactation and response to short-term metabolic stress and lameness in dairy cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(1), 31. doi:10.1186/s40104-015-0035-y
- Ghassemi Nejad, J., Lee, B. H., Kim, J. Y., Chemere, B., Sung, K. I., & Lee, H. G. (2021). Effect of alpine grazing on plasma and hair cortisol, serotonin, and DHEA in dairy cows and its welfare impact. *Domestic Animal Endocrinology*, 75, 106581. doi:<https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2020.106581>
- Hamidi, D., Grinnell, N. A., Komainda, M., Wilms, L., Riesch, F., Horn, J., Hamidi, M., Traulsen, I., and Isselstein, J. (2024). Training cattle for virtual fencing: Different approaches to determine learning success. *Applied Animal Behaviour Science*, 273, 106220.
- Heimbürge, S., Kanitz, E., & Otten, W. (2019). The use of hair cortisol for the assessment of stress in animals. *General and Comparative Endocrinology*, 270, 10-17. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2018.09.016>

- Iqbal, M. W., Draganova, I., Morel, P. C. H., & Morris, S. T. (2022). Factors affecting grazing and rumination behaviours of dairy cows in a pasture-based system in New Zealand. *Animals*, 12(23). doi:10.3390/ani12233323
- Kilgour, R. J. (2012). In pursuit of "normal": A review of the behaviour of cattle at pasture. *Applied Animal Behaviour Science*, 138(1), 1-11. doi:<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2011.12.002>
- Koren, L., Mokady, O., Karaskov, T., Klein, J., Koren, G., & Geffen, E. (2002). A novel method using hair for determining hormonal levels in wildlife. *Animal Behaviour*, 63(2), 403-406. doi:<https://doi.org/10.1006/anbe.2001.1907>
- Langworthy, A. D., Verdon, M., Freeman, M. J., Corkrey, R., Hills, J. L., and 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, I. G., and Campbell, D. L. (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.
- Lee, C., Fisher, A. D., Reed, M. T., & Henshall, J. M. (2008). The effect of low energy electric shock on cortisol, β -endorphin, heart rate and behaviour of cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 113(1), 32-42. doi:<https://doi.org/10.1016/j.applanim.2007.10.002>
- Lomax, S., Colusso, P., & Clark, C. E. (2019). Does virtual fencing work for grazing dairy cattle?. *Animals*, 9(7), 429.
- 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. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105613>
- Poščić, N., Gabai, G., Stefanon, B., Da Dalt, L., & Sgorlon, S. (2017). Milk cortisol response to group relocation in lactating cows. *Journal of Dairy Research*, 84(1), 36-38. doi:10.1017/s0022029916000790
- Pulido, R. G., & Leaver, J. D. (2003). Continuous and rotational grazing of dairy cows – the interactions of grazing system with level of milk yield, sward height and concentrate level. *Grass and Forage Science*, 58(3), 265-275. doi:<https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.2003.00378.x>
- Selbie, D. R., Buckthought, L. E., and Shepherd, M. A. (2015). The challenge of the urine patch for managing nitrogen in grazed pasture systems. *Advances in Agronomy*, 129, 229-292.
- Shepley, E., D. W. Veerkamp, R. E. Geurts, M. A. C. Maris, and E. Wall. (2022). Exploring genotype by environment interaction for milk yield in mixed- and confinement-fed systems using random regression test-day models. *Journal of Dairy Science*, 105(5), 4427-4439.
- Tallowin, J. R. B., Rook, A. J., and Rutter, S. M. 2005. Impact of grazing management on biodiversity of grasslands. *Animal Science*, 81(2): 193-198.
- van Es, A. J. H. 1975. Feed evaluation for dairy cows. *Livestock Production Science*, 2(2), 95-107.
- 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. doi:10.3168/jds.2020-19797

Bijlage X1 Grashoogte voor en na inscharen en de berekende grasopname per groep en per dier per dag in kg drogestof (DS)/d.

