



Agroforestry in de Nederlandse melkveehouderij: mogelijke effecten op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag

Marleen Plomp, Brigitte de Bruijn en Reina Ferwerda-van Zonneveld

OPENBAAR
RAPPORT 1596



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Agroforestry in de Nederlandse melkveehouderij: mogelijke effecten op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag

Marleen Plomp, Brigitte de Bruijn en Reina Ferwerda-van Zonneveld

1 Wageningen Livestock Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en is een resultaat van het onderzoeksproject (PPS) Agroforestry voor klimaatpositieve zuivel en biodiversiteit (LWV21.072).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, oktober 2025

Rapport 1596

Plomp, M., B.G.C. de Bruijn, R.T. Ferwerda-van Zonneveld, 2025. Agroforestry in de Nederlandse melkveehouderij: mogelijke effecten op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag. Wageningen Livestock Research, Openbaar Rapport 1596.

Samenvatting NL

Overzicht van kennis op het gebied van agroforestry in relatie tot diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag bij melkkoeien in Nederland op basis van wetenschappelijke en praktische literatuur en informatie.

Summary UK

Overview of knowledge in the field of agroforestry in relation to animal health, animal welfare, and natural behavior in dairy cows in the Netherlands, based on scientific and practical literature and information.

- 1) Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/701992> 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.

Openbaar Wageningen Livestock Research Rapport 1596

Inhoud

Woord vooraf	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Wat is agroforestry?	9
1.2 Diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag van dieren	9
1.3 Leeswijzer	9
2 Perspectief op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag	11
3 Aspecten van diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag met agroforestry	13
3.1 Extreme weersomstandigheden	13
3.1.1 Thermoregulatie van dieren	13
3.1.2 Hitte en hittestress	14
3.1.3 Kou, wind en regen	15
3.2 Vliegen en teken	16
3.3 Natuurlijk gedrag	17
3.3.1 Wat is natuurlijk gedrag?	17
3.3.2 Grazen, browsen en herkauwen	17
3.3.3 Gebruik van schaduw en beschutting	19
3.3.4 Kuddegedrag en rangorde	21
3.3.5 Zelfverzorging	21
3.3.6 Zelfmedicatie	21
4 Bomen en struiken in het rantsoen	23
4.1 Voederwaarde en opname	23
4.2 Mineralen en sporenelementen	24
4.2.1 Behoefte en voorziening	24
4.2.2 Mineralen en sporenelementen in houtige gewassen	25
4.3 Secundaire plantenstoffen	27
4.3.1 Tannines	27
4.3.2 Overige secundaire plantenstoffen	28
4.3.3 Toxische stoffen	28
5 Toepassing van agroforestry-systemen voor diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag	29
5.1 Agroforestry-systemen met veehouderij	29
5.2 Bedrijfsontwerpen	30
5.2.1 Beplanting met bomen en hagen voor schaduw en beschutting	30
5.2.2 Beweiding en graslandproductie	33
5.2.3 Overige factoren in relatie tot veehouderij	34
5.2.4 Soortenkeuze bomen en struiken	35
5.2.5 Kosten en baten	37
6 Conclusies en aanbevelingen	38
6.1 Conclusies per thema	38
6.2 Aanbevelingen	39
Literatuur	41
Bijlage 1 Bronnen met praktische informatie	46

Woord vooraf

Dit rapport gaat over agroforestry in relatie tot diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag op moderne Nederlandse melkveebedrijven.

Het rapport is een resultaat van het project ('PPS) "Agroforestry voor klimaatpositieve zuivel en biodiversiteit". In dit project werken onderzoekers van Wageningen University & Research samen met melkveehouders in de noordelijke provincies aan kennisontwikkeling over agroforestry. Hoe kunnen bomen en struiken de melkveehouderij versterken en verduurzamen? Politieke en maatschappelijke organisaties pleiten voor een vernieuwd landbouwsysteem dat productief is, duurzaam omgaat met hulpbronnen, klimaatbestendig is en ecosysteemdiensten levert. Agroforestry biedt hiervoor een wenkend perspectief, waarbij bomen en struiken een integraal onderdeel worden van het melkveebedrijf. Agroforestry vergroot de (bio)diversiteit en complexiteit van een melkveebedrijf. Dit biedt kansen voor het vergroten van de veerkracht van het totale bedrijfssysteem én van het vee.

Agroforestry in een moderne vorm op een melkveebedrijf is nieuw. Om bomen en struiken optimaal te integreren op een melkveebedrijf, is nog veel kennis nodig over de effecten op het gebied van onder andere koolstofvastlegging, biodiversiteit, verdienmodellen, diergezondheid en dierenwelzijn.

Met dit rapport willen we een overzicht geven van bestaande kennis over agroforestry in relatie tot diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag. Hiermee hopen we ook perspectief te bieden voor de ontwikkeling van nieuwe, aanvullende strategieën op het gebied van diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag in de melkveehouderij, die kunnen bijdragen aan een duurzamer en veerkrachtiger melkveehouderijsysteem. Er is nog veel te ontdekken op dit gebied, en agroforestry kan daarin een bijdrage leveren.

Zes studenten van Wageningen Universiteit hebben drie melkveehouders die agroforestry integreren in hun bedrijfsvoering geïnterviewd. Hierbij willen we deze studenten, de veehouders en Heleen van Kernebeek (WLR) hartelijk danken voor hun bijdrage aan dit rapport.

Samenvatting

Dit rapport geeft een overzicht van de kennis op het gebied van agroforestry in relatie tot diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag bij melkkoeien in Nederland. Er is gebruik gemaakt van wetenschappelijke literatuur en van praktische informatie en kennis. Ook zijn praktijkervaringen van enkele melkveehouders opgenomen.

Er zijn gegronde redenen om aan te nemen dat agroforestry-systemen een rol kunnen spelen in de verdere verbetering van diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag van melkkoeien. Met agroforestry krijgen dieren meer keuzemogelijkheden aangeboden in hun leefomgeving, en hebben ze meer mogelijkheden om natuurlijk gedrag te vertonen. Koeien eten van nature van bomen en struiken, waarschijnlijk om aan specifieke (voedings)behoeften te voldoen. Dit kunnen bijvoorbeeld bepaalde mineralen of sporenelementen zijn, of secundaire plantengestoffen met een mogelijk positief effect op diergezondheid (zelfmedicatie). Smakelijkheid en behoefte aan variatie kunnen ook een rol spelen. Door de grotere variatie van de leefomgeving, kan agroforestry kansen bieden voor het verder ontwikkelen en vergroten van de veerkracht van dieren, waarmee het vermogen om zich aan te passen aan verstoringen wordt vergroot.

Over de praktische invulling, en de potentiële voordelen en risico's van agroforestry op het gebied van diergezondheid en -welzijn en natuurlijk gedrag zijn nog veel vragen. Er is nog weinig wetenschappelijke kennis beschikbaar, en er is nog veel onduidelijk over het effect van bomen en struiken op gedrag en fysiologische reacties van koeien. Het is daardoor moeilijk om aan te geven wat agroforestry daadwerkelijk oplevert op het gebied van dierenwelzijn en -gezondheid, en hoe groot het belang daarvan is, ook financieel. Effecten zullen bovendien afhankelijk zijn van locatie, specifieke uitvoering en andere bedrijfskenmerken. Verder onderzoek en kennisontwikkeling is daarom gewenst. Op basis van de huidige kennis en ervaring wordt een aantal praktische aanbevelingen gegeven voor het inpassen van bomen en struiken in een melkveebedrijf.

1 Inleiding

1.1 Wat is agroforestry?

Agroforestry is kortgezegd “boeren met bomen”, ofwel het bewust integreren van houtige gewassen in akkerbouw, groenteteelt of veehouderij op hetzelfde perceel. Bomen in een veehouderijbedrijf is niet iets nieuws. Eeuwenlang waren bomen en struiken binnen de landbouw nuttig als brand- en timmerhout, veekering, leverancier van noten en vruchten, en als voer en beschutting voor dieren. Door schaalvergroting en specialisatie in de 20^e eeuw zijn veel bomen en houtwallen op het platteland verdwenen. Toch kunnen bomen en struiken een nuttig onderdeel zijn van een veehouderijbedrijf. In z’n algemeenheid bieden agroforestry-systemen kansen voor vergroten van biodiversiteit, vergroten van weerbaarheid tegen klimaatextremen, verbeteren van waterkwaliteit, koolstofopslag, een robuuster en breder verdienmodel en voor herstel van oude cultuurlandschappen. Specifiek op een melkveebedrijf kan agroforestry positief bijdragen aan voedervoorziening, mogelijkheden voor diereigen gedrag, beschutting van dieren tegen zon, regen en wind en aan het creëren van een microklimaat voor betere grasgroei. Heggen en hagen kunnen gebruikt worden als een natuurlijke veekering en kunnen bijdragen aan het herstel van cultuurlandschappen en daarmee aan maatschappelijke verbinding. Tegelijk brengt agroforestry in combinatie met veehouderij (nieuwe) uitdagingen met zich mee. Agroforestry vergroot de diversiteit en complexiteit van het totale (melk)veehouderijsysteem, waardoor er kansen, maar ook risico’s voor diergezondheid en -welzijn worden geïntroduceerd.

1.2 Diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag van dieren

Diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag kunnen niet los van elkaar worden gezien. Ziekten en verstoringen zijn niet altijd te voorkomen, daarom is een goede weerbaarheid of veerkracht van dieren belangrijk. Veerkracht bij dieren laat zich het best omschrijven als het vermogen om met ziekten en andere verstoringen om te gaan, en het verlagen van hersteltijd. De veerkracht van dieren is te vergroten door te voldoen aan hun natuurlijke en fysiologische behoeften (Van Dixhoorn, 2024). Voorbeelden hiervan zijn het verrijken van de leefomgeving van varkens en het ondersteunen van een goed dag-en-nachtritme bij koeien. Door te voldoen aan de natuurlijke behoefte van dieren, en daarmee hun veerkracht te vergroten, kunnen veehouders het vermogen van dieren om gezond te blijven positief beïnvloeden.

1.3 Leeswijzer

Doelen

Met dit rapport willen we een overzicht bieden van bestaande kennis over agroforestry in relatie tot diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag. We geven aan waar mogelijkheden liggen voor het inpassen van bomen en struiken op een melkveebedrijf, en op welke gebieden verdere kennisontwikkeling gewenst is.

Opbouw rapport

De focus in het rapport ligt op de aspecten die een duidelijke relatie hebben met agroforestry: beschutting tegen zon, wind en regen, mogelijkheden voor natuurlijk gedrag en voeding. Hoofdstuk 2 gaat in op het perspectief op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag, en het belang van veerkracht. Hoofdstuk 3 behandelt de behoefte van koeien aan beschutting en er wordt ingegaan op hitte- en koudestress. Op hoofdlijnen wordt beschreven wat we weten over het natuurlijk (fourageer)gedrag van koeien, en we gaan kort in op overlast door vliegen en teken.

Hoofdstuk 4 gaat over voeding en de mogelijke betekenis van bomen en struiken in het rantsoen. Daarbij komen mineralen en sporenelementen, secundaire inhoudsstoffen en zelfmedicatie aan bod. In hoofdstuk 5 wordt aandacht besteed aan de praktische inpassing van agroforestry in een melkveebedrijf, waaronder het bieden van schaduw en beschutting. Hoofdstuk 6 geeft een uitgebreide samenvatting met conclusies en aanbevelingen.

Methode en bronnen

Er is gebruik gemaakt van wetenschappelijke artikelen en vakliteratuur, en van praktijkkennis en ervaring van veehouders. In het kader van het project (PPS) "Agroforestry voor Klimaatpositieve zuivel en biodiversiteit (LWV21.072) hebben studenten van Wageningen Universiteit drie melkveehouders die agroforestry integreren in hun bedrijfsvoering geïnterviewd. Relevante informatie uit deze interviews is in de vorm van quotes in dit rapport opgenomen bij het betreffende onderwerp.

2 Perspectief op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag

Positief dierenwelzijn

Diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag kunnen niet los van elkaar worden gezien.

Diergezondheid is meer dan alleen de afwezigheid van ziekte. Het gaat over zowel de fysieke als de mentale toestand van een dier. Een goede diergezondheid draagt bij aan het welzijn van dieren en is ook nauw verbonden met de volksgezondheid. Vijf belangrijke aspecten van diergezondheid zijn gebaseerd op de 'vijf vrijheden van Brambell':

- Adequaat rantsoen: Toegang tot vers water en een adequaat rantsoen om gezond te blijven.
- Geschikte leefomgeving: De dieren zijn vrij van ongemak door een geschikte leefomgeving.
- Fysieke gezondheid: Dieren zijn vrij van pijn, verwondingen en ziekten.
- Mentale gezondheid: Dieren ervaren geen chronische stress of angst.
- Natuurlijk gedrag: Er is voldoende ruimte, geschikte voorzieningen en gezelschap van soortgenoten om natuurlijk gedrag mogelijk te maken, zoals spelen en voedselzoekgedrag.

Deze 'vijf vrijheden' waren lang leidend in het denken over dierenwelzijn. Een recente ontwikkeling in de wetenschappelijke benadering van dierenwelzijn is de ontwikkeling van positief dierenwelzijn. Positief dierenwelzijn wordt gerelateerd aan het ervaren van een positieve mentale toestand als gevolg van belonende ervaringen, inclusief het hebben van keuzes en kansen om actief doelen na te streven en gewenste resultaten te bereiken (Rault et al., 2025). Dit kan bijdrage aan een meer dierwaardige veehouderij.

Veerkracht

Er zijn veel factoren die een rol spelen bij het ontstaan van ziekten en andere verstoringen, en ze zijn lang niet altijd te voorkomen. Daarom is een goede weerbaarheid of veerkracht van dieren belangrijk. Veerkracht bij dieren laat zich het best omschrijven als het vermogen om met ziekten en andere verstoringen om te gaan, en het verlagen van hersteltijd (Scheffer et al., 2018). Hoe zorg je dat dieren gezond blijven bij mogelijke verstoringen of uitdagingen? En hoe zorg je dat er voldoende ruimte is voor natuurlijk gedrag? Op hoofdlijnen kunnen we daarbij onderscheid maken in twee mogelijke strategieën. De eerste strategie, de afschermstrategie, is gericht op de mogelijke verstoring of uitdaging zelf. De oplossing wordt dan gezocht in het zoveel mogelijk be- of afschermen van de dieren, de stal of het hele bedrijf tegen verstoringen die mogelijk grote impact hebben op diergezondheid of -welzijn. Toepassing van bestrijdingsstrategieën is hiervan een goed voorbeeld, en ook het voorkómen van contact met mogelijke risicobronnen. Zo sluit het houden van dieren in een stal een aantal risico's uit, bijvoorbeeld besmetting met bepaalde parasieten. Verstoringen of risico's worden in deze afschermstrategie bij de bron aangepakt. Over het algemeen wordt deze afschermstrategie als grondig beschouwd, en hebben mensen veel vertrouwen in de bijbehorende maatregelen. De afschermstrategie kan ook nadelen hebben, bijvoorbeeld de ontwikkeling van resistentie tegen antibiotica of andere nadelige effecten van gebruikte bestrijdingsmiddelen op milieu of gezondheid van mens of dier. Daarnaast biedt een beschermde (stal)omgeving dieren over het algemeen minder mogelijkheden voor natuurlijk gedrag.

De tweede strategie, de veerkrachtstrategie, richt zich op het ondersteunen van dieren om zo goed mogelijk met verstoringen om te kunnen gaan, zonder ze ervan af te schermen. De veerkracht van dieren is te vergroten door te voldoen aan hun natuurlijke en fysiologische behoeften (van Dixhoorn, 2024). Er wordt gedacht dat dieren zich beter aan kunnen passen aan verstoringen door het creëren van meer diversiteit en keuzemogelijkheden in de (leef)omgeving en rantsoen, waardoor mogelijke schade van deze verstoringen beperkt wordt. Zo zijn varkens die opgroeien in een verrijkte omgeving beter bestand tegen longinfecties dan varkens die opgroeien in een "kale" omgeving (van Dixhoorn et al., 2016, de Bruijn et al., 2024).

De veerkracht van het dier is groter in een verrijkte omgeving, waardoor ze meer robuust zijn en beter om kunnen gaan met veranderingen en verstoringen. De gedachte is dat blootstelling aan allerlei lichte verstoringen nodig is om dieren robuuster te maken. Deze strategie is niet alleen van toepassing op individuele dieren, maar ook op een heel bedrijf, of ecosysteem. De veerkrachtstrategie is wat anders dan symptoombestrijding, zoals bijvoorbeeld therapie bij ziekte, waarbij schade achteraf wordt hersteld of beperkt. De veerkracht- en afschermstrategie hebben voor- en nadelen, en kunnen elkaar aanvullen.

3 Aspecten van diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag met agroforestry

Dit hoofdstuk gaat in op aspecten van gezondheid, dierenwelzijn, natuurlijk gedrag en veerkracht van melkkoeien die een relatie hebben met agroforestry:

- Een diversere omgeving met (keuze)mogelijkheden voor beschutting bij extreme weersomstandigheden (kou, hitte, zon, wind en regen)
- Omgaan met (plaag)insecten
- Mogelijkheden voor natuurlijk gedrag door gevarieerde omgeving
- Een meer divers rantsoen met andere inhoudsstoffen en meer keuzevrijheid

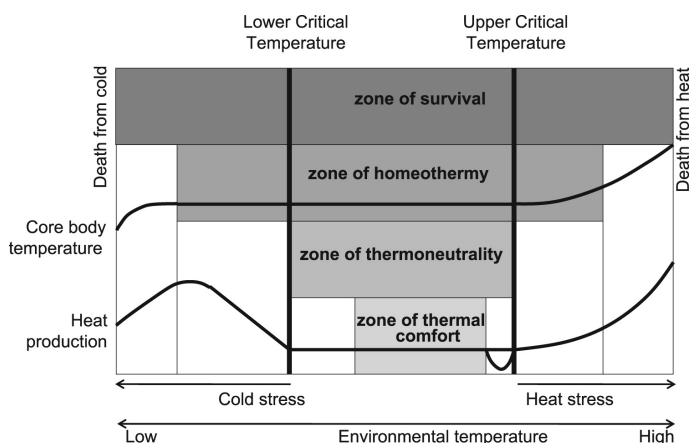
3.1 Extreme weersomstandigheden

Veehouders zijn verplicht om dieren bescherming te bieden bij extreme weersomstandigheden. Door klimaatverandering met oplopende zomerse temperaturen zullen mens en dier zich steeds meer, en op meer extreme wijze, moeten aanpassen aan het klimaat. Hierbij is een weerbare koe die zich goed kan aanpassen aan de weersomstandigheden van belang, maar ook een goed ingericht melkveebedrijf waar koeien zo min mogelijk hittestress ervaren.