Behandeling	Aantal	DS ochtend	DS middag	Verschil	DS/groep	DS/dier
FA_DO	16	2959	2306	-653	49	3,1
DA_WO	16	2628	2651	23	-12	-0,7
DA_DO	15	3194	2726	-468	40	2,7
FA_WO	16	2913	2754	-159	79	5,0
FA_DO	16	3230	2369	-861	65	4,0
DA_WO	16	3132	2704	-428	214	13,4
DA_DO	14	3531	2929	-602	51	3,7
FA_WO	16	3099	2875	-224	105	6,6
FA_DO	16	2600	1949	-651	49	3,1
DA_WO	16	2689	2437	-252	126	7,9
DA_DO	15	3538	2903	-635	64	4,2
FA_WO	16	3043	2880	-163	154	9,6
FA_DO	16	2747	2313	-434	33	2,0
DA_WO	16	2889	2819	-70	35	2,2
DA_DO	15	3174	2873	-301	26	1,7
FA_WO	16	3571	3267	-303	152	9,5
Gemiddelde		3059	2672	-386	77	4,9
Week 1		2923	2609	-314	39	2,5
Week 2		3248	2719	-529	109	6,9
Week 3		2968	2542	-425	98	6,2
Week 4		3095	2818	-277	61	3,9
FA_DO		2884	2234	-650	49	3,0
DA_WO		2835	2653	-182	91	5,7
DA_DO		3359	2858	-502	45	3,1
FA_WO		3157	2944	-212	122	7,7
A3		2859	2444	-416	70	4,4
A4		3258	2901	-357	84	5,4
Dagelijks omweiden		3122	2546	-576	47	3,1
Wekelijks omweiden		2996	2798	-197	107	6,7

FA_DO: fysieke afrastering, dagelijks omweiden; DA_WO: draadloze afrastering, wekelijks omweiden;
DA_DO: draadloze afrastering, dagelijks omweiden; FA_WO: fysieke afrastering, wekelijks omweiden.

Bijlage X2 Voederwaarde van het verse gras. Het drogestofgehalte (DS-gehalte) in g/kg product, de Voeder Eenheid Melk (VEM) per kg DS, ruw eiwit (re) in g/kg DS en neutral detergent fibre (NDF) in g/kg DS.

Datum	Perceel	Behandeling	DS-gehalte	VEM	Re	NDF
4-6-2024	A3	FA_DO	231	948	99	479
	A3	DA_WO	202	917	132	512
	A4	DA_DO	190	989	190	481
	A4	FA_WO	171	975	182	510
11-6-2024	A3	FA_DO	193	946	92	463
	A3	DA_WO	206	901	104	516
	A4	DA_DO	205	975	133	475
	A4	FA_WO	188	964	130	465
18-6-2024	A3	FA_DO	278	873	60	467
	A3	DA_WO	261	902	91	457
	A4	DA_DO	284	1008	121	447
	A4	FA_WO	246	964	108	447
25-6-2024	A3	FA_DO	290	955	79	446
	A3	DA_WO	282	959	87	464
	A4	DA_DO	260	977	104	468
	A4	FA_WO	249	954	109	479

FA_DO: fysieke afrastering, dagelijks omweiden; DA_WO: draadloze afrastering, wekelijks omweiden;
DA_DO: draadloze afrastering, dagelijks omweiden; FA_WO: fysieke afrastering, wekelijks omweiden.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Livestock Research
Postbus 338
6700 AH Wageningen
T 0317 48 39 53
E info.livestockresearch@wur.nl
www.wur.nl/livestock-research

Wageningen Livestock Research ontwikkelt kennis voor een zorgvuldige en renderende veehouderij, vertaalt deze naar praktijkgerichte oplossingen en innovaties, en zorgt voor doorstroming van deze kennis. Onze wetenschappelijke kennis op het gebied van veehouderijsystemen en van voeding, genetica, welzijn en milieu-impact van landbouwhuisdieren integreren we, samen met onze klanten, tot veehouderijconcepten voor de 21e eeuw.

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.500 medewerkers en 10.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