3.1.1 Thermoregulatie van dieren

Via fysiologische reacties passen dieren zich aan de omgevingstemperatuur aan. Deze reacties worden vaak verdeeld in verschillende zones (Van laer et al., 2014). Binnen de zone van thermisch comfort ervaart een dier een optimale mate van comfort ten opzichte van de omgevingstemperatuur (figuur 1). Binnen de thermo-neutrale zone, dat wil zeggen wanneer de omgevingstemperatuur zich tussen de onderste kritieke temperatuur (OKT) en de bovenste kritieke temperatuur (BKT) bevindt, hoeft het dier slechts een minimale hoeveelheid energie te investeren om zijn lichaamstemperatuur te behouden. Zodra de omgevingstemperatuur buiten de thermo-neutrale zone valt, moet het dier steeds meer metabolische energie gebruiken voor warmteafvoer of warmteproductie. De energie die beschikbaar is voor andere lichaamsfuncties neemt dan af. Als deze situatie aanhoudt, ervaart het dier stress en verslechtert de gezondheid en productie. Buiten de zone van homeothermie kan het dier de lichaamstemperatuur niet meer binnen het normale bereik te houden. De gezondheid verslechtert nog verder, wat uiteindelijk tot de dood kan leiden. De grenzen van de thermo-neutrale zone worden meestal aangegeven als de omgevingstemperatuur. Daarbij wordt geen rekening gehouden met individuele dierfactoren of andere weersfactoren. Of een dier al dan niet thermische stress ervaart, hangt niet alleen af van de luchttemperatuur, maar ook van andere weersfactoren zoals regen en wind (Van laer et al., 2014).

Om te bepalen of een klimaatomgeving hittestress kan veroorzaken in koeien wordt gebruik gemaakt van hittestress indicatoren zoals de Temperatuur Luchtvochtigheid Index (THI). De THI is de meest gebruikte index voor het classificeren van matige tot hete condities (Timmerman et al., 2018). Koude stress wordt meestal gekwantificeerd door middel van de Wind Chill Index (WCI). Voor runderen zijn er voor zover bekend geen wetenschappelijk gevalideerde risicoklassen voor koudestress in termen van WCI ontwikkeld (Van laer et al., 2014).



Figuur 1 Schematische weergave van verschillende temperatuur zones in relatie tot koude- en hittestress (van laer et al., 2014).

3.1.2 Hitte en hittestress

Wanneer de omgevingstemperatuur stijgt kunnen koeien hittestress ervaren doordat ze hun eigen lichaamswarmte onvoldoende kwijt kunnen. Vanaf zo'n 21°C en bij hoge luchtvochtigheid kunnen melkkoeien de eerste tekenen van hittestress ervaren. In Nederland stijgt ongeveer een kwart van de dagen de temperatuur boven de 20°C. Door klimaatverandering komt dit steeds vaker voor (bron: KNMI). Hittestress heeft allerlei negatieve effecten op de gezondheid, welzijn en melkproductie van de dieren die hieronder worden toegelicht. Ook kalveren en droogstaande koeien hebben last van de hitte.

Wanneer de afgifte van lichaamswarmte aan de omgeving niet in balans is met de warmteproductie van een koe, kan hittestress optreden. Wanneer hittestress optreedt hangt af van allerlei factoren. Individuele koe-factoren zoals productieniveau, lactatiestadium, leeftijd en ras beïnvloeden de warmteproductie- en afgifte. Hoe hoger de melkproductie, hoe hoger de warmteproductie van de koe is. Ook uiterlijke kenmerken zoals vacht- en huidskleur en haarlengte beïnvloeden de warmteafgifte van de koe, waarbij een lichte en korte vacht warmteafgifte bevordert in vergelijking met een donkere en lange vacht (Madhusoodan et al., 2019). Holstein-Friesian koeien zijn groot en hebben een dikke en lange vacht. Jersey koeien zijn kleiner en hebben een ander type vacht waardoor ze minder snel hittestress ervaren (Alfonzo et al., 2016).

De thermoregulatie van het dier is in belangrijke mate afhankelijk van de gevoelstemperatuur. De gevoelstemperatuur wordt gevormd door een combinatie van de omgevingstemperatuur, luchtvochtigheid, windsnelheid en directe zonnestraling op de huid van de koe (de Vries et al., 2023). De zonnestraling speelt een grote rol in de gevoelstemperatuur, doordat directe zonnestraling de gemeten omgevingstemperatuur kan verhogen tot 8°C. Het aanbieden van schaduw is daarom belangrijk om het risico op hittestress te verlagen (Dahl et al., 2020). In de weide kunnen houtwallen, hagen of grotere bomen schaduw bieden, maar ook het aanbieden van schaduw in de stal gedurende warme momenten van de dag kan het risico op hittestress verlagen.

In een (te) warme omgeving zal de koe zich aanpassen door de warmteafgifte te verhogen en/of de warmteproductie te verlagen. Deze aanpassingen zijn onder meer een versnelde ademhaling, verhoogde zweetproductie- en afgifte, verhoogde wateropname, verlaagde herkauwactiviteit, verminderde lichaamsactiviteit, verhoogde hartslag, het verlagen van eigen warmteproductie, en uiteindelijk het verhogen van de eigen lichaamstemperatuur (Zhou et al., 2022).

De gevolgen van hittestress kunnen leiden tot gezondheidsproblemen. Om meer warmte aan de omgeving af te geven gaan dieren vaak langere tijd staan, waardoor de kans op klauwproblemen toe neemt (Cook et al., 2007). Daarnaast is de kans op mastitis of baarmoederontsteking groter door een hoge infectiedruk van bepaalde bacteriën in warme periodes (Dahl et al., 2020) in combinatie met een lagere weerstand van de koeien. Deze verlaagde weerstand wordt onder andere veroorzaakt door een verlaagde voeropname.

Bovendien is veel energie nodig om zich aan te passen aan de warme omgeving, waardoor minder energie beschikbaar is voor het immuunsysteem (Gupta et al., 2023). Doorgaans is de verlaging van de voeropname het grootst bij nieuwmelkte koeien waar bij de melkproductie en voervertering veel warmte vrijkomt (Chang-Fung-Martel et al., 2021). De vermindering van voeropname heeft een sterke verlaging van de melkproductie tot gevolg, tot zo'n 35% (Bernabucci et al., 2010, André et al., 2011, Wankar et al., 2021). Daarnaast leidt de verminderde voeropname en combinatie met veel hijgen tot een groter risico op pensverzuring.

Een belangrijk gevolg van hittestress wat vaak niet direct zichtbaar is, is een verminderde vruchtbaarheid. Door de warmte laten koeien minder goed tocht zien. Ook zorgen de hoge temperaturen voor verminderde eicelkwaliteit- en ontwikkeling waardoor de kans op succesvolle bevruchting afneemt (Bernabucci et al., 2010, Dash et al., 2016, Timmerman et al., 2018, Wolfenson and Roth, 2019). Een Duitse studie liet zien dat matige hittestress gedurende 21 dagen voor een inseminatie, de kans op een mislukte bevruchting vergrootte met 61% vergeleken met koeien die geen last hadden van hittestress gedurende de 21 dagen voor inseminatie (Schüller et al., 2014). Hittestress gedurende de dracht blijkt zelfs effect te hebben op de volgende generatie. In Duits onderzoek werd aangetoond dat lichte hittestress gedurende de laatste 8 weken van de dracht bij de geboren kalveren leidde tot een verlaagde levensproductie en conceptiepercentage als vaars (Kipp et al., 2021). Kortom, hittestress heeft directe maar ook indirect negatieve gevolgen op de gezondheid en welzijn van melkkoeien.

Hittestress heeft daarmee ook economische consequenties. De verminderde melkproductie is direct merkbaar, maar kosten zoals verminderde vruchtbaarheid, of naslepende gezondheidsproblemen zijn moeilijker in cijfers uit te drukken. In een Nederlandse modelstudie uit 2018 werd de schade van een zomer met veel hittestress becijferd op €5600,- voor een bedrijf met 100 koeien (Timmerman et al., 2018). Veel hittestress betekende 66 dagen boven de 20°C, 28 boven de 25°C en 6 tropische dagen. Hierbij werden naast verminderde melkopbrengsten in kg melk, vet en eiwit, ook kosten zoals een toename van de tussenkalftijd en verhoogde gezondheidskosten meegenomen (Timmerman et al., 2018).

3.1.3 Kou, wind en regen

De koudetolerantie van runderen varieert sterk, afhankelijk van factoren zoals ras, leeftijd, productiviteit, lichaamsconditie en vachtconditie, zelfs binnen dezelfde kudde. Volwassen koeien kunnen in principe goed tegen kou, bij een productie van 23 liter melk per dag is de onderste kritische temperatuur -26°C (Van laer et al., 2014). Wind en regen hebben echter veel invloed op de gevoelstemperatuur. In combinatie met een natte vacht door regen of sneeuw en harde wind kan koude stress ook optreden bij hogere omgevingstemperaturen. Een zwakke wind (windkracht 2, 10 km/uur) zorgt voor een verlaging van de gevoelstemperatuur van zo'n 3°C, en een vrij krachtige wind (windkracht 5, 30 km/uur) voor een verlaging van de gevoelstemperatuur van 9-10°C (Angrecka and Herbut, 2015). Daarnaast geeft een natte huid makkelijker lichaamswarmte af, dan wanneer deze droog is. Regen in combinatie met harde wind versterkt hierdoor de afgifte van lichaamswarmte aan de omgeving, waardoor een dier meer moeite moet doen om de lichaamstemperatuur op peil te houden. Beschutting zorgt ervoor dat verlies van lichaamswarmte sterk verminderd kan worden (Van laer et al., 2014), wat het welzijn van de dieren onder koude omstandigheden verbetert.

Voor Nederlandse melkkoeien in de weideperiode is beschutting tegen koude minder relevant, aangezien het weideseizoen doorgaans loopt van april tot uiterlijk eind oktober, een periode waarin extreem koude weersomstandigheden niet of nauwelijks voorkomen. Ook in onze typische gematigde winters zijn situaties buiten de thermoneutrale zone zeldzaam (Van laer et al., 2014), al kan dit veranderen door klimaatveranderingen. Maar ook tijdelijk koudere omstandigheden (lage temperatuur in combinatie met neerslag en wind) kunnen negatieve effecten hebben op het welzijn en prestaties van runderen (Van laer et al., 2014).

Beschutting tegen wind (en regen) is vooral belangrijk voor (kwetsbare, jonge) dieren die buiten verblijven onder gure omstandigheden. Voor pasgeboren kalveren is de onderste kritische temperatuur met 9°C een stuk hoger dan voor volwassen koeien.

Bij schapen in Nieuw-Zeeland is een hogere groei en lagere lammersterfte vastgesteld door windbeschutting (Gregory, 1995). Met beschutting tegen wind en regen kunnen dieren langer buiten blijven. Houtwallen of boomrijen kunnen een windstille en drogere plek bieden tijdens harde wind en regen.

3.2 Vliegen en teken

Vliegen en teken kunnen tijdens het weideseizoen een uitdaging vormen voor koeien en jongvee, met name gedurende warme periodes en op beschutte plaatsen in de wei. Insecten kunnen ziektes overbrengen, maar met name vliegen zijn voor het vee ook erg irritant doordat ze steken, zoemen en jeuk kunnen veroorzaken (MSDAnimalHealth, 2018). Er is niet veel informatie over de aanwezigheid van vliegen en teken in agroforestry-systemen, en hun invloed op diergezondheid en welzijn. Het is belangrijk om rekening te houden met de mogelijke gevolgen, en deze worden in het vervolg van deze paragraaf verder uitgelegd voor zover bekend.

Vliegen kunnen onrust veroorzaken bij koeien. Uit onderzoek is gebleken dat koeien die last hebben van vliegen kortere tijd grazen, en waarschijnlijk hun graassnelheid verhogen vergeleken met koeien die geen last hebben van vliegen (Schmidtman et al., 1981, Dougherty et al., 1994). Verder kunnen vliegen ziektes overdragen zoals zomerwrang en houw. Rond de 15°C gaan vliegen zich gestaag vermeerderen. Ze leggen eitjes in mest en voerresten. De cyclus van een eitje tot volwassen vlieg duurt 7 tot 42 dagen afhankelijk van temperatuur en luchtvochtigheid. Deze korte cyclus en het feit dat een vlieg meer dan 100 eitjes per dag kan leggen zorgt er voor dat een vliegenpopulatie zich in een korte tijd enorm kan uitbreiden (Mul et al., 2009). Het Nederlandse voorjaarsklimaat is uitermate geschikt voor vliegenpopulaties om zich snel te vermeerderen.

In agroforestry-systemen zijn enerzijds veel beschutte plekken rond bomen en struiken waar insecten zich graag ophouden wat zorgt voor een grotere kans op overlast vergeleken met "kale" weidesystemen. Anderzijds zorgen de bomen en struiken voor meer (bio)diversiteit en daarmee voor diversiteit in omgeving en mogelijkheden om insecten te mijden of te verjagen. De vergrootte biodiversiteit trekt meer (insectivore) vogels aan vergeleken met "kale" weides, en insectivore vogels zijn een natuurlijke vijand van insecten zoals vliegen. Hierdoor kunnen de insectivore vogels op natuurlijke wijze bijdragen aan het inperken van de vliegenpopulatie (Smolders, 2008). Een grotere biodiversiteit in agroforestry-systemen zou ook kunnen bijdragen aan het vergroten van de veerkracht van het totale bedrijf en de omgeving. In Brazilië werden verschillen gevonden in insectenordes tussen agroforestry-systemen en monocultuurgraslanden. Het totale aantal en diversiteit van insecten verschilde niet tussen de systemen, maar agroforestry-systemen vertoonden een belangrijke toename in verschillende insectenfamilies met bestuivers en natuurlijke plaagbestrijders (Paiva et al., 2020). Ook vogels en vleermuizen die baat hebben bij bomen en struiken in hun leefomgeving, kunnen bijdragen aan plaagonderdrukking.

Desondanks kunnen vliegen een probleem vormen in agroforestry-systemen (maar ook in andere weidesystemen), en is het altijd verstandig om preventieve maatregelen te nemen in en buiten de stal. Eitjes die gelegd worden in de stal kunnen namelijk uitgroeien tot vliegen die zich verplaatsen naar de wei. Het is daarom verstandig frequent de mestkelder te mixen (Smolders, 2008). Daarnaast wordt vaak geadviseerd om op plekken waar frequent gemest wordt in de wei (of stal) regelmatig mest te verwijderen. Dit om te voorkomen dat vliegen hier eitjes gaan leggen en zich gestaag vermeerderen. Wel moet er ook bij stilgestaan worden dat mestflaten in de wei de natuurlijke biodiversiteit bevorderen. Alle mest verwijderen is daarom niet nodig, maar het is wel zaak dat er niet te veel mest blijft liggen waar eitjes in groeien. Een goede balans hierin is van belang, maar deze is soms lastig te bereiken. Er wordt daarnaast gezocht naar alternatieve bestrijdingsmethode tegen vliegen, zonder gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen. In de biologische sector zijn ontwikkelingen gaande waar vliegenbestrijding in de stal wordt uitgevoerd met behulp van gekweekte sluipwespen of roofmijten. Ook wordt er getest met een mechanische vliegenvangervanger in de weide (Hees and Gommer, 2023). Verdere ontwikkelingen van alternatieve bestrijdingsmethode zijn relevant voor agroforestry-systemen.

Naast vliegenplagen kunnen teken een risico vorm voor dieren in de weide. Teken komen met name voor in lange grassen en struiken in beschutte weilanden en zijn actief vanaf een temperatuur van ongeveer acht graden. Het grootste risico op tekenbeten is tussen mei en september (GDDiergezondheid, 2024). Teken zijn slecht bestand tegen de felle zon, waardoor ze zich graag schuilhouden in struiken en bosjes. Hiervandaan kunnen ze overspringen naar koeien (en mensen), waar ze zich vastbijten in de huid van hun gastheer om bloed op te zuigen. Hierna bevrijden ze zich van hun gastheer en leven ze verder op de bodem tussen de grassen. Teken kunnen infecties overdragen op hun gastheer zoals anaplasrose (weidekoorts) of babesiose, maar dit gebeurt niet vaak. Zo'n 4% van de teken in Nederland is bijvoorbeeld besmet met anaplasrose, maar het is niet duidelijk hoeveel koeien daadwerkelijk besmet worden met anaplasrose na een tekenbeet. Ter vergelijking, circa 20% van de teken in Nederland is besmet met *Borrelia*, de bacterie die de ziekte van Lyme overdraagt (Smits, 2017). De kans op het krijgen van de ziekte van Lyme na een tekenbeet wordt geschat op 2% (RIVM, 2024b). Anaplasrose en babesiose kunnen leiden tot ernstig zieke koeien, met koorts, productiedaling, verminderde eetlust en zelfs sterfte, al is het risico door de lage besmettingskans hierop klein. Wanneer koeien geweid worden in gebieden waar veel teken voorkomen (bosjes en hoge grassen) is het van belang het risico op tekenbeten met eventuele besmettingen te verminderen. Hierbij is het met name van belang om te zorgen van opbouw van immuniteit bij de dieren. Dit kan gemakkelijk gerealiseerd worden door jongvee van jongs af aan te weiden. Er wordt namelijk gedacht dat kalveren een zekere mate van natuurlijke immuniteit hebben die na blootstelling aan teken overgaat in opgebouwde specifieke immuniteit. Oudere koeien worden dan doorgaans niet of weinig ziek van deze overdraagbare ziektes (Booij, 2006). Wees voorzichtig met het weiden van drachtige koeien in verdachte percelen waar veel teken zitten (Bemers, 2017). Daarnaast is het belangrijk om gedurende de risicomaanden af en toe de koeien te monitoren op teken die in bosrijke percelen hebben gelopen (GDDiergezondheid, 2024). Teken zijn bij koeien voornamelijk aanwezig op de kop, de hals, de liesstreek en het uier.

Melkveehouder A:

"Wij zitten tussen de houtwallen en er zitten hier best wel wat teken, ze zitten ook op de koeien. Wij bestrijden ze niet, maar er zal vast een manier zijn. Ook knutten komen veel voor, en dazen. We hebben laatst voor het eerst een koe gehad met zomerwrang, vroeger kwam dat meer voor. Vliegen vinden het fijn bij de houtwal. De koeien gebruiken de takken van de houtwal ook om de vliegen kwijt te raken".

3.3 Natuurlijk gedrag

3.3.1 Wat is natuurlijk gedrag?

Agroforestry biedt koeien kansen om meer natuurlijk gedrag te vertonen dan in een kale, boomloze weide. Maar wat is het "natuurlijke" gedrag van een koe eigenlijk? De voorouders van de "moderne" melkkoe zijn uitgestorven. Het gedrag van runderen in natuurgebieden, met vrijwel geen menselijke invloeden, komt het dichtst bij het natuurlijke gedrag wat we van de huidige melkkoe kunnen verwachten. Hierdoor weten we dat een koe doorgaans een redelijk vast dag- en nachtpatroon heeft. Het grootste deel van de dag graast een koe (meer dan 8 uur per dag), gevolgd door herkauwen en rusten. Dit neemt samen zo'n 90-95% van de tijd in beslag. Naast de drie belangrijkste gedragingen grazen, herkauwen en rusten heeft een koe een breed repertoire aan andere gedragingen op het gebied van onder andere socialiseren, knabbelen en bewegen (Kilgour, 2012). Met name het knabbelgedrag wordt gestimuleerd in een boomrijke omgeving.

3.3.2 Grazen, browsen en herkauwen

Planteneters worden onderverdeeld in grazers en browsers (Gordon et al., 2019). Grazers, zoals koeien, eten van nature vooral gras en browsers, zoals geiten, knabbelen van nature vooral aan bomen en struiken. Ook zijn er tussenvormen van (wilde) diersoorten die zowel browsen als grazen. Binnen (wilde) diersoorten kan de verdeling tussen browsen en grazen variëren, bijvoorbeeld tussen regio's of seizoenen. Browsers en grazers hebben zich evolutionair aangepast om meer of minder te foerageren op (bladeren van) houtige planten of gras. Grassen hebben over het algemeen dikkere celwanden, met meer slecht verteerbare vezels zoals cellulose.

Houtige planten bestaan uit blad met dunnere celwanden die beter verteerbaar zijn, en uit houtachtige stengels met een hoog, onverteerbaar ligninegehalte. Ter bescherming hebben houtachtige planten vaak afweermechanismen zoals doornen of stekels die vraat door dieren beperken. (Gordon et al., 2019).

Grazers en browsers hebben verschillende fysieke kenmerken waarmee ze zich hebben gespecialiseerd in het foerageren op bladeren of gras (Shipley, 2001). Koeien zijn grazers, en daarmee vooral gespecialiseerd in het eten van gras. Grazers hebben een brede bek, een smalle mondopening en stijve lippen en zijn hierdoor minder goed in staat selectief te eten. Browsers hebben een smalle bek, een wijde mondopening en een lange tong. Hiermee kunnen ze specifieke plantendelen selecteren. De grotere speekselklieren van browsers produceren tanninebindende eiwitten die voorkómen dat tannine, dat veel in browse (bladeren, jonge twijgen) voorkomt, de eiwitvertering belet. Grazers hebben een grotere en meer gespierde pens dan browsers. Door een langzamere passage van het voedsel is er meer tijd voor fermentatie. Browsers zijn over het algemeen kleiner en lichter dan grazers, en hebben meer energie per eenheid lichaamsgewicht nodig doordat ze sneller warmte verliezen (Shipley, 2001).

De meeste (wilde) grazers en browsers kunnen geen uitgebalanceerd dieet van energie, eiwitten en mineralen realiseren op één locatie, simpelweg omdat niet alles tegelijk overal groeit. Belangrijke mineralen, zoals Ca, Na en P zijn vaak niet in voldoende concentraties aanwezig, en dus moeten dieren op zoek naar locaties met meer mineraalrijk voedsel. Uit DNA-analyse blijkt dat het rantsoen van wilde hoefdieren veel verschillende plantensoorten bevat, en daarbij een grote diversiteit aan taxonomisch vergelijkbare planten, bijvoorbeeld grassen. Heterogeniteit in voeraanbod, op lokale en regionale schaal, zorgt ervoor dat grazers en browsers adaptieve foerageeropties ontwikkelen (Gordon et al., 2019).

Grazers en browsers kunnen veel verschillende plantensoorten selecteren, niet alleen voor voeding, maar ook voor medicinale doeleinden. Bepaalde plantensoorten bevatten bijvoorbeeld macro- en micronutriënten die nodig zijn voor specifieke fysiologische processen. Andere plantensoorten bevatten verbindingen met anti-parasitaire eigenschappen of verbindingen die het effect van specifieke toxines teniet kunnen doen. Door verschillende plantensoorten te eten, met verschillende toxines, kan een dier in totaal meer eten dan door slechts één plantensoort te eten met één van de toxines, maar met een schadelijk effect bij hogere doses. Een meer divers aanbod aan plantensoorten geeft meer mogelijkheden om het dieet aan te passen aan de wisselende behoefte. Binnen een dag maar ook binnen de jaarlijkse cyclus kunnen grazers en browsers hun dieet verschuiven tussen verschillende plantensoorten. Daarbij hebben grazers een groter aanpassingsvermogen dan browsers (Gordon et al., 2019).

Veehouder B:

"Normaal eten de koeien niet veel van de bomen maar soms beginnen ze ineens allemaal een bepaalde soort te eten. Mogelijk missen ze die dag iets in het rantsoen. Een gemengde haag is daarom belangrijk, dan kunnen de koeien kiezen wat ze eten"

Veel grazers zijn herkauwers, zoals koeien, schapen, geiten en herten. Herkauwers verteren hun voedsel in twee stappen door hun voedsel eerst grof door te slikken en vervolgens opnieuw op te boeren om nogmaals te kauwen om de vertering te bevorderen (Van Soest, 1994). Herkauwen is een belangrijke onderdeel van het natuurlijke gedrag van deze dieren, en neemt zo'n 7 uur per dag in beslag voor lacterende melkkoeien (Beauchemin, 2018). Het herkauwen zorgt ervoor dat ze voedingsstoffen met veel cellulose zoals gras goed kunnen verteren. Het foerageergedrag van herkauwers is aangepast op hun dieet. Om het foerageergedrag van herkauwers (deels) te verklaren worden vaak drie plantkenmerken gebruikt; verteerbare stofgehalte (voedingsstoffen), plantstructuur en toxinegehalte (Agreil et al., 2006). (Bladeren van) struiken en bomen bevatten over het algemeen voldoende voedingsstoffen om voor dieren aantrekkelijk te zijn als voedsel, maar bomen en struiken verdedigen zichzelf via chemische stoffen (plant secundaire metabolieten ofwel PSM) en/of fysieke eigenschappen, bijvoorbeeld stekels. De meeste boom- en struiksoorten worden tot op zekere hoogte door vee gegeten, maar de hoeveelheid is vaak laag en niet consistent. Dit is afhankelijk van struik- en diersoort en de beschikbaarheid van alternatieve voedergewassen (zie ook 2.3)

Runderen kunnen minder goed omgaan met de chemische en fysische uitdagingen van bomen en struiken dan bijvoorbeeld geiten, maar daarbij bestaan wel verschillen tussen rassen (Estell et al., 2012). De traditionele Europese runderrassen zijn minder goed in browsen dan bijvoorbeeld Brangus koeien, een kruising met zeboe. Daarnaast is er individuele variatie tussen dieren binnen een kudde. Ook speelt een rol dat dieren nieuwe planten moeten leren eten. Daarbij hebben gezonde, weldoorvoede dieren minder de neiging om nieuwe planten te proberen dan meer hongerige of zieke dieren. Ook leren jonge dieren makkelijker en zijn nieuwsgieriger dan oudere dieren (Estell et al., 2012).

In hoofdstuk 4 wordt verder ingegaan op bomen en struiken in het rantsoen van melkvee.

Melkveehouder A:

"De eerste- en tweedekalfskoeien eten het meeste van de houtwal. Misschien omdat ze jonger zijn en het nog moeten ontdekken omdat ze nog niet echt buiten zijn geweest."

Veehouder C:

"In het begin aten de koeien helemaal niet van de heggen, ik dacht dat het niet werkte. Toen begonnen de kalveren ervan te eten, en nu eten alle dieren ervan. Kennelijk proberen jonge dieren eerder nieuwe dingen, en is het een kwestie van leren."

3.3.3 Gebruik van schaduw en beschutting

Natuurlijke beschutting

Over het algemeen wordt aangenomen dat de keuze van een dier tussen verschillende schuilmogelijkheden wordt bepaald door het vermogen om thermisch comfort te verhogen, m.a.w. om een zo aangenaam mogelijke omgevingstemperatuur te hebben. Koeien zouden daarom voorkeur hebben voor schaduw van bomen boven gebouwde constructies omdat de bomen extra koeling bieden door verdamping (Avicola and Porcino, 2010). Maar ook andere factoren beïnvloeden de voorkeur voor specifieke locaties, zoals de nabijheid van water en voederbakken, waakzaamheid voor nieuwe situaties en onbekende constructies, beperking van zicht, kudgedrag, en andere specifieke factoren. Bij het bestuderen van de voorkeuren van runderen voor schaduw- en schuiltypen moeten resultaten daarom voorzichtig worden geïnterpreteerd (Avicola and Porcino, 2010).

Uit een driejarig onderzoek met acht volwassen runderen in Vlaamse natuurgebieden bleek dat de dieren gedurende het hele onderzoek grote voorkeur hadden voor het gebruik van natuurlijke beschutting vergeleken met beschutting in de vorm van een schuilhok (Tuytens and De Campeneere, 2015). De runderen gebruikten zelden het schuilhok als bescherming tegen koude of hitte, behalve wanneer er weinig natuurlijke beschutting aanwezig was. Zolang er adequate natuurlijke beschutting aanwezig is heeft een extra schuilhok weinig of geen meerwaarde ter preventie van thermisch discomfort bij volwassen en gezonde runderen (Tuytens and De Campeneere, 2015).

Gebruik van schaduw

Op warme en zonnige momenten van de dag zoeken koeien de schaduw op onder bomen of langs hagen, om daar te rusten of herkauwen (Reis et al., 2021). Dieren zonder toegang tot schaduw (door bomen) bleken meer tijd in de buurt van de drinkbak te besteden, minder te liggen tijdens het rusten, en minder tijd te besteden aan herkauwen en grazen vergeleken met dieren met toegang tot schaduw, waarschijnlijk om warmteafgifte te bevorderen (Vizotto et al., 2015).

Melkveehouder A:

"Bij normale temperaturen tot ongeveer 20°C liggen de koeien overal in de wei. Maar boven de 25°C en wanneer het voor ons gevoel benauwd is, dan zullen ze meer onder de houtwal gaan liggen".

Het gebruik van schaduw neemt toe bij hogere zonnestraling en warmer weer, en koeien zullen concurreren om een plek in de schaduw (Holinger et al., 2024). Koeien met 9.6 m² schaduw per koe verbleven twee keer zo lang in de schaduw als koeien met 2.4 m² schaduw per koe, hadden een minder snelle ademhaling en er was minder agressief gedrag. Een weide met meer dan 10 m² schaduw per dier door bomen zorgde voor minder negatieve effecten van hittestress op gedrag en fysiologische aspecten van melkkoeien dan een weide zonder schaduw door bomen (Vizotto et al., 2015). Het voordeel van schaduw is groter wanneer alle koeien er tegelijkertijd gebruik van kunnen maken (Schütz et al., 2010). Aanbevelingen in de literatuur voor de gewenste hoeveelheid schaduw variëren tussen 3,5 en 5,6 m² per melkkoe (Van laer et al., 2014). Onderzoek op zes commerciële melkveebedrijven in Nieuw-Zeeland met natuurlijke schaduwvoorziening liet zien dat het aandeel koeien dat zich tegelijkertijd in de schaduw bevindt met 3,1% toeneemt per extra m² schaduw per koe. Maar ook met veel schaduw (9-15 m² per koe) waren bijna nooit alle dieren tegelijk in de schaduw. Schaduw van 2 m² per koe was fysiek voldoende om alle koeien schaduw te bieden, maar bij deze oppervlakte werd vaak agressief gedrag gezien. Onafhankelijk van de oppervlakte schaduw stonden koeien gemiddeld ongeveer 30% van de waarnemingsperiode (tussen 10 en 15.30 uur) in de schaduw. Naarmate meer schaduw beschikbaar was hadden minder koeien een hoge "pantingscore" (Schütz et al., 2014). De pantingscore is een methode om de mate van hittestress te beoordelen op basis van ademhaling en gedrag van dieren.

Wat betreft de gewenste hoeveelheid schaduw in de wei kunnen we ter indicatie ook kijken naar de beschikbare oppervlakte per dier in stallen. In bestaande regelingen, zoals de MDV-regeling (Maatlat Duurzame Veehouderij), wordt momenteel uitgegaan van acht vierkante meter per dier voor ligboxstallen en tien vierkante meter voor vrijloopstallen.



Figuur 2 Koeien zoeken de schaduw van de bomen om te rusten en te herkauwen. (Foto M. Plomp).

Gebruik van beschutting

Koeien maken op meerdere manieren gebruik van beschutting. Ten eerste om te schuilen voor regen en wind. Koeien staan niet graag in de regen in combinatie met harde wind. Wanneer de koeien kunnen kiezen tussen de stal en de wei, kiezen ze bij regen en wind vaak voor de stal.

Melkveehouder A:

"Sinds we een melkrobot hebben kunnen de koeien kiezen of ze binnen of buiten willen zijn. Als het regent gaan ze nu massaal naar binnen. Als ze niet naar binnen kunnen, gaan ze onder de bomen staan".

Ten tweede kan de mogelijkheid om gebruik te maken van beschutting door middel van bomen of struiken een vorm van bescherming en veiligheid bieden. Zo rusten koeien graag op plekken waar beschutting aanwezig is, waarschijnlijk om zichzelf (bewust of onbewust) te beschermen tegen predatoren (Van laer et al., 2014). Daarnaast zoeken runderen graag een beschutte plek tijdens het kalven (Lidfors et al., 1994, Proudfoot et al., 2014).

Melkveehouder B: *"De koeien gebruiken de houtwallen 's nachts om ertegenaan te liggen. Dit zoeken ze echt als beschutting. Dus niet zozeer voor de hitte, maar meer als bescherming. Ook de pinken liggen 's nachts nooit midden in de wei, maar altijd langs de kant van het bos".*

3.3.4 Kuddegedrag en rangorde

Koeien zijn kuddedieren en binnen deze kudde bestaat een hiërarchie. De koeien synchroniseren hun vaste gedragspatroon door de kudde heen, meestal geleid door de dominante koeien van de kudde. Dit betekent dat de dieren ongeveer rond hetzelfde moment van de dag gaan grazen, herkauwen, en rusten, maar ook dat de dominante koeien vaak als eerste toegang hebben tot zaken zoals het (lekkerste) gras, water en schaduw. De dominante koeien hoog in rang zijn vaak de oudere of zwaardere koeien, en de koeien het laagst in de hiërarchie zijn vaak de jongste of lichtere koeien (Šárová et al., 2013). Dit verschil in rangorde kan zorgen voor competitie en agressie tussen dieren, met name om voer, water en schaduw. Uit onderzoek bleek het aanbieden van voldoende schaduw voor alle dieren in de weide tijdens perioden van hittestress te zorgen voor minder competitief gedrag om water en schaduw en minder agressie binnen de kudde (Vizzotto et al., 2015).

Een grotere diversiteit en complexiteit van de omgeving door verschillende bomen en struiken zorgt ervoor dat er meer verscheidenheid in het aanbod van voedingsbronnen is, en koeien zullen daardoor meer exploratief gedrag vertonen. Het is mogelijk dat de dieren ook meer sociale interacties in kleinere groepjes binnen een kudde zullen aangaan. De benutting van voedselbronnen kan daardoor wat meer gebalanceerd zijn over de kudde heen, en daarbij zorgen voor minder stress binnen de kudde (Sibbald et al., 2009). Wel kan het ervoor zorgen dat dieren worden uitgesloten van een kleinere groep, of in een uiterste geval kunnen dominante dieren samen één groep vormen en daarbij de hele dynamiek in de kudde bepalen.

3.3.5 Zelfverzorging

Naast graas- en sociaalgedrag is ook zelfverzorgingsgedrag, zoals schuren en likken van de huid, belangrijk voor koeien en hun welzijn. Waar in de stallen borstels worden geplaatst waar de koe de vacht tegenaan kan schuren, zijn daar in de natuur boomstammen geschikt voor. Wanneer bomen beschikbaar zijn worden deze veelvuldig gebruikt om tegenaan te schuren (Kohari et al., 2007), en schuren lijkt dan ook het belangrijkste zelfverzorgingsgedrag dat een koe vertoont (Wilson et al., 2002). Bomen of boomstammen in de weide zijn dus een goede verrijking om het verzorgingsgedrag van koeien te faciliteren. Verder onderzoek is nodig om uit te wijzen of een verrijkte omgeving in agroforestry-systemen kan bijdrage aan een dierwaardige veehouderij.

3.3.6 Zelfmedicatie

Aanwezigheid van verschillende bomen en struiken geeft dieren de mogelijkheid tot een meer divers dieet, aangepast aan individuele voorkeur en behoefte. Het geeft ook mogelijkheden voor zelfmedicatie. Er is overvloedig bewijs voor het gebruik van medicinale planten door vee (Roode, 2025). Zo selecteerden lammeren met een vitamine E tekort minder aantrekkelijk voer dat wel veel vitamine E bevatte totdat de balans was hersteld (Amanoel et al., 2016).

Ook is vastgesteld dat dieren zelf planten selecteren met anthelmintische eigenschappen, die parasitaire (maagdarm)wormen kunnen bestrijden. Geïnfecteerde geiten aten planten met anthelmintische eigenschappen ondanks dat deze onsmakelijk waren, en geïnfecteerde schapen aten meer tamarinde dat veel tannine bevat, dan niet-geïnfecteerde schapen (Lisonbee et al., 2009). Vee kan zelfs leren om specifieke medicijnen te gebruiken voor specifieke aandoeningen (de Roode, 2025). Experimenten laten zien dat koeien, schapen en geiten een zeer ontwikkelde smaak hebben. Al knabbelend en grazend leren ze in hun behoefte aan voedingsstoffen en medicijnen te voorzien. Mede omdat dieren verschillend zijn, en verschillende behoeftes hebben is het van belang dieren keuzemogelijkheden te geven, zodat ze hun eigen optimale dieet kunnen samenstellen en zichzelf kunnen behandelen indien nodig. Belangrijk hierbij is dat moeders tijd doorbrengen met hun jongen, en dat dieren leven in sociale groepen (de Roode, 2025).

Naast wetenschappelijk bewijs zijn veel voorbeelden van zelfmedicatie bij dieren anekdotisch (Wagenaar et al., 2017). Veehouders geven aan dat het eetgedrag van dieren vaak al verandert voordat er duidelijk klinische verschijnselen zichtbaar zijn. Het gedrag en het foerageren op bepaalde planten kan zo vroegtijdig meer inzicht geven in de gezondheidsstatus en behoeftes van dieren. Daarnaast kunnen medicinale planten ook in kleine doses bijdragen aan het verbeteren van de weerstand en ervoor zorgen dat dieren minder last hebben van bacteriën en parasieten (de Roode, 2025). Veehouders kunnen inspelen op het vermogen van zelfmedicatie en het natuurlijke gedrag van dieren door het aanbieden van een gevarieerd rantsoen met verschillende kruiden, struiken en bomen, en het creëren van een omgeving waarin koeien hun natuurlijke gedrag kunnen uiten. Zelfmedicatie kan zeker niet alle gezondheidsproblemen oplossen of voorkomen. Bij ziektes blijven moderne geneesmiddelen en diergeneeskundige zorg onmisbaar voor het waarborgen van de gezondheid en het welzijn van koeien (Groot et al., 2024).

Veehouder C:

"Ik wil zo min mogelijk controleren, ook op het gebied van diergezondheid. Je moet de weerbaarheid van de koeien vergroten door ze keuzes te geven, ook in wat ze eten. Dan kunnen ze veel dingen zelf oplossen".

Melkveehouder A:

"Je ziet koeien eerst de wilg pakken, en dan zie je daarna pas dat ze ziek worden. Dus er is al zelfmedicatie voordat je ziet dat dieren ziek worden"

4 Bomen en struiken in het rantsoen

4.1 Voederwaarde en opname

Bomen en struiken kunnen onder Nederlandse omstandigheden wat betreft smakelijkheid, opbrengst en voederwaarde in principe niet concurreren met productief grasland voor melkvee. Maar silvopastorale systemen kunnen in potentie in totaal meer ruwvoer per ha produceren dan puur grasland (Whistance, 2018). Belangrijke reden hiervoor is de benutting van zonlicht, water en nutriënten door verschillende lagen (bomen, struiken en gras). Daarnaast zouden bomen door hun grotere droogteresistentie kunnen helpen om (droge) periodes met weinig grasaanbod te overbruggen. Nieuw-Zeelandse onderzoekers concludeerden dat de voederwaarde van wilgen en populieren voldoende hoog was om het rantsoen aan te vullen in periodes met onvoldoende gras, en dat wilg (en populier) als aanvulling in het rantsoen van rundvee gebruikt kunnen worden om droge periodes met weinig gras te overbruggen (Kemp et al., 2001, (Moore et al., 2003).

De voedingsstoffen van bomen concentreren zich in het blad. Het eiwitgehalte van blad is relatief hoog, 150 à 200 gram ruw eiwit per kilogram droge stof voor de meeste boomsoorten, ten opzichte van gemiddeld 204 gram voor vers gras (CVB, 2022). Het eiwitgehalte in bomen en struiken varieert sterk tussen boomsoorten en in de tijd. In het voorjaar is het eiwitgehalte het hoogst. De verteerbaarheid van bladeren is relatief laag t.o.v. gras. De gemiddelde verteerbaarheid ligt tussen 30% (beuk, linde) en 57% (wilg, robinia), en is duidelijk lager dan van Engels raaigras (79%). De gevonden variatie is echter groot, waarschijnlijk door verschillen in grondsoort, seizoen en lokale omstandigheden. Onderzoek naar de in Nederland veel voorkomende boomsoorten es, els en wilg liet een verteerbaarheid zien van 61,5% voor bladeren van es en wilg en 71,5% voor bladeren van es (Luske and van Eekeren, 2018). Bladeren van es hebben een relatief hoge verteerbaarheid, evenals witte moerbeï. De bast van wilg en populier bevat relatief weinig eiwit, maar de voederwaarde is relatief hoog. De bast kan daarmee ook als energiebron aantrekkelijk zijn voor het vee (Kemp et al., 2001) Voorbeelden van potentieel geschikte voederbomen zijn es, eik, wilg, iep, linde, els, witte moerbeï en hazelaar.

Koeien kunnen direct browsen op de bomen, maar takken en bladeren kunnen ook geoogst en geconserveerd worden. Conserveren door drogen of inkuilen zou de smakelijkheid verbeteren door de bittere smaak van tannines te verminderen (Whistance, 2018).

Het aanbieden van houtachtige gewassen maakt het rantsoen meer divers, bijvoorbeeld op het gebied van mineralen en sporenelementen en plant secundaire metabolieten (PSM) zoals tannines en toxines die invloed kunnen hebben op diergezondheid (zie 4.3). Meer informatie over de voederwaarde samenstelling van Europese voederbomen en struiken is te vinden in een online database (Luske et al., 2017a). Hierin staan per boomsoort onderzoeksgegevens over o.a. verteerbaarheid, eiwitgehalte, mineralen en sporenelementen

Hoe en hoeveel browsen koeien?

Van nature zijn koeien grazers. Ze geven de voorkeur aan het eten van gras, en eten maar beperkt van bomen en struiken. Een indicatie van de hoeveelheid houtige gewassen die runderen kunnen eten is ongeveer 10% van het rantsoen. Voor schapen en geiten is dit respectievelijk 20 en 50%. Als er zeer weinig gras is, of wanneer bladeren goed verteerbaar zijn, kan het aandeel blad in het rantsoen hoger zijn, tot ongeveer 55% voor runderen (Whistance, 2018). In onderzoek in Noord-Ierland werd geconcludeerd dat wilg 'begrasd' kan worden door rundvee, en dat de dieren de jonge wilgen scheuten graag eten (vleesvee) (Thompson et al., 2023).

In een Nederlands onderzoek met droogstaande koeien in de wei werd een opname uit wilgen- en elzenbladeren en twijgen berekend van ongeveer 75 gram droge stof per koe per dag (Luske et al., 2017b). De opname is daarmee zeer beperkt (minder dan 1% van het rantsoen). De koeien aten van de bomen op een hoogte tussen 80 en 190 cm. De gegeten twijgen hadden een gemiddelde diameter van 4 mm, met een maximum van 9 mm. De hoogte van browsen en de dikte van de twijgen komt overeen met resultaten uit

Nieuw-Zeeland. In dat onderzoek konden runderen eten van wilgen tot een hoogte van 2 m en aten twijgen en takken met een diameter van 2,7 tot 7 mm. Oudere koeien bleken effectievere browsers te zijn dan vaarzen en jonge stieren (Kemp et al., 2001).

Studies in België en Nederland hebben laten zien dat de aanwezigheid van voederheggen en houtwallen het gedrag van koeien beïnvloedt. Grazende Holstein-Friesian vaarzen aten van de lente tot de herfst van heggen met bomen en struiken. In het voorjaar werd ruim 19% van de tijd besteed aan browsen in de heg, in zomer en najaar was dit ruim 5% (Vandermeulen et al., 2018). Boomsoorten die veel werden gegeten waren haagbeuk, hazelaar, rode kornoelje en meidoorn (de haag bevatte geen wilg). Een studie in Friesland toonde aan dat koeien uit houtwallen vooral blad van bramen en lijsterbes eten, en in iets mindere mate vlier, sleedoorn, wilg, els en zomereik. De opname van de verschillende soorten varieerde tijdens het jaar (Bealey et al., 2009). Es, esp, vlier en wilg scoorden hoog qua smakelijkheid, gevolgd door iep, hazelaar, hultst, eik en lijsterbes. De els werd ondanks de hoge voederwaarde als minder smakelijk beoordeeld, de reden voor mindere smakelijkheid is onduidelijk (ScottishForestry, 2025).

Melkveehouder A:

"De koeien eten niet heel veel van de houtwallen. Ze besteden misschien 1-2% van de dag aan de bomen. Het is wel heel goed voor natuurlijk gedrag".

Melkveehouder B:

"De Hollandse eik in het bos komt niet lager dan 2 meter, tot die hoogte kunnen de koeien erbij. Amerikaanse eik vinden de koeien niet echt lekker. De beuk vinden ze prima, daar eten ze het blad vanaf. Met de dennen doen ze niks, behalve een keer erlangs schuren. Wilg eten ze ook maar die heb ik niet zoveel. Langs mijn houtwal heb ik nou een draadje teruggezet anders houd ik niks over. Ze eten vooral het blad, ze kruipen er gewoon in en pakken het blad eraf. Die bomen zijn kaal voordat het herfst is".

4.2 Mineralen en sporenelementen

4.2.1 Behoefte en voorziening

Een goede mineralenvoorziening is belangrijk voor gezondheid, welzijn en productiviteit van het vee. Koeien hebben in verschillende fases van de productie verschillende behoeften aan mineralen, en jongvee heeft weer een andere mineralenbehoefte dan melkkoeien. In de praktijk krijgen koeien vaak aanvullende mineralen en sporenelementen om tekorten te voorkomen. Op ongeveer een kwart van de melkveebedrijven is sprake van een verminderde voorziening van één of meerdere sporenelementen, maar ook overmaat komt voor (Have, 2015). In de weideperiode is de selenium- en jodiumvoorziening op een kwart van de bedrijven onvoldoende, op 8% is de kopervoorziening te laag. Jongvee dat geen krachtvoer krijgt loopt zonder mineralenaanvulling een groot risico op kopertekort. Over het algemeen is op Nederlandse melkveebedrijven vooral de voorziening met koper en selenium een aandachtspunt (tabel 1).

Gras en grasproducten vormen het grootste aandeel in het rantsoen van melkvee, en zijn daarmee een grote mogelijke bron van mineralen. De spreiding in mineralengehalten in gras is groot door verschillen in grondsoort, bemesting, botanische samenstelling van grasland (klaver en kruiden), ontwikkelingsstadium van het gewas, seizoen- en weersomstandigheden en zuurgraad en ontwatering van de bodem (CVB, 2005). Snijmaïs bevat over het algemeen duidelijk lagere mineralengehalten dan grasproducten. Kruiden zoals cichorei en smalle weegbree hebben een andere, vaak diepere en uitgebreidere beworteling dan gras, en nemen mede daardoor meer en andere mineralen op dan gras (van Eekeren, 2012, Wagenaar et al., 2017). Het aanbod aan verschillende mineralen hangt ook af van de bedrijfsopzet, waaronder het aantal uren weidegang.

Verschillende mineralen vertonen onderlinge positieve of negatieve interactie, en beïnvloeden daarmee de opname en beschikbaarheid voor het dier. Zo wordt bijvoorbeeld de absorptie en benutting van koper (Cu) beïnvloed door interacties met bijvoorbeeld molybdeen (Mo), zwavel (S), ijzer (Fe) en zink (Zn). Door een overmaat aan molybdeen, zwavel en/of ijzer kan secundair kopergebrek ontstaan, waarbij ondanks een voldoende hoog kopergehalte in het rantsoen koper slecht wordt benut (CVB, 2005). Tabel 2 geeft een overzicht van de belangrijkste functies van enkele mineralen en sporenelementen.

Tabel 1 Behoeftes van rundvee aan sporenelementen en gehalten in voedermiddelen.

	Koper	Kobalt	Jodium	Zink	Mangaan	Selenium
Behoeftes per dier (mg/kg ds) ¹⁾						
Jongvee 16 maand	18,1	0,1	0,5	25,1	25	0,12
Koe 20 l melk/dag	12,2	0,1	0,5	26,5	40	0,15
Koe 40 l melk/dag	11,1	0,1	0,5	32,5	40	0,18
Gehalten in voeder (mg/kg ds)						
Weidegras ¹⁾	8,7	0,077	0,3	43	82	0,088
Graskuil NL ¹⁾	7,7	0,135	0,4	42	91	0,099
Grasklaverkuil ¹⁾	8,7	0,177	0,5	41	86	0,111
Snijmaïs ¹⁾	3,6	0,042	0,3	35	26	0,023
Witte klaver ²⁾	10	0,097		39	45	0,098
Cichorei ²⁾	17	0,119		97	50	0,182
Smalle weegbree ²⁾	11	0,110		61	39	0,120

Bron ¹⁾ (CVB, 2022), ²⁾ Wagenaar et al. (2017)

Tabel 2 Functies van een aantal belangrijke mineralen en sporenelementen voor rundvee ¹⁾.

Element	Belangrijke functies	Mogelijke interacties, bijzonderheden
Calcium (Ca)	Botmineraal, bloedstolling, samentrekken van spieren, regelen van uiteenlopende cel functies.	Melkziekte als gevolg van overmaat aan calcium in droogstand
Magnesium (Mg)	Prikkelgeleiding zenuwstelsel, functioneren van spieren, energie- en eiwitstofwisseling, celdeling	Tekort veroorzaakt kopziekte. Kalium heeft negatief effect op absorptie van magnesium
Zwavel (S)	Eiwitsynthese pensbacteriën	Overmaat zwavel heeft negatief effect op koper- en seleniumvoorziening
Koper (Cu)	Bestanddeel van enzymen, stofwisselingsprocessen, bloedvorming, pigment, haren, elasticiteit bloedvaten	Kopergebrek meestal door slechte absorptie van met rantsoen opgenomen koper (secundair tekort). Zwavel kan absorptie van koper remmen
Kobalt (Co)	Vorming van vitamine B12	
Zink (Zn)	Werking van enzymen, eetlust, groei, expressie van genen, voortplantingsorganen, groeiende botten, huid, haar en hoeven, afweersysteem	Uit oogpunt van milieubelasting niet meer zink verstrekken dan nodig
Mangaan (Mn)	Bestanddeel van enzymen, betrokken bij vorming van kraakbeen en beenderen, functioneren van geslachtsorganen, bloedstolling, koolhydraat- en vetstofwisseling.	Tekorten en overmaat zijn zeldzaam
Selenium (Se)	Immuunsysteem, voorkómen weefselbeschadiging.	Risico op tekort bij uitsluitend ruwvoer (snijmaïs)

¹⁾ Bron: (CVB, 2005)

4.2.2 Mineralen en sporenelementen in houtige gewassen

Bij gras bevindt 83% van de wortelmassa zich in de bovenste 30 cm van de bodem, maar er is variatie afhankelijk van grassoort en omstandigheden (Deru et al., 2010). Bomen en struiken hebben over het algemeen diepere en uitgebreidere wortelsystemen dan gras. Hierdoor kunnen bomen en struiken ook mineralen uit diepere bodemlagen benutten. De variatie in bewortelingsdiepte is groot, afhankelijk van soort, ontwikkelingsfase en beperkingen in de omgeving zoals verdichting of vocht (Atger, 2021).

Ook gaan houtige gewassen vaak symbiotische associaties aan met schimmels in de bodem (mycorrhiza) waardoor de opname van voedingsstoffen verbetert. In het algemeen hebben houtige gewassen hierdoor een hoog gehalte aan mineralen- en sporenelementen. Voor enkele typische voederbomen zijn gegevens over de mineralensamenstelling in de bladeren of houtige biomassa beschikbaar (Luske et al., 2017a). Er kunnen grote verschillen zijn in gehalten afhankelijk van locatie (bodem), tijdstip in het groeiseizoen, en onderdeel en groeistadium van de struik of boom.

Tabel 3 geeft enkele resultaten van onderzoek in Nederland en het Verenigd Koninkrijk naar minerale samenstelling van veel voorkomende (voeder)bomen eik, es, els en wilg. Wilg heeft hoge gehalten aan met name zink en kobalt, hoger dan eik, es en els, en ook duidelijk hoger dan gemiddeld weidegras. Seizoen en locatie hadden een verwaarloosbaar effect op het gehalte aan zink en kobalt. Het seleniumgehalte was vooral afhankelijk van locatie waarschijnlijk door verschillen in seleniumgehalte in de bodem (Kendall et al., 2021). Het seleniumgehalte in Nederlandse wilg was gemiddeld iets hoger dan in vers gras, en duidelijk hoger op klei- dan op zandgrond (Luske and van Eekeren, 2018).

Wilg kan tekorten aan met name zink en selenium aanvullen. Het zeer hoge kobalt gehalte van wilgenblad suggereert dat wilg gebruikt zou kunnen worden als bio-supplement, vooral voor groeiende lammeren in een weidesysteem (Kendall et al., 2021). In verband met het hoge zwavelgehalte is wilg niet aan te raden bij een tekort aan koper, doordat zwavel de koperopname in het dier vermindert (Luske and van Eekeren, 2018). Het kopergehalte van es, els en wilg is vergelijkbaar tot iets hoger dan het gehalte in gemiddeld weidegras (tabel 3). Andere bomen en struiken met een wat hoger kopergehalte dan gras zijn de (haag)beuk, hazelaar, sleedoorn, braam en framboos (Van Colen et al., 2022). Er worden grote verschillen in kopergehalte gevonden tussen en binnen soorten (Luske et al., 2017a). Om een kopertekort in een rantsoen voor melkvee aan te vullen is een relatief groot aandeel houtige gewassen in het rantsoen nodig. Een voorbeeldrantsoen zonder aanvulling met supplementen komt uit op 1,5–2,5 kg droge stof blad van rode beuk (van Eekeren, 2012). Meer informatie over mineralen in verschillende bomen en struiken is te vinden in de voederbomen database (Luske et al., 2017a, Van Colen et al., 2022). Hoewel boom- en struiksoorten onderling verschillen in gehalten aan mineralen en sporenelementen is het door de grote variatie in samenstelling lastig om algemeen geldende uitspraken te doen. De grote variatie in samenstelling maakt het lastig om het mineralengehalte van houtige gewassen mee te nemen in rantsoenberekeningen. Bovendien zal de hoeveelheid houtige gewassen in het rantsoen vrijwel altijd beperkt zijn, waardoor de absolute bijdrage aan de mineralenvoorziening beperkt is.

Tabel 3 Gehalten van belangrijke sporenelementen in bomen.

	Koper	Kobalt	Jodium	Zink	Mangaan	Selenium
Behoefte per dier (mg per kg ds) ¹⁾						
Jongvee 16 maand	18,1	0,1	0,5	25,1	25	0,12
Koe 20 l melk/dag	12,2	0,1	0,5	26,5	40	0,15
Koe 40 l melk/dag	11,1	0,1	0,5	32,5	40	0,18
Gehalte in voeder (mg/kg ds)						
Weidegras ¹⁾	8,7	0,077	0,3	43	82	0,088
Nederland ²⁾						
Es (F. excelsior)	9,4			33		0,079
Els (A. glutinosa)	11,2			75		0,043
Wilg (S. viminalis)	8,7			227		0,193
Verenigd Koninkrijk ³⁾						
Eik, (Quercus spp)	6,1-13,1	0,05-0,15	0,4-1,3	20	107-1170	0,06-0,8
Els, (A. spp.)	7,3-19,2	0,09-0,5	0,4-1,3	40-50	70-858	0,02-0,7
Wilg, (S. caprea)	4,4-9,8	2-8	0,4-1,3	160-300	208-949	0,07-0,6

Bron ¹⁾ (CVB, 2022), ²⁾ Luske et al (2018; 1 boom per soort op 10 locaties ³⁾ Kendall et al (2021; blad van 4 bomen per soort op 3 locaties, 2 tijdstippen)

4.3 Secundaire plantenstoffen

Bomen en struiken bevatten secundaire plantenstoffen of metabolieten (PSM). Dit zijn organische stoffen die door de plant worden geproduceerd, maar geen deel uitmaken van de primaire stofwisseling. Ze bieden bijvoorbeeld bescherming tegen parasieten en predatoren of hebben een rol als kleur-, geur- of signaalstof. Er is veel onderzoek gedaan naar de rol van plant secundaire metabolieten bij herbivoren, zowel bij gedomesticeerd vee als bij dieren in het wild. De effecten van PSM-consumptie door herkauwers variëren van verwaarloosbaar (of zelfs positief in lage hoeveelheden) tot acuut toxisch, afhankelijk van de specifieke PSM, de geconsumeerde hoeveelheid (dosis) en andere voedingscomponenten (Estell et al., 2012). Tannines zijn een belangrijke groep PSM.

4.3.1 Tannines

Bomen en struiken produceren tannines als zelfverdedigingsmechanisme. Tannines maken planten onsmakelijk voor dieren, vooral voordat vruchten of zaden rijp zijn. De gemiddelde tannine concentratie bedraagt 2-5 % in vruchten en bladeren, waarbij de variatie tussen soorten groot is (Van Colen et al., 2022). Tannines horen tot de groep polyfenolen en hebben een sterk variërende chemische structuur, afhankelijk van o.a. plantensoort. Er zijn twee hoofdtypen tannines; gecondenseerde tannines en hydrolyseerbare tannines. Hydrolyseerbare tannines zijn oplosbaar en afbreekbaar. Gecondenseerde tannines zijn veel minder oplosbaar en kunnen binden aan eiwitten in het rantsoen waardoor deze meer bestendig worden en niet afgebroken worden in de pens van herkauwers. Tannines kunnen op deze manier bijdragen aan een betere eiwitbenutting en aan een hogere productie. Hoge concentraties gecondenseerde tannines in het rantsoen (meer dan 6–12 %) kunnen darmschade veroorzaken waardoor de opname van voedingsstoffen verslechtert. Ook andere organen kunnen beschadigd raken. Bomen die gecondenseerde tannines bevatten zijn acacia, robinia, eik en wilg. Onderzoek in Nieuw Zeeland liet zien dat de concentratie gecondenseerde tannines hoger was in browse van wilgen (3.3 %) dan in populieren (1.4%), en dat er grote verschillen bestonden tussen cultivars (Kemp et al., 2001). Hydrolyseerbare tannines zijn afbreekbaar en hebben niet de effecten van gecondenseerde tannines. Kastanjes zijn rijk aan hydrolyseerbare tannines en bevatten weinig gecondenseerde tannines.

Methaanproductie

Er zijn aanwijzingen dat inname van wilg de productie en emissie van methaan uit de pens van herkauwers kan verlagen (Fitri Sari et al., 2025; Thompson et al., 2025). Bij melkkoeien is bij hoge dosering van tannines een verlaagde voeropname, vertering en melkproductie mogelijk. De grootte van het effect op methaanreductie bij melkkoeien is onduidelijk en de vele typen tannines bemoeilijken algemene uitspraken over effecten van tannines (Bannink and Dijkstra, 2023).

Antiparasitaire werking

Tannines hebben antimicrobiële eigenschappen die potentieel kunnen bijdragen aan een verbeterde diergezondheid. Een belangrijk effect van tannines is de antiparasitaire werking bij maagdarmparasieten. Tannines remmen de eiproductie van volwassen wormen en de ontwikkeling van de larven. Zowel hydrolyseerbare als gecondenseerde tannines hebben een remmend effect op parasieten. *In vitro* onderzoek liet zien dat gecondenseerde tannines van o.a. lindebloesem, wilgenbast, hazelnootschillen en eikenbast werkzaam waren tegen diverse stadia van inwendige parasieten. Hydrolyseerbare tannines uit hout van tamme kastanje waren dodelijk voor *Haemonchus* parasieten (lebmaagwormen) uit slachtschapen (Groot, 2022). Een onderzoek met levende geïnfecteerde schapen liet zien dat eikenextract eenzelfde effect had op het aantal wormeieren als de controlebehandeling met een anthelminthicum. Ook is vastgesteld dat dieren zelf planten selecteren met anthelmintische eigenschappen (zelfmedicatie). Zo aten geïnfecteerde schapen meer tamarinde dat veel tannine bevat, dan niet-geïnfecteerde schapen (Lisonbee et al., 2009).

Bomen en struiken met mogelijk antiparasitaire werking zijn o.a. acacia, eik, els, hazelaar, iep, jeneverbes, sleedoorn, tamme kastanje, walnoot en wilg. Ook kruiden als esparcette, rolklaver, smalle weegbree en cichorei hebben invloed op de belangrijkste maagdarmparasieten bij landbouwhuisdieren. Het effect is afhankelijk van de concentratie werkzame stof, die weer afhankelijk is van de groeiomstandigheden. Dat maakt effecten moeilijk te voorspellen. Kruiden in grasland kunnen helpen om dieren immuniteit op te laten bouwen zonder een zware besmetting met parasieten op te lopen (Wagenaar et al., 2017).

4.3.2 Overige secundaire plantenstoffen

Naast tannines kunnen bomen andere secundaire stoffen bevatten met een mogelijk positief effect op gezondheid. De belangrijkste zijn flavonoïden, saponinen, slijmstoffen en salicylaten. Het bekendste voorbeeld is waarschijnlijk het koortsverlagende, pijnstillende en ontstekingsremmende effect van salicine in wilg. Flavonoïden hebben antioxidantende eigenschappen. Dit beschermt cellen en weefsels tegen schade door vrije radicalen. Flavonoïden kunnen de productiviteit van herkauwers verbeteren, en lijken vooral voordeel te kunnen hebben onder stressvolle omstandigheden. Flavonoïden kunnen de ernst van mastitis verminderen en een positief effect hebben op de levergezondheid (Olagaray and Bradford, 2019). Onder andere blad van hazelaar en meidoorn bevat veel flavonoïden (Asseldonk, 2012).

Saponinen hebben zeepachtige eigenschappen en worden ook wel zeepstoffen genoemd. Hoge concentraties saponinen kunnen invloed hebben op pensbacteriën en een positief effect hebben op het N-metabolisme. Effecten zijn echter afhankelijk van type en hoeveelheid saponinen en rantsoensamenstelling. De meeste saponinen worden veilig en nuttig geacht, maar sommige types kunnen giftig zijn voor dieren. Ze kunnen de slijmvliezen irriteren (Kholif, 2023). Saponinen komen voor in blad van ruwe berk, en kastanje en ze bevorderen ophoesten (Asseldonk, 2012). Linde staat bekend om de verzachtende en beschermende werking van slijmstoffen voor het spijsverteringsstelsel. Een overzicht van secundaire plantenstoffen in soorten bomen en struiken staat in (Groot, 2022).

Melkveehouder A:

"De koeien eten graag wilg, vooral rond en na het afkalven. Dit heeft waarschijnlijk te maken met het aspirine effect van wilg".

4.3.3 Toxische stoffen

Voor alle secundaire plantenstoffen geldt dat alles met mate en op het juiste moment goed kan zijn, maar dat te veel niet gezond is (Asseldonk, 2012). Wanneer het aanbod uit verschillende boomsoorten bestaat, en het aandeel in het rantsoen klein is, bestaat er weinig risico op te grote inname van anti-nutritionele componenten. Over het algemeen geldt dat bij voldoende voeraanbod dieren niet te veel zullen eten van giftige bomen of struiken. De kans op vergiftiging is dan heel klein. Zeer giftige, risicovolle boom- en struikensoorten die moeten worden vermeden in en langs weilanden zijn taxus, gouden regen en Amerikaanse vogelkers (GDDiergezondheid, 2025). Zomereik wordt ook genoemd als potentieel gevaarlijk. Het gaat hierbij vooral om de hoge concentratie tannine in jonge twijgen en onrijpe (groene) eikels. Herfstbladeren en rijpe (bruine) eikels zijn niet gevaarlijk. Herkauwers zijn minder gevoelig voor gifstoffen dan éénmagige dieren (zoals paarden), omdat veel gifstoffen worden afgebroken door fermentatie in de pens. De gewone esdoorn is niet giftig voor rundvee en schapen maar bladeren, zaden en zaailingen van de gewone esdoorn zijn wel giftig voor paarden. Het is belangrijk de toxische soorten en onderdelen te kunnen herkennen (Groot, 2022).

5 Toepassing van agroforestry-systemen voor diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag

In dit hoofdstuk gaan we kort in op de praktische inpassing van agroforestry in een melkveebedrijf. Hoe kun je bomen en struiken het beste inpassen voor een gunstig effect op diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag? En welke factoren voor de bedrijfsvoering spelen verder een rol?

5.1 Agroforestry-systemen met veehouderij

In Nederland zijn er drie hoofdvormen van agroforestry in combinatie met veehouderij, namelijk de boomweide, rijenteelt en voederhagen (Prins, 2024). Moderne vormen van deze systemen zijn nog jong en in ontwikkeling, en naast deze hoofdvormen zijn er allerlei tussenvormen en andere typen systemen mogelijk.

- De boomweide is afgeleid van de traditionele hoogstamboomgaarden. Tegenwoordig worden in boomweides behalve fruitbomen ook wel kastanje- of andere notenbomen aangeplant. Houtproductie met bijvoorbeeld populieren is een andere mogelijkheid. Op het gebied van dierenwelzijn biedt de boomweide vooral schaduw en luwte. In principe is zowel maaien als beweiden mogelijk, maar bij volwassen bomen en een hoge boomedichtheid is beweiding met runderen of schapen praktischer. Het hoofddoel van boomweides is productie van humane voedingsproducten en hout.
- Met rijenteelt kan grasland tussen de rijen bomen en/of struiken worden beweid of gemaaid. De rijen houtachtige gewassen zijn minder hoog dan in een boomweide, het vee loopt tussen de rijen en niet onder de boomkronen. De houtachtige gewassen bieden schaduw en luwte, maar zijn niet bedoeld voor het vee om van te eten. Het hoofddoel is productie van humane voeding of hout, en biodiversiteit.
- Voederhagen bestaan uit verschillende soorten struiken en bomen en worden aangeplant in rijen, meestal langs de randen van het perceel, maar het kan ook in het perceel. Voederhagen kunnen een belangrijke bijdrage leveren aan verhoging van de biodiversiteit. Daarnaast is dierenwelzijn een belangrijke functie. Voederhagen bieden het vee een grotere diversiteit en keuze aan voedsel, met mogelijkheden om het rantsoen aan te vullen met specifieke mineralen of sporenelementen of secundaire plantstoffen. Ook kunnen voederhagen bijdragen aan beschutting en schaduw. Voederhagen vergroten hiermee de mogelijkheden voor natuurlijk gedrag.

Veehouder C:

"Binnen twee jaar na het planten zag ik dat de bodem bij de hagen veranderde en dat er veel meer wormen in de grond zaten. Er kwamen toen ook meer mollen en dassen. En er zijn meer vogels gekomen, ook zeldzame."

De keuze voor een bepaalde vorm van agroforestry hangt af van verschillende factoren: bedrijfsopzet, -grootte en -intensiteit, grondsoort en andere lokale omstandigheden, landschap en regelgeving, en natuurlijk persoonlijke interesse en voorkeuren. In het algemeen zijn boomweides en rijenteelt door de grotere bomen en het productiedoel meer ingrijpend binnen een bedrijf met melkvee, en is het beheer (oogst, snoeien etc.) intensiever dan bij voederhagen.

De aanleg van voederhagen op een melkveebedrijf is vrij laagdrempelig en na het planten is het beheer in principe eenvoudig. Door gerichte keuzes in boomsoorten en beheer zijn hagen toepasbaar op verschillende grondsoorten en in verschillende gebieden en landschappen. Ook kun je kleinschalig beginnen en ervaring opdoen (van Kernebeek et al., 2024).

5.2 Bedrijfsontwerpen

Inpassen van bomen en struiken op een melkveebedrijf is een investering voor de lange termijn, en kleine verschillen in ontwerp kunnen grote gevolgen hebben. Het is daarom belangrijk een goed doordacht plan te maken. Er zijn verschillende hulpmiddelen die kunnen helpen bij de verschillende stappen en keuzes tijdens het maken van een ontwerp, zoals het stappenplan voor een agroforestry-ontwerp op een melkveebedrijf (van Kernebeek et al., 2025, (bijlage 1). In dit hoofdstuk gaan we dieper in op de ontwerpaspecten die te maken hebben schaduw en beschutting door bomen en struiken, en met het gebruik van houtige gewassen in het rantsoen.

5.2.1 Beplanting met bomen en hagen voor schaduw en beschutting

Omdat landschap en bedrijfsomstandigheden verschillend zijn en weersomstandigheden sterk kunnen variëren, is er vaak niet één situatie die onder alle omstandigheden ideaal is voor dieren. Op warme zomerdagen rusten koeien het liefst op beschaduwde, maar winderige plekken, terwijl ze onder koudere omstandigheden bij regen en harde wind juist beschutting zoeken. Ideaal is variatie in beschutting, waarbij dieren keuze hebben (sectie 3.3.3)

Schaduw

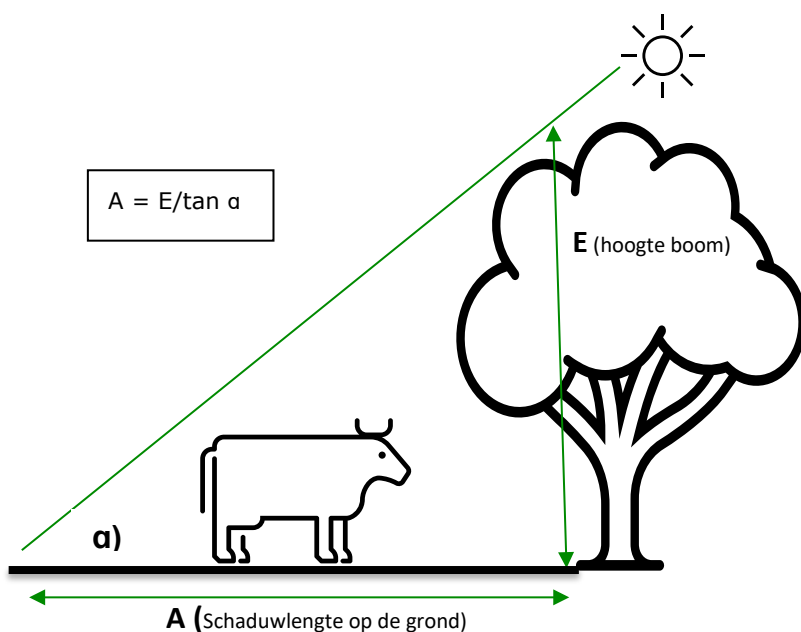
Hagen bieden op een andere manier schaduw en beschutting dan hogere bomen. Juist wanneer de zon hoog staat bieden hagen minder schaduw, zeker wanneer ze een beperkte hoogte hebben. Hagen bieden weer meer beschutting tegen wind dan hoge bomen. Een haag met de oriëntatie oost-west of noordwest-zuidoost zorgt voor de meeste schaduw op de warmste momenten in de middag wanneer de zon in het zuiden staat. De oppervlakte schaduw door een haag is afhankelijk van de hoogte van de haag, en van de stand van de zon (figuur 3). Bijvoorbeeld bij een hoogte van 5 meter en een hellingshoek van de zon van $61,1^\circ$ is de schaduw lengte $500/\tan 61,1^\circ = 2,8$ meter. In juni staat de zon het hoogst aan de hemel, met een hoek van $61,5^\circ$, in april is dit ongeveer 48° . Er zijn online verschillende zonnestandcalculatoren te vinden die de exacte stand van de zon aangeven afhankelijk van tijd en locatie.

In z'n algemeenheid is de schaduw van een haag op warme momenten beperkt doordat de zon dan meestal hoog aan de hemel staat. Dit geldt zeker als de haag niet al te hoog is. Als vuistregel kan ongeveer aangehouden worden dat in de zomer midden op de dag de lengte van de schaduw ongeveer de helft is van de hoogte van de haag (tabel 4). Uitgaande van een gewenst schaduwoppervlak van minimaal 5 m^2 per koe (sectie 3.3.3) en een haag van 5 m hoog is dan minimaal 2 m haag per koe nodig om elke koe voldoende schaduw te bieden. Ter indicatie is voor twee verschillende hoogtes van een haag berekend hoeveel schaduw er is op verschillende tijdstippen in het jaar en op de dag, afhankelijk van de stand van de zon (tabel 4).

Boomweides met hoge bomen bieden vooral schaduw onder de boomkruin, en hebben als voordeel dat ze ook schaduw bieden wanneer de zon hoog aan de hemel staat. Naarmate er meer bomen staan en/of de boomkruinen breder zijn neemt de beschaduwde oppervlakte toe.

Melkveehouder A:

"Midden op de dag geeft de houtwal niet heel veel schaduw, dan past het allemaal net. Dus dan moeten er een paar koeien in de zon blijven staan. Sommige dieren geven er ook iets minder om. Het verschilt per tijdstip en per jaargetijde. Midden in de zomer en midden op de dag geeft de eik in de houtwal veel schaduw. De dominante koeien zoeken een grote eik en gaan daar liggen in de schaduw. De koeien lager in rang, meestal de vaarzen, moeten in de kleinere stukjes schaduw staan. Ze staan dan bijna in de houtwal. Losstaande bomen in de wei hebben we wel gehad, maar die zijn moeilijker omdat ze eerder in de weg staan. De koeien gingen daar wel echt onder liggen. Het jongvee stond er vaak".



Figuur 3 Schaduw door haag is afhankelijk van hellingshoek (stand) van de zon (α) en hoogte van de haag (E).

Tabel 4 Berekende schaduw afhankelijk van tijdstip (stand van de zon) en boomhoogte in Nederland.

Datum	Tijdstip	Zonnestand	Boomhoogte 5 meter		Boomhoogte 10 meter	
			Schaduwlengthe grond (m)	op de	Schaduwlengthe grond (m)	op de
15 april	13.30	47,6°	4,6		9,1	
15 april	17.00	31,2°	8,3		16,5	
15 juni	13.30	61,1°	2,8		5,5	
15 juni	17.00	42,4°	5,5		11,0	
15 augustus	13.30	51,8°	3,9		7,9	
15 augustus	17.00	35,3°	7,1		14,1	

Beschutting

Net als voor schaduw geeft een oost-west of noordwest-zuidoost oriëntatie van hagen de meeste windbeschutting, gezien de overheersende zuidwestelijke windrichting in Nederland. In de winter biedt deze oriëntatie, aan de andere zijde van de haag, ook bescherming tegen koude noordoostenwind. Op warme dagen kan windbeschutting door hagen juist een nadeel zijn. Door windreductie kan de gevoelstemperatuur hoger worden. Ook is er meer kans op overlast door insecten. Volledige beschutting met hagen, vooral rond kleinere percelen, wordt daarom afgeraden (Bracke et al., 2021).

Melkveehouder A:

"De temperatuur op andere boerderijen in de zon is even hoog als op dit bedrijf met veel houtwallen in de schaduw. Het is hier veel sneller benauwd door minder wind, de houtwallen houden de wind echt tegen. In smallere percelen is er meer luwte. Het wordt daardoor warmer, maar er is ook meer schaduw. Als het erg warm is, dan zie je dat de koeien de schaduw en de noordoostkant van de wal opzoeken. Het geeft dan een stukje schaduw en wind".

De structuur van een haag wordt gekarakteriseerd door de hoogte, breedte en lengte en de doorlatendheid (Foereid et al., 2002). Het grootste deel van de wind gaat over een haag heen, terwijl een klein deel erdoorheen gaat, afhankelijk van de dichtheid van de haag (figuur 4, Cleugh, 1998). Bij een zeer dichte haag gaat de lucht volledig over de haag heen, bij een meer open structuur wordt de lucht afgeremd en gaat er ook deels doorheen. Aan de lijzijde, direct achter een haag is de windafname het sterkst (Böhm et al., 2014). De hoogte van een haag beïnvloedt vooral de grootte van het gebied met windreductie (Cleugh, 2002). Bomen van 1 m hoog kunnen de wind al met 20 tot 30% verminderen. Bij 3,5 m hoge bomen liep dit op tot een reductie van 55 tot ongeveer 80% vergeleken met een open veld (Böhm et al., 2014). De afstand van de bomenrij tot de plek met de laagste windsnelheid, is afhankelijk van de boomsoort en de winddoorlatendheid van de haag, en ligt meestal tussen een afstand van twee tot zes keer de boomhoogte (Tamang et al., 2010). Achter de rustige zone bevindt zich een zone met luchtstroomturbulentie. De afstand tussen de hagen is cruciaal voor de gemiddelde windreductie in het veld. In de studie van Böhm et al. (2014) werd niet veel variatie gevonden bij afstanden van 24 meter. Bij een afstand van 96 m daarentegen werd zelfs een toename van 3% windsnelheid gemeten midden tussen de hagen, vergeleken met open veld (Böhm et al., 2014). In Deens onderzoek werden bij een haag van 5 m hoge wilgen veranderingen in microklimaat waargenomen tot een afstand van 4-7 keer de hoogte van de haag (Foereid et al., 2002). Onderzoek naar windbreaks (windschermen) wordt vooral gedaan in relatie tot de groei van gewassen. Er is weinig informatie over de optimale winddoorlatendheid van een haag in relatie tot welzijn van vee. Een winddoorlatendheid van 40-60% zou in de meeste situaties voldoen (Gregory, 1995). In Nieuw-Zeeland wordt deze zelfde doorlatendheid van 40-60% geadviseerd voor de beste beschutting. De windsnelheid wordt daarmee 30-50% gereduceerd over een afstand van 10-15 keer de hoogte van de beschutting. Geadviseerd wordt om bomen te planten die van nature de gewenste doorlatendheid hebben. Voor optimale windbeschutting is het belangrijk om te zorgen continuïteit en voldoende lengte van de haag. Wind versnelt namelijk door gaten, rond de uiteinden en over dichte stukken (Hawke's Bay Regional Council, 2004).

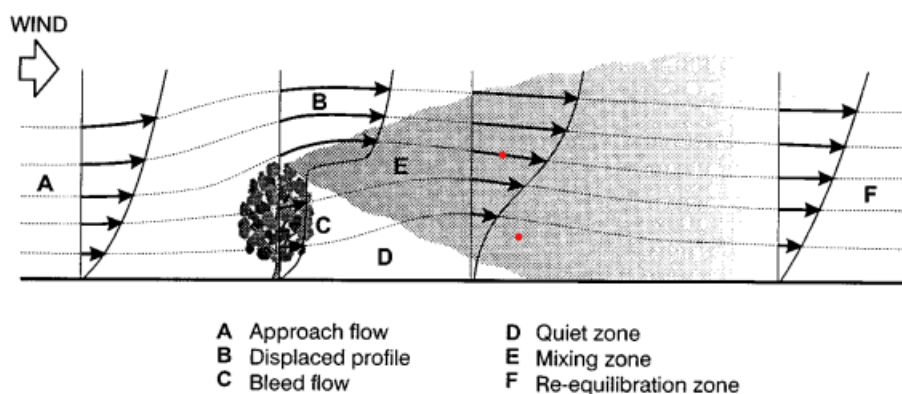


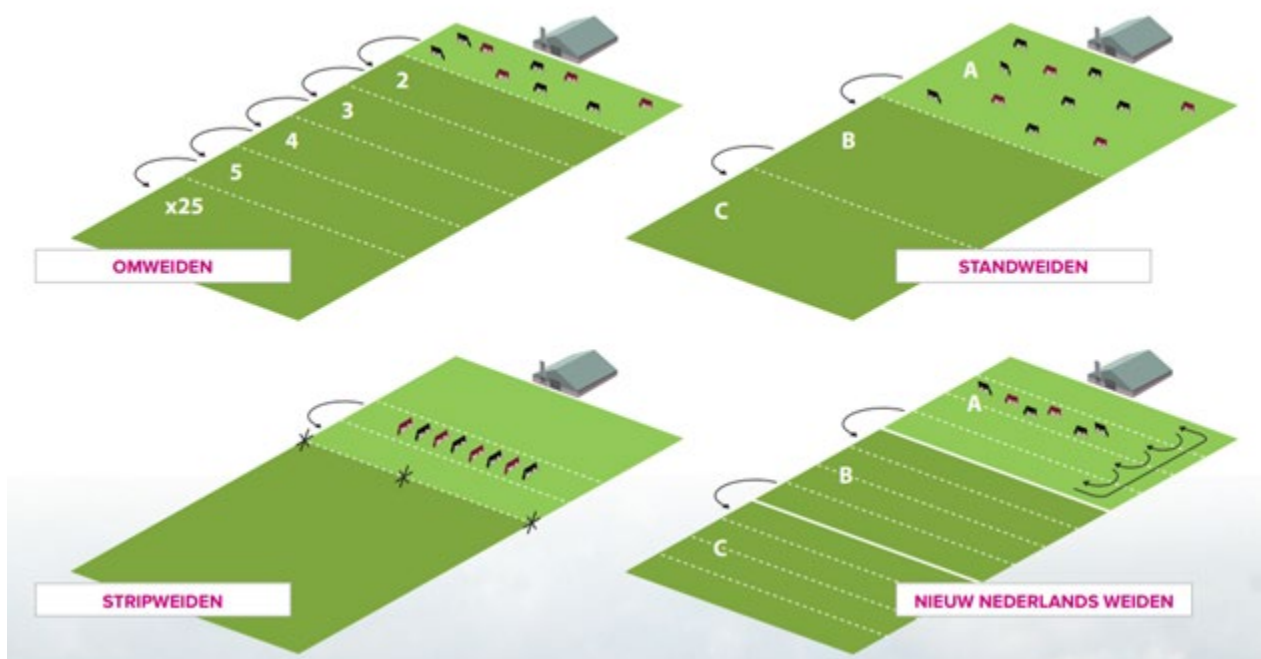
Figure 3. Schematic of airflow regimes around a single windbreak, oriented normal to the flow, in neutral atmospheric conditions. Shown are hypothetical vertical profiles of mean horizontal windspeed and streamlines.

Figuur 4 Windstromen bij een haag. Gebaseerd op (Cleugh, 1998).

5.2.2 Beweiding en graslandproductie

Beweidingssystemen die in Nederland veel toegepast worden zijn omweiden, standweiden, stripweiden en nieuw Nederlands weiden (figuur 5, (De Vries, 2022)). De meeste moderne beweidingssystemen hebben een hoge veebezetting. Voor een omweidsysteem is ca 60 m² per koe nodig (De Vries, 2022). Dit komt neer op percelen van 0,6 ha (bijvoorbeeld 100x60 m) voor 100 koeien. Op dergelijke percelen is (te) weinig ruimte voor hagen die voldoende schaduw bieden aan alle dieren, zeker bij lagere hagen. Ter illustratie:

Eén haag van 100 m lang en 5 m hoog langs de rand van het perceel levert in de zomer, midden op de dag, ongeveer 2.5 m² schaduw per koe op (bij een oost-west oriëntatie). Deze oppervlakte schaduw heeft grote risico's op onrust en agressief gedrag onder de koeien (sectie 3.3.3). Langere, smallere percelen bieden meer ruimte voor lange hagen en meer schaduw, maar daarbij zal sneller sprake zijn van vermindering van wind. Een standweidesysteem heeft met 10-15 koeien per ha de laagste veebezetting en de grootste percelen, en biedt meer mogelijkheden voor het aanleggen van een grote lengte aan hagen langs en eventueel in het perceel. Een systeem met boomweides, bijvoorbeeld een walnotenweide ((Stigter and Prins, 2022)), kan meer schaduw bieden doordat dieren onder grotere bomen kunnen staan. Dit geeft meer mogelijkheden om alle dieren tegelijkertijd voldoende schaduw te bieden.



Figuur 5 Beweidingsystemen in Nederland (De Vries, 2022).

Het effect van bomen en struiken op het omringende grasland is afhankelijk van veel factoren. Bomen of struiken kunnen de productiviteit en kwaliteit van grasland verminderen door concurrentie om ruimte, bodemvoedingsstoffen en vocht. De productiviteit kan ook afnemen door vermindering van fotosynthese als gevolg van schaduw. Bij een homogene verdeling van bomen over een perceel is er bij een schaduwoppervlak van maximaal 30% geen noemenswaardig nadeel voor de grasproductie (Bracke et al., 2021). Bomen die in het voorjaar laat in blad komen hebben minder effect op de grasgroei. Mogelijke positieve effecten zijn minder verdamping - vooral belangrijk in droge perioden -, betere groei door windbeschutting, minder bodemerosie en minder uitspoeling van bodemvoedingsstoffen.



Figuur 6 Vertrapping van gras en mestflatten in de schaduw van een boom (foto M. Plomp).

Bij weinig schaduwplekken zullen koeien concurreren om schaduw, en samenklitten op een kleine oppervlakte. Het risico op vertrapping, overbemesting en bodemverdichting is dan groot (Timmerman et al., 2018). Voldoende schaduw is dus niet alleen belangrijk uit oogpunt van dierenwelzijn, maar kan ook helpen om de koeien beter te verspreiden en overbegrazing of vertrapping bij de waterbak te voorkomen. Het is praktisch om bomen in een perceel te planten volgens een regelmatig patroon. Daarbij moeten afstanden tussen rijen zijn afgestemd op de werkbreedte van de machines, en er moet rekening gehouden worden met toegankelijkheid van percelen (van Kernebeek et al., 2024)

Voor een melkveebedrijf is het wenselijk om de productiviteit van het grasland voldoende hoog te houden. Al met al is het graslandmanagement met bomen en struiken complexer dan bij monocultuur grasland, en zal het, afhankelijk van vorm en oppervlakte, meer arbeid vragen. Ook is er door bomen en struiken in de wei minder zicht op de dieren (van Kernebeek et al., 2024)

5.2.3 Overige factoren in relatie tot veehouderij

Bomen kunnen beschadigd raken doordat dieren veelvuldig hun vacht of hoorns schuren aan de stam.

Veehouder C:

"Vooral de mannelijke dieren gebruiken de bomen ook om hun kop en hoorns tegen te schuren. Misschien doen ze dit om van lastige insecten af te komen, maar ik denk dat het ook een uiting is van natuurlijk gedrag, een vorm van expressie". Ik bescherm de bomen met een stroomdraad tegen schade."

Schuren is onderdeel van de vachtverzorging en kan helpen bij overlast van insecten. Met name jonge, nog kwetsbare bomen kunnen daarnaast beschadigd raken door vraat van zowel koeien als andere dieren zoals hazen. Bescherming van pas aangeplante bomen en struiken is daarom nodig. Hoewel oudere bomen met een dikkere stam minder kwetsbaar zijn blijft bescherming nodig bij intensieve begrazing (van Colen et al., 2022)

5.2.4 Soortenkeuze bomen en struiken

Naast bieden van beschutting, schaduw of voedsel aan dieren zijn er op een veehouderijbedrijf meestal ook andere redenen voor aanplant van bomen of struiken, zoals voedselproducten, waterkwaliteit en herstel van cultuurlandschappen (van Kernebeek et al., 2024). De keuze voor aanplantingsvorm en boom- en struiksoorten hangt daarmee af van veel factoren. Daarnaast bepalen lokale (bodem) omstandigheden de geschiktheid van boomsoorten voor een bepaalde plek. Verder speelt ook klimaatverandering een rol. De verwachting is dat bomen meer te maken zullen krijgen met verschillende stressfactoren als gevolg van klimaatverandering, bijvoorbeeld droogte. De ene boomsoort zal hier beter mee om kunnen gaan dan de andere. Over het algemeen geldt dat klimaatverandering ervoor zorgt dat het nog belangrijker wordt om boomsoorten aan te planten op hun optimale standplaats (Bracke et al., 2021).

Voordat een keuze gemaakt kan worden uit verschillende bomen en struiken moeten de belangrijkste doelen duidelijk zijn. Er zijn verschillende tools en informatiebronnen die vervolgens kunnen helpen bij keuzes voor ontwerpen en soorten (Bracke et al., 2021, Bomen, 2022, van Kernebeek et al., 2024 en 2025)

Op basis van informatie in voorgaande paragrafen is een overzicht gemaakt van aandachtspunten voor diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag bij soortenkeuze en ontwerp van agroforestry-systemen (tabel 5)

- Wat betreft **schaduw** voor dieren zijn vooral hoogte en vorm van de bomen en de dichtheid van het bladerdek van belang, en het aantal bomen. Om schaduw te bieden in een perceel moet de boomkruin hoog genoeg zijn voor de koeien om eronder te kunnen staan. Een haag moet voldoende hoog zijn om schaduw te kunnen bieden, en voldoende lengte hebben voor alle dieren.
- Bij het bieden van **beschutting** tegen wind en regen spelen hoogte en winddoorlatendheid van de haag een rol. Plantdichtheid, en grootte, vorm en hoeveelheid blad zijn factoren die een rol spelen in winddoorlatendheid. Een winddoorlatendheid van 40-60% wordt geadviseerd. Hele dichte schermen veroorzaken een sterke windreductie, maar zowel voor als achter een zeer dicht scherm kunnen sterke wervelingen ontstaan. Bij elk ontwerp moet vooral gekeken worden naar de specifieke lokale omstandigheden en de gewenste functie. Belangrijk is dat de haag gelijkmatig is verdeeld, en dat de haag ook aan de onderkant dicht is om tochtgaten te voorkomen. Wanneer een haag vooral een functie heeft als voederhaag of als schaduwvoorziening is dit minder belangrijk, en kan meer openheid en wind juist een voordeel zijn.
- Wat betreft **natuurlijk gedrag** bieden grotere bomen de mogelijkheid tot schuren. Deze kunnen daardoor beschadigd raken, gevoeliger worden voor ziektes en plagen en uiteindelijk doodgaan. Bomen zullen daarom beschermd moeten worden. Om dieren toch de mogelijkheid tot schuren te geven kun je enkele bomen 'opofferen' of andere voorzieningen aanbrengen in de wei, bv boomstammen of krabpalen. Een bosrand of haag geeft dieren beschutting, waar ze graag gebruik van maken om 's nachts te rusten.
- In relatie tot **voeding** en diergezondheid zijn vooral gehalte aan mineralen en sporenelementen en secundaire plantenstoffen van belang (hoofdstuk 2). In geval van weiden met fruitbomen zullen koeien ook eten van valfruit. Dit is normaalgesproken geen probleem, appels en peren zijn in beperkte hoeveelheden geschikt als veevoer. Eten van hele (afgevalen) appels kan in zeldzame gevallen leiden tot verslikken. Voordeel is dat het valfruit wordt opgeruimd en er zo minder overlast ontstaat van (plaag)insecten. Het houden van vee in fruitboomgaarden is een methode die van oudsher wordt toegepast. Giftige boomsoorten moeten uiteraard worden vermeden.

Productiviteit en tolerantie voor browsing zijn belangrijke eigenschappen wanneer bomen worden gebruikt als voederboom. Pioniersoorten als wilg en els groeien snel en hebben ook een snelle hergroei na oogst. Deze eigenschappen zijn zeer geschikt bij gebruik als voederboom. Pionier soorten zijn ook geschikt om mee te beginnen in een open landschap, deze soorten kunnen beter omgaan met wind en volle zon dan soorten zoals de eik en de beuk die beter groeien in een meer beschutte omgeving in een latere fase van ecologische successie.

Tabel 5 Aandachtspunten bij soortenkeuze en ontwerp van boomweides en (voeder)hagen.

Functie	Boomwei	(Voeder)haag
Schaduw	Kruin voldoende hoog zodat koeien eronder kunnen staan	Voldoende hoogte en lengte zodat alle koeien tegelijkertijd voldoende schaduw hebben (meestal niet mogelijk)
	Aantal bomen t.o.v. aantal koeien zodat alle koeien tegelijkertijd voldoende schaduw hebben, verdeling in de wei	Mag open zijn aan de onderkant om voldoende wind door te laten
	Dichtheid bladerdek, tijdstip in blad komen	Oriëntatie t.o.v. zon en windrichting. Geen hagen rondom kleine percelen i.v.m. te veel windreductie
	Oriëntatie boomrijen t.o.v. zon	
Beschutting tegen wind en regen	Kruin voldoende hoog zodat koeien eronder kunnen staan	Voldoende hoogte en lengte voor alle koeien
	Aantal bomen t.o.v. aantal koeien, verdeling in de wei	Gelijkmatig verdeeld, winddoorlatendheid 40-60%, dicht aan de onderkant
		Oriëntatie t.o.v. zon en windrichting
Natuurlijk gedrag	Mogelijkheid tot schuren, beschermen van (jonge) bomen	Dieren rusten 's nachts graag in de buurt van een haag
Voeding	Dieren kunnen valfruit of noten eten, dit is in principe geen probleem	Bereikbaarheid voor de koeien, maximale hoogte 2 meter
	Vermijd giftige soorten	Diversiteit in soorten, vermijd giftige soorten
		Gericht kiezen voor soorten met bepaalde gehalten aan mineralen en/of sporenelementen op basis van bedrijfsspecifieke situatie
		Kies soorten met gewenste medicinale eigenschappen (secundaire planten stoffen), om dieren de mogelijkheid te geven tot zelfmedicatie
Overige aandachtspunten en geschiktheid voor locatie	Grondsoort, lokale omstandigheden zoals wind en vocht, gevoeligheid voor klimaatverandering, ecologische successie	Grondsoort, lokale omstandigheden zoals wind en vocht, gevoeligheid voor klimaatverandering, ecologische successie
	Ecologische successie, gebruik van pioniersoorten	Ecologische successie, gebruik van pioniersoorten
	Bescherming bomen en struiken tegen schuren en vraat	Tolerantie voor browsen, bescherming tegen schuren en (te veel) vraat
	Tolerantie voor betreding	
	Ziektegevoeligheid	Ziektegevoeligheid
	Potentie voor biodiversiteit	Potentie voor biodiversiteit

Veehouder C:

"In het begin, na het planten van de hagen, zijn er best veel bomen doodgegaan. Ik wist er nog niet zoveel van. Het is belangrijk om geduld te hebben en goede omstandigheden te creëren bij het planten. Begin met één rij bomen en kijk hoe dit gaat, daarna kun je uitbreiden. Houd rekening met de bodemtoestand. Gebruik pionier soorten en werk toe naar een grotere diversiteit in je bedrijfssysteem."

Melkveehouder B:

"Het aanplanten van een voederhaag is best een ding, ik vond het tegenvallen, om het zelf aan de gang te krijgen. Het gras gaat overheersen. Het is veel werk om dat met de bosmaaier weg te halen. Als het eenmaal staat, dan is het geen probleem meer, dan komt er minder licht en wordt de grasgroei ook minder. Zes van de acht geplante soorten zijn aangeslagen. De wilgen doen het wel."

5.2.5 Kosten en baten

Schaduw en beschutting

We zien dat dieren gebruik maken van schaduw en beschutting, en dat ze aan bomen en struiken knabbelen. Het lijkt daarom logisch dat een meer diverse omgeving met bomen en struiken diergezondheid, dierenwelzijn en de mogelijkheden voor natuurlijk gedrag kan verbeteren. Maar wat levert dat nu daadwerkelijk financieel op? Die vraag blijft moeilijk te beantwoorden, er zijn nog niet of nauwelijks gegevens over bekend. De kosten van een zomer met veel hittestress werden becijferd op €5600,- voor een bedrijf met 100 koeien (Timmerman, 2018). Voor bedrijven met veel weidegang zullen schaduw en beschutting meer financieel voordelen bieden dan voor een bedrijf met beperkte weidegang. Beschutting tegen wind en regen in de wei is vooral relevant voor jonge, kwetsbare dieren (met name lammeren) in weidesystemen. Voor deze diergroepen levert beschutting financieel voordeel op in de vorm van minder sterfte, een betere groei en een langer weideseizoen (sectie 1.4.3). Er zijn geen cijfers beschikbaar over verlies van melkproductie bij melkkoeien door regen en wind, maar het is aannemelijk dat natte omstandigheden een negatieve invloed kunnen hebben op de melkproductie, vooral door een lagere grasopname. Het exacte verlies zal afhangen van de duur en intensiteit van de regen, de temperatuur en het bedrijfsmanagement van het bedrijf.

Voeding en zelfmedicatie

Het is moeilijk in schatten wat meer natuurlijk knabbelgedrag en een diverser rantsoen met aanvulling van mineralen, sporenelementen en secundaire plantenstoffen financieel oplevert. Hierover is nauwelijks tot geen informatie bekend. Aanvulling van mineralen en sporenelementen via houtige gewassen is beperkt mogelijk, en door de grote variatie in gehalte is het moeilijk te sturen en te controleren (sectie 2.2). Secundaire plantenstoffen bieden mogelijkheden voor zelfmedicatie, bijvoorbeeld als antiparasitaire of pijnstillende werking.

Risico's

Een mogelijke toename van vliegen en teken, en bijbehorend risico op overdracht van verschillende ziektes lijkt een nadeel van bomen en struiken te zijn. Hoe groot de risico's voor het vee daadwerkelijk zijn in moderne vormen van agroforestry zoals boomweides en voederhagen is echter niet bekend.

Agroforestry biedt vooral mogelijkheden tot een andere benadering van diergezondheid en dierenwelzijn, waarin dieren meer ondersteund worden om op een natuurlijke manier zo goed mogelijk met verstoringen om te kunnen gaan. Dat biedt wellicht mogelijkheden om op basis van het productiesysteem een hogere melkprijs te realiseren (Kerckhove, 2023). Het financiële plaatje van agroforestry moet altijd worden beoordeeld als totaalsysteem binnen het bedrijf. Ook kosten en baten voor bijvoorbeeld voedsel- en houtproductie, koolstofopslag en biodiversiteit tellen mee.

Veehouder C:

"Ik heb niet veel werk van de hagen, de dieren doen het meeste werk. Wanneer de hagen straks te hoog worden voor de dieren moet ik ze misschien machinaal gaan inkorten. Het gesnoeide materiaal kan ik dan gebruiken als voer."

6 Conclusies en aanbevelingen

Agroforestry lijkt goede mogelijkheden te bieden voor ondersteuning van diergezondheid, en -welzijn en natuurlijk gedrag van melkkoeien. Het geeft praktische mogelijkheden voor een andere benadering van diergezondheid en dierenwelzijn, waarin dieren meer ondersteund worden om op een natuurlijke manier met verstoringen om te kunnen gaan. De bomen en struiken vergroten de (bio)diversiteit en complexiteit van het totale (melk)veehouderijbedrijf, en bieden dieren een meer divers voedselaanbod en leefomgeving. Hierdoor hebben dieren meer keuzevrijheid, en meer mogelijkheden voor het vertonen van natuurlijk gedrag, waaronder zelfmedicatie en het zoeken van schaduw en beschutting. Dieren worden buiten in de wei in principe minder afgeschermd van verstoringen zoals hitte dan binnen op stal, maar in agroforestry systemen hebben ze meer keuzemogelijkheden om met deze verstoringen om te gaan, wat bijdraagt aan vergroten van hun veerkracht.

Over de praktische invulling van agroforestry-systemen met melkveehouderij, en de potentiële voordelen en risico's op het gebied van diergezondheid en -welzijn en natuurlijk gedrag zijn nog heel veel vragen. Er valt nog veel te ontdekken, ook wat betreft kansen die het biedt voor een dierwaardige veehouderij. Hieronder worden per thema de belangrijkste conclusies weergegeven, gevolgd door enkele praktische aanbevelingen voor inpassing van agroforestry op een melkveebedrijf en voor verdere kennisontwikkeling.

6.1 Conclusies per thema

Schaduw in de wei

Bomen en struiken bieden schaduw in de wei, en kunnen daarmee zorgen voor het verminderen van hittestress bij koeien. Het is belangrijk dat er voldoende schaduw is zodat alle dieren tegelijk in de schaduw kunnen staan. Als richtlijn wordt in de literatuur een oppervlakte tussen 3,5 en 5,6 m² schaduw per koe genoemd. Op basis van de huidige (beperkte) kennis lijkt een oppervlakte schaduw in de wei van (minimaal) 5 m² per koe een realistisch uitgangspunt.

Bomen waar koeien onder kunnen staan zijn geschikter als schaduwbron dan hagen. Hoe langer koeien in de wei zijn, hoe belangrijker schaduw wordt. Bij beperkte weidegang kunnen alternatieve maatregelen tegen hittestress geschikter zijn, zoals weiden tijdens koelere momenten of 's nachts. Over de daadwerkelijke effecten van schaduw door bomen op diergezondheid is nog weinig bekend.

Beschutting en natuurlijk gedrag in de wei

Beschutting tegen kou, wind en regen moet altijd aanwezig zijn. Voor melkkoeien in Nederland is bescherming tegen kou minder van belang, omdat het weideseizoen vooral in milde maanden valt. Regen in combinatie met harde wind wordt door koeien als onaangenaam ervaren en kan welzijn en productie tijdelijk negatief beïnvloeden. Het beschuttende effect van hagen hangt af van hun oriëntatie, hoogte en winddoorlatendheid. Een oost-west of noordwest-zuidoost oriëntatie van hagen de meeste windbeschutting, gezien de overheersende zuidwestelijke windrichting in Nederland. In de winter biedt deze oriëntatie, aan de andere zijde van de haag, ook bescherming tegen koude noordoostenwind. Een winddoorlatendheid van 40-60% wordt aangegeven als optimaal, te dichte hagen kunnen voor turbulentie zorgen. Beschutting voorziet ook in de behoefte van runderen aan beschutte (veilige) rustplekken tijdens de nacht.

Vliegen en teken

Bomen en struiken in de wei kunnen een toename van insecten zoals vliegen en teken veroorzaken doordat er meer beschutte, schaduwrijke plekken ontstaan. Vliegen zitten vaak op beschutte, schaduwrijke plekken, of in de mest, en kunnen ziektes als anaplasmose of babesiose overdragen, al is het besmettingsrisico in Nederland klein. Extra aandacht voor insectenoverlast in agroforestry-systemen is daarom gewenst, hoewel het nog onduidelijk is in hoeverre bomen en struiken in de verschillende agroforestry-systemen het risico op schadelijke insecten daadwerkelijk verhogen.

Er zijn nog veel vragen over niet-chemische bestrijding van insecten, geschikte beplanting, mestbeheer, inrichting van de wei, en de rol van biodiversiteit in het natuurlijk reguleren van insectenpopulaties.

Browsen, voederhagen en zelfmedicatie

Koeien zijn van nature grazers, maar eten ook bladeren en twijgen van bomen en struiken (browse), mogelijk om specifieke voedingsstoffen of secundaire plantenstoffen zoals tannines op te nemen. De hoeveelheid browse is onder normale weideomstandigheden zeer beperkt. Koeien eten alleen jonge, dunne twijgen (tot 7–9 mm) en moeten leren om onbekende planten te eten, waarbij jonge dieren dit makkelijker doen dan oudere.

Voederbomen en -struiken kunnen bijdragen aan de mineralenvoorziening, maar zijn geen kant-en-klare oplossing voor onbalans in het rantsoen. Tekorten (zoals koper of selenium) kunnen meestal niet eenvoudig met houtige gewassen worden opgelost, omdat de totale opname vaak te laag is en gehalten variëren. Blad van houtige gewassen bevat relatief veel eiwit (150–200 g/kg ds), maar is minder goed verteerbaar en varieert sterk in voedingswaarde per soort en seizoen. Bomen en struiken kunnen bijdragen aan een diverser rantsoen en meer mogelijkheden bieden voor het uitvoeren van natuurlijk gedrag, bijvoorbeeld zelfmedicatie.

Bedrijfsstrategie en ontwerp

Diergezondheid en -welzijn is meestal niet het enige doel waarom een melkveehouder bomen en struiken zou willen inpassen in zijn of haar bedrijf. Andere doelen zoals productie van voedsel of hout of biodiversiteitsdoelen zullen ook belangrijk(er) zijn. Naast praktische consequenties voor de bedrijfsvoering maakt dit het ontwerpen van een optimaal agroforestry systeem voor diergezondheid en -welzijn uitdagend. Er zijn verschillende tools en informatiebronnen die kunnen helpen bij keuzes voor ontwerpen en boomsoorten (bijlage 1).

Al met al lijken de directe *financiële* effecten van agroforestry voor diergezondheid beperkt. Het financiële plaatje van agroforestry moet altijd worden bekeken als totaalsysteem binnen het bedrijf. Ook kosten en baten voor bijvoorbeeld voedsel- en houtproductie, koolstofopslag en biodiversiteit tellen mee. Op basis van het productiesysteem kan wellicht een hogere melkprijs gerealiseerd worden.

6.2 Aanbevelingen

Diergezondheid, dierenwelzijn en natuurlijk gedrag

- Zorg voor genoeg schaduw voor alle dieren om onrust en concurrentiegedrag te voorkomen.
- Gebruik voor schaduw liefst hoge bomen waar dieren onder kunnen staan. Deze bieden meer schaduw en meer afkoeling door wind dan (lage) hagen.
- Houd rekening met de oriëntatie, de overheersende windrichting en het effect van windbeschutting door hagen. Te veel beschutting kan in de zomer een hogere gevoelstemperatuur veroorzaken en daardoor meer hittestress opleveren.
- Kies in voederhagen voor diversiteit in bomen, struiken en inhoudsstoffen passend bij de bedrijfssituatie. Dit biedt individuele keuzevrijheid, en vergroot de mogelijkheid tot aanvulling van mineralen, sporenelementen en zelfmedicatie.
- Besteed extra aandacht aan monitoring (en preventie) van plaaginsecten zoals vliegen en teken.

Kennisontwikkeling

- Er is behoefte aan meer kennis over de mogelijkheden van bomen en struiken in de wei om hittestress bij melkkoeien in Nederland te verminderen. Wat zijn de effecten op gedrag, productie en gezondheid? Wat zijn praktische toepassingsmogelijkheden en wat is een geschikte vorm (benodigde oppervlakte, boomsoorten, (snoei)vorm, opstelling, beweidingssystemen, effect op grasproductie).
- Er is meer kennis nodig over het effect en het belang van (beschutting door) bomen en struiken in de wei op diergezondheid, -welzijn en gedrag van koeien. Denk aan beschutte rustplekken, vorm, winddoorlatendheid, locatie, mogelijkheid tot schuren.

-
- Er is behoefte aan meer kennis en monitoring van plaaginsecten, waaronder vliegen en teken, in agroforestry-systemen. Ontwikkeling van alternatieve beheersstrategieën van plaaginsecten is gewenst.
 - Er is meer kennis nodig over het gebruik van bomen en struiken als aanvulling en diversificatie van het rantsoen, en de mogelijkheden van secundaire plantenstoffen voor bijvoorbeeld zelfmedicatie, pijnstilling en vermindering van gebruik van ontwormingsmiddelen.

Literatuur

- Agreil, C., M. Meuret, and H. Fritz. 2006. Adjustment of feeding choices and intake by a ruminant foraging in varied and variable environments: new insights from continuous bite monitoring. *CABI*:302–325.
- Alfonzo, E. P., M. V. Barbosa da Silva, D. dos Santos Daltro, M. T. Stumpf, V. C. Dalcin, G. Kolling, V. Fischer, and C. M. McManus. 2016. Relationship between physical attributes and heat stress in dairy cattle from different genetic groups. *Int J Biometeorol* 60(2):245-253.
- Amanoel, D. E., D. T. Thomas, D. Blache, J. T. Milton, M. G. Wilmot, D. K. Revell, and H. C. Norman. 2016. Sheep deficient in vitamin E preferentially select for a feed with a higher concentration of vitamin E. *Animal* 10(2):183-191.
- André, G., B. Engel, P. B. M. Berentsen, T. V. Vellinga, and A. G. J. M. Oude Lansink. 2011. Quantifying the effect of heat stress on daily milk yield and monitoring dynamic changes using an adaptive dynamic model. *Journal of Dairy Science* 94(9):4502-4513.
- Angrecka, S. and P. Herbut. 2015. Conditions for cold stress development in dairy cattle kept in free stall barn during severe frosts. *Czech Journal of Animal Science* 60(2):81-87.
- Asseldonk, T. v. 2012. Medicinale en etnobotanische aspecten van (potentiële) voederbomen voor melkvee: een adviesrapport. IEZ. Beek-Ubbergen.
- Atger. 2021. Wortels en wortelsysteem bij bomen deel 2. Bomen.
- Avicola, E. S. and E. S. Porcino. 2010. Behavioural Responses To Heat Stress TheCattleSite.
- Bannink, A. and J. Dijkstra. 2023. Mogelijkheden van additieven om de methaanemissie in runderen te verlagen.
- Bealey, C., E. Ledder, H. Robertson, and R. Wolton. 2009. Hedgerows - Their wildlife, current state and management needs. 20:323-329.
- Beauchemin, K. A. 2018. Invited review: Current perspectives on eating and rumination activity in dairy cows. *Journal of Dairy Science* 101(6):4762-4784.
- Bemers, R. 2017. Aandacht voor teken bij het uitweiden van vee. in *veeteeltvlees*.
- Bernabucci, U., N. Lacetera, L. H. Baumgard, R. P. Rhoads, B. Ronchi, and A. Nardone. 2010. Metabolic and hormonal acclimation to heat stress in domesticated ruminants. *Animal* 4(7):1167-1183.
- Böhm, C., M. Kanzler, and D. Freese. 2014. Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforestry Systems* 88(4):579-591.
- Bomen, B. m. 2022. Ontwerpkaart voederhaag zand- en kleigrond.
- Booij, A. 2006. Het venijn van een klein beestje. in *VeeteeltVlees*.
- Bracke, J., B. Reubens, C. Hole, B. Peeters, and S. Van Daele. 2021. Het bepalen van adequate beplanting als beschutting voor dieren die buiten gehouden worden. ILVO en BOS.
- Chang-Fung-Martel, J., M. T. Harrison, J. N. Brown, R. Rawnsley, A. P. Smith, and H. Meinke. 2021. Negative relationship between dry matter intake and the temperature-humidity index with increasing heat stress in cattle: a global meta-analysis. *International Journal of Biometeorology* 65(12):2099-2109.
- Cleugh, H. 1998. Effects of windbreaks on airflow, microclimates and crop yields. *Agroforestry Systems* 41:55-84.
- Cleugh, H. A. 2002. Field measurements of windbreak effects on airflow, turbulent exchanges and microclimates. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 42(6):665-677.
- Cook, N. B., R. L. Mentink, T. B. Bennett, and K. Burgi. 2007. The Effect of Heat Stress and Lameness on Time Budgets of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 90(4):1674-1682.
- CVB. 2005. Handleiding mineralenvoorziening rundvee, schapen, geiten. Centraal Veevoederbureau, Lelystad.
- CVB. 2022. Tabellenboek Voeding Herkauwers Stichting CVB, Lelystad.
- Dahl, G. E., S. Tao, and J. Laporta. 2020. Heat Stress Impacts Immune Status in Cows Across the Life Cycle. *Frontiers in Veterinary Science* 7.
- Dash, S., A. K. Chakravarty, A. Singh, A. Upadhyay, M. Singh, and S. Yousuf. 2016. Effect of heat stress on reproductive performances of dairy cattle and buffaloes: A review. *Vet World* 9(3):235-244.
- de Bruijn, B. G. C., I. D. E. van Dixhoorn, J. E. Bolhuis, J. B. W. J. Cornelissen, N. Stockhofe-Zurwieden, M. Kluivers, and J. M. J. Rebel. 2024. Environmental enrichment affects immunity and reduces disease

- severity in pigs after co-infection, with stronger effects when applied from birth than from weaning. *Frontiers in Veterinary Science* 11.
- De Vries, G. 2022. Meer rust in weiden door systematisch werken. in *Veeteelt: De Boerin*. Arnhem, the Netherlands.
- de Vries, M., I. Hoving, I. van Dixhoorn, D. Ruijter, and R. Zom. 2023. Maatregelen voor klimaatadaptatie in de melkveehouderij: een literatuuronderzoek naar klimaatrisico's en mogelijkheden voor klimaatadaptatie van melkveebedrijven in de Achterhoek. Wageningen Livestock Research.
- Deru, J., N. v. Eekeren, and H. d. Boer. 2010. Beworteling van grasland-een literatuurstudie: Nutriëntenopname in relatie tot bewortelingsdiepte en-intensiteit; factoren en potentiële maatregelen die de beworteling beïnvloeden.
- Dougherty, C. T., F. W. Knapp, P. B. Burrus, D. C. Willis, and P. L. Cornelius. 1994. Moderation of grazing behavior of beef cattle by stable flies (*Stomoxys calcitrans* L.). *Applied Animal Behaviour Science* 40(2):113-127.
- Estell, R. E., K. M. Havstad, A. F. Cibils, E. L. Fredrickson, D. M. Anderson, T. S. Schrader, and D. K. James. 2012. Increasing Shrub Use by Livestock in a World with Less Grass. *Rangeland Ecology & Management* 65(6):553-562.
- Fitri Sari, Kirsty E. Kliem, Lindsay Whistance, Jo Smith, Antonio Natalello, Christos Christodoulou, Les A. Crompton, Katerina Theodoridou, Partha Ray, Caroline Rymer, Sokratis Stergiadis. 2025. Tannin variation in tree fodder from temperate climates and implications for methane emissions from enteric fermentation. *Animal Feed Science and Technology* 323 (2025) 116299.
- Foereid, B., R. Bro, V. Mogensen, and J. Porter. 2002. Effects of windbreak strips of willow coppice - Modelling and field experiment on barley in Denmark. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 93:25-32.
- GDDiergezondheid. 2024. Teken bij Rundvee.
- GDDiergezondheid. 2025. Giftige planten.
- Gordon, I. J., H. H. Prins, J. Mallon, L. D. Puk, E. B. Miranda, C. Starling-Manne, R. van der Wal, B. Moore, W. Foley, and L. Lush. 2019. The ecology of browsing and grazing in other vertebrate taxa. Pages 339-404 in *The ecology of browsing and grazing II*. Springer.
- Gregory, N. G. 1995. The role of shelterbelts in protecting livestock: A review. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 38(4):423-450.
- Groot, M. 2022. Mogelijke effecten van diverse planten (en bomen) op diergezondheid. Wageningen Food Safety Research.
- Groot, M., G. Kleijer-Ligtenberg, T. van Asseldonk, L. Le Roux-Pullen, C. Nibbeling, and H. Hansma. 2024. *Stalboek Melkvee 2024: Handboek voor natuurlijke diergezondheidszorg met kruiden en andere natuurproducten*. Wageningen Food Safety Research, Wageningen.
- Gupta, S., A. Sharma, A. Joy, F. R. Dunshea, and S. S. Chauhan. 2023. The Impact of Heat Stress on Immune Status of Dairy Cattle and Strategies to Ameliorate the Negative Effects. *Animals* 13(1):107.
- Have, H. T. 2015. Meer of minder minderalen voeren? in *Veehouder&Veearts*.
- Hawke's Bay Regional Council. 2004. Sustainable land management: Shelter for Hill Country Farms: Part 1 Shelter Design.
- Hees and Gommer. 2023. De vliegenva: Naar chemievrije vliegenbestrijding. CLM Onderzoek en Advies, Culemborg.
- Holinger, M., V. Bühl, M. Helbing, L. Pieper, S. Kürmann, A. Pontiggia, F. Dohme-Meier, N. Keil, and S. Ammer. 2024. Behavioural changes to moderate heat load in grazing dairy cows under on-farm conditions. *Livestock Science* 279:105376.
- Kemp, P., A. Mackay, L. Matheson, and M. Timmins. 2001. The forage value of poplars and willows. Pages 115-119 in *Proc. Proceedings of the New Zealand Grassland Association*.
- Kendall, N. R., J. Smith, L. K. Whistance, S. Stergiadis, C. Stoate, H. Chesshire, and A. R. Smith. 2021. Trace element composition of tree fodder and potential nutritional use for livestock. *Livestock Science* 250:104560.
- Kerckhove, v. 2023. Walnotenteelt combineren met melkvee. ILVO.
- Kholif, A. E. 2023. A Review of Effect of Saponins on Ruminant Fermentation, Health and Performance of Ruminants. *Veterinary Sciences* 10(7):450.
- 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.

- Kipp, C., K. Brügemann, P. Zieger, K. Mütze, S. Möcklinghoff-Wicke, S. König, and K. Halli. 2021. Across-generation effects of maternal heat stress during late gestation on production, female fertility and longevity traits in dairy cows. *Journal of Dairy Research*:1-7.
- Kohari, D., T. Kosako, M. Fukasawa, and H. Tsukada. 2007. Effect of environmental enrichment by providing trees as rubbing objects in grassland: Grazing cattle need tree-grooming. *Animal Science Journal* 78(4):413-416.
- Lidfors, L. M., D. Moran, J. Jung, P. Jensen, and H. Castren. 1994. Behaviour at calving and choice of calving place in cattle kept in different environments. *Applied Animal Behaviour Science* 42(1):11-28.
- Lisonbee, L. D., J. J. Villalba, F. D. Provenza, and J. O. Hall. 2009. Tannins and self-medication: Implications for sustainable parasite control in herbivores. *Behavioural Processes* 82(2):184-189.
- Luske, B., I. Meir, A. Kondylis, S. Roelen, and N. Ekeren. 2017a. Online fodder tree database for Europe. Louis Bolk Institute and Stitching Duinboeren, the Netherlands.
- Luske, B. and N. van Ekeren. 2018. Agroforestry en het melkveebedrijf : Wat dragen voederbomen bij aan de mineralenkringloop? *Ekoland : vakblad voor biologische landbouwmethode, verwerking, afzet en natuurvoeding* (2):25-27.
- Luske, B., N. van Ekeren, M. Vonk, A. A. Kondylis, S. Roelen, A. J. Hermansen, and P. Burgess. 2017b. Lessons learned-Agroforestry for ruminants in the Netherlands. System report AGFORWARD (613520), Agroforestry for livestock farmers.
- Madhusoodan, A. P., V. Sejian, V. P. Rashamol, S. T. Savitha, M. Bagath, G. Krishnan, and R. Bhatta. 2019. Resilient capacity of cattle to environmental challenges-An updated review. *Journal of Animal Behaviour and Biometeorology* 7(3):104-118.
- Moore, K. M., T. N. Barry, P. N. Cameron, N. Lopez-Villalobos, and D. J. Cameron. 2003. Willow (*Salix* sp.) as a supplement for grazing cattle under drought conditions. *Animal Feed Science and Technology* 104(1):1-11.
- MSDAnimalHealth. 2018. Vlieg grote vijand van koe in de weideperiode. in *veeteeltGRAS*.
- Mul, M. F., M. D. Brooks, and A. W. H. Berg. 2009. Voorkom vliegen, voordat je ze ziet vliegen! BioKennis bericht Varkensvlees 9.
- Olagaray, K. E. and B. J. Bradford. 2019. Plant flavonoids to improve productivity of ruminants – A review. *Animal Feed Science and Technology* 251:21-36.
- Paiva, I. G., A. M. Auad, B. A. Veríssimo, and L. C. P. Silveira. 2020. Differences in the insect fauna associated to a monocultural pasture and a silvopasture in Southeastern Brazil. *Scientific Reports* 10(1):12112.
- Prins, E., Fuchs, L. M., Vijn, M. P., Schoutsen, M. A., van Kernebeek, H. R. J., Kruit, J., & Zijlstra, R. . 2024. Typering agroforestry in Nederland. Wageningen University & Research.
- Proudfoot, K. L., D. M. Weary, and M. A. G. von Keyserlingk. 2014. Maternal isolation behavior of Holstein dairy cows kept indoors1. *Journal of Animal Science* 92(1):277-281.
- Rault, J.-L., M. Bateson, A. Boissy, B. Forkman, B. Grinde, L. Gyax, J. L. Harfeld, S. Hintze, L. J. Keeling, L. Kostal, A. B. Lawrence, M. T. Mendl, M. Miele, R. C. Newberry, P. Sandøe, M. Špinka, A. H. Taylor, L. E. Webb, L. Whalin, and M. B. Jensen. 2025. A consensus on the definition of positive animal welfare. *Biology Letters* 21(1):20240382.
- Reis, N. S., I. C. Ferreira, L. A. Mazocco, A. C. B. Souza, G. A. S. Pinho, Á. M. da Fonseca Neto, J. V. Malaquias, F. A. Macena, A. G. Muller, C. F. Martins, L. C. Balbino, and C. M. McManus. 2021. Shade Modifies Behavioral and Physiological Responses of Low to Medium Production Dairy Cows at Pasture in an Integrated Crop-Livestock-Forest System. *Animals* 11(8):2411.
- RIVM. 2024b. Vragen en antwoorden Tekenbeten en Lyme.
- Roode, D. 2025. Dokters van nature. KNNV.
- Shipley, L. 2001. Grazers and Browsers : How Digestive Morphology Affects Diet Selection. Conference proceedings - Grazing Behavior of Livestock and Wildlife", Idaho Forest, Wildlife, and Range Experiment Station Collection, University of Idaho Library Digital Collections,
- Šárová, R., M. Špinka, I. Stěhulová, F. Ceacero, M. Šimečková, and R. Kotrba. 2013. Pay respect to the elders: age, more than body mass, determines dominance in female beef cattle. *Animal Behaviour* 86(6):1315-1323.
- Scheffer, M., J. E. Bolhuis, D. Borsboom, T. G. Buchman, S. M. W. Gijzel, D. Goulson, J. E. Kammenga, B. Kemp, I. A. van de Leemput, S. Levin, C. M. Martin, R. J. F. Melis, E. H. van Nes, L. M. Romero, and M. G. M. Olde Rikkert. 2018. Quantifying resilience of humans and other animals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115(47):11883-11890.

- Schmidtman, E. T., M. E. Valla, and L. E. Chase. 1981. Effect of Face Flies on Grazing Time and Weight Gain in Dairy Heifers. *Journal of Economic Entomology* 74(1):33-39.
- Schüller, L. K., O. Burfeind, and W. Heuwieser. 2014. Impact of heat stress on conception rate of dairy cows in the moderate climate considering different temperature-humidity index thresholds, periods relative to breeding, and heat load indices. *Theriogenology* 81(8):1050-1057.
- Schütz, K. E., N. R. Cox, and C. B. Tucker. 2014. A field study of the behavioral and physiological effects of varying amounts of shade for lactating cows at pasture. *Journal of Dairy Science* 97(6):3599-3605.
- Schütz, K. E., A. R. Rogers, Y. A. Poulouin, N. R. Cox, and C. B. Tucker. 2010. The amount of shade influences the behavior and physiology of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* 93(1):125-133.
- ScottishForestry. 2025. Relative palatability and resilience of native tree seedlings and saplings to browsing. Scottish Forestry.
- Sibbald, A. M., H. W. Erhard, J. E. McLeod, and R. J. Hooper. 2009. Individual personality and the spatial distribution of groups of grazing animals: An example with sheep. *Behavioural Processes* 82(3):319-326.
- Smits, D. 2017. *Anaplasma*. in Herkauwer. GDDiergezondheid, Deventer.
- Smolders, E. 2008. Vliegenoverlast: wat doet de biologische melkveehouder ertegen? *V-focus* 2008(5):24-25.
- Stigter, J. D. and E. Prins. 2022. Agroforestry in weilanden: rendement op lange termijn: vier agroforestrysystemen voor de melkveehouderij doorberekend. *Ekoland: vakblad voor biologische landbouwmethoden, verwerking, afzet en natuurvoeding (juli/augustus)*:22-23.
- Tamang, B., M. Andreu, and D. Rockwood. 2010. Microclimate patterns on the leeward side of single-row tree windbreaks during different weather conditions in Florida farms: Implications for improved crop production. *Agroforestry Systems* 79:111-122.
- Thompson, J. P., S. Stergiadis, O. C. Carballo, T. Yan, F. Lively, S. Huws, K. Theodoridou, and J. Gilliland. 2023. O88 Effect of grazing cattle on willow silvopastoral systems on animal performance and methane production. *Animal - science proceedings* 14(4):599-600.
- Thompson, J. P., Stergiadis, S., Carballo, O. C., Zeller, W. E., Yan, T., Lively, F., Gilliland, J., Purusottam, R. N., Huws, S., & Theodoridou, K. (2025b). Willow silvopastoral systems as a strategy to reduce methane emissions while maintaining cattle performance. *Scientific Reports*, 15(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-02289-0>
- Timmerman, M., K. Van Reenen, H. Holster, and A. Evers. 2018. Verkennde studie naar hittestress bij melkvee tijdens weidegang in gematigde klimaatstreken. Wageningen UR Livestock Research.
- Tuytens, F. and S. De Campeneere. 2015. Preventie van thermisch discomfort bij runderen in begrazingsbeheer.
- Van Colen, W., J. Vicca, J. Valckx, and W. Govaerts. 2022. Praktische handleiding voederbomen. In *Agro*.
- Van Dixhoorn, I. 2024. Disease resilience in farm animals. Wageningen University and Research.
- van Dixhoorn, I. D. E., I. Reimert, J. Middelkoop, J. E. Bolhuis, H. J. Wisselink, P. W. G. Groot Koerkamp, B. Kemp, and N. Stockhofe-Zurwieden. 2016. Enriched Housing Reduces Disease Susceptibility to Co-Infection with Porcine Reproductive and Respiratory Virus (PRRSV) and *Actinobacillus pleuropneumoniae* (*A. pleuropneumoniae*) in Young Pigs. *PLOS ONE* 11(9):e0161832.
- van Eekeren, N. 2012. Kruiden en de mineralenvoorziening van melkvee. Wageningen University & Research.
- van Kernebeek, H., A. Bos, M. Plomp, L. Fuchs, A. Dawson, and M. Schoutsen. 2024. Ontwerpen voor agroforestrysystemen in de melkveehouderij. Wageningen Livestock Research.
- van Kernebeek, H., Dawson, A., Ypma, T., 2025. Factsheet Agroforestry Stappenplan voor een ontwerp op een melkveebedrijf. <https://edepot.wur.nl/690115> Wageningen University & Research, 2025
- Van laer, E., C. P. H. Moons, B. Sonck, and F. A. M. Tuytens. 2014. Importance of outdoor shelter for cattle in temperate climates. *Livestock Science* 159:87-101.
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. Cornell university press.
- Vandermeulen, S., C. A. Ramírez-Restrepo, C. Marche, V. Decruyenaere, Y. Beckers, and J. Bindelle. 2018. Behaviour and browse species selectivity of heifers grazing in a temperate silvopastoral system. *Agroforestry Systems* 92(3):705-716.
- Vizzotto, E. F., V. Fischer, A. Thaler Neto, A. S. Abreu, M. T. Stumpf, D. Werncke, F. A. Schmidt, and C. M. McManus. 2015. Access to shade changes behavioral and physiological attributes of dairy cows during the hot season in the subtropics. *Animal* 9(9):1559-1566.
- Wagenaar, J. P., J. D. Wit, M. Hospers-Brands, W. Cuijpers, and N. V. Eekeren. 2017. Van gepeperd naar gekruid grasland: Functionaliteit van kruiden in grasland. Louis Bolk Instituut, Bunnik.

-
- Wankar, A. K., S. N. Rindhe, and N. S. Doijad. 2021. Heat stress in dairy animals and current milk production trends, economics, and future perspectives: the global scenario. *Tropical Animal Health and Production* 53(1):70.
- Whistance, L. 2018. Browse, Preserved Tree Fodder and Nutrition. *Science* 58:767-777.
- Wilson, S. C., F. M. Mitlöhner, J. Morrow-Tesch, J. W. Dailey, and J. J. McGlone. 2002. An assessment of several potential enrichment devices for feedlot cattle. *Applied Animal Behaviour Science* 76(4):259-265.
- Wolfenson, D. and Z. Roth. 2019. Impact of heat stress on cow reproduction and fertility. *Animal Frontiers* 9(1):32-38.
- Zhou, M., A. J. A. Aarnink, T. T. T. Huynh, I. D. E. van Dixhoorn, and P. W. G. Groot Koerkamp. 2022. Effects of increasing air temperature on physiological and productive responses of dairy cows at different relative humidity and air velocity levels. *Journal of Dairy Science* 105(2):1701-1716.

Bijlage 1 Bronnen met praktische informatie

Onderstaande bronnen geven meer informatie over samenstelling van bomen en stuiken in relatie tot diergezondheid, en over inpassing in het melkveebedrijf

- Online-database samenstelling voederbomen [Online fodder tree database for Europe](#)
- Rapport [Mogelijke effecten van diverse planten \(en bomen\) op diergezondheid](#)
- Website van [Project Boomwal als apotheek voor vee en bron van biodiversiteit](#)
- Rapport [Praktische handleiding voederbomen](#)
- Rapport project [Weidescherm](#)
- Website [Boeren met bomen](#)
- [Stappenplan voor Agroforestry ontwerp](#)

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.

